

POTREBE I VAŽNOST MASTI U HRANIDBI RIBA

REQUIREMENTS AND IMPORTANCE OF FAT IN FISH FEEDING

A. Opačak, I. Stević, T. Rastija

Pregledno znanstveni članak
UDK: 639.3.:636.085.14
Primljeno: 26. siječanj 1998.

SAŽETAK

S obzirom na građu probavnog sustava, vrstu, uzrast, spol i brojne ekološke čimbenike u uzgoju, ribe imaju različite potrebe za mastima. Stupanj nezasićenosti masnih kiselina u mastima (točka topljivosti tih masti) određuje njihovu probavljivost, apsorpciju i biološki učinak.

Radi poboljšanja energijskih vrijednosti riblje hrane i izbjegavanja korištenja skupih bjelančevina u proizvodno-energijskim procesima kod riba, od koristi je proizvođaču riblje hrane kao i uzgajivaču da se u hranu doda optimalna količina odgovarajućih masti.

Sadržaj masti u peletiranoj hrani za ribe danas se kreće između 10-12%, iako se prema stvarnim potrebama nekih vrsta riba teži do 20%. Određena problematika koja je tehničko-tehnološke naravi, javlja se, u pravilu, u TSH prilikom peletiranja riblje hrane, povišene masnoće (>3,5%) kada se začepuju matrice, ali je ona djelomično riješena postupkom omašćivanja peleta kojom se može ugraditi do 15% masti. Takva hrana podložna je autooksidaciji, tj. kvarenju pa se pored dodataka različitih antioksidanasa (najčešće vitamina E), mora čuvati u skladištima s posebnim uvjetima.

S nutritivnog gledišta važnost masti za ribe očituje se ne samo kao bogati izvor energije i u mastima topivih vitamina, već napose u sadržaju esencijalnih masnih kiselina čiji nedostatak u hrani uzrokuje brojne neželjene simptome. Optimalne količine pak predstavljaju promotor rasta riba. Masti iz hrane značajno utječu na sastav tjelesnih masti kod riba.

1. Potrebe riba za mastima

Masti su skupina biomolekula topivih u organskim otapalima i netopivih u vodi. U živim organizmima imaju niz bioloških funkcija. Služe kao energetska goriva živih stanica, u kojima su masti energijom nabijeni spremnici. Sudjeluju u građi i funkciji staničnih membrana kao njihov najvitalniji dio. Glavne skupine membranoznih masti pripadaju fosfolipidima, glikolipidima i kolesterolu. Njihova je

uloga da reguliraju dinamičke procese propuštanja ili fluidnosti iona različitih vrsta molekula kroz membranu. Kakva će biti fluidnost membrana, najviše ovisi o sastavu njihovih masnih kiselina i kolesterolu. Osim što imaju glavnu ulogu u biološkoj komunikaciji, masti neprekidno sudjeluju u pretvorbi energije u procesima oksidacijske fosforilacije i

Doc. dr. sc. Anđelko Opačak, prof. dr. sc. Ivan Stević, prof. dr. sc. Tomo Rastija, Poljoprivredni fakultet Osijek, Trg Sv. Trojstva 3, 31000 Osijek, Hrvatska – Croatia.

fotosintezi. Pomažu bjelančevinama u transportu energije tamo gdje je ona potrebna (STRYER, 1991.).

Potječu od masnih kiselina, pa im svojstva zavise o duljini lanca i stupnju nezasićenosti. Osim triglicerida, masti se u organizmu riba nalaze u obliku fosfoglicerida, koji čine najveću skupinu fosfolipida. Čine vrlo važnu skupinu masti u sastavu moždanog i živčanog tkiva. Samim time neposredno su vezani za fiziološke i biokemijske funkcije kod riba (FARKAS i sur., 1977.). Vrlo važnu skupinu masti čine kolesterol i srodni steroidi, čije je istraživanje vrlo otežano jer se ne mogu analizirati plinskom kromatografijom, što se inače koristi za kvantifikaciju masnih kiselina (LEE i sur., 1967.).

Postoji još nekoliko komponenata što se javljaju kao masti kod riba i morskih sisavaca, a ne pripadaju navedenim skupinama. To su voskovi, koji su sastavljeni od alifatskih masnih kiselina esteriziranih u duge, uglavnom zasićene alkohole, a ne glicerol. Oni čine glavnu komponentu masti kod osam vrsta riba i tri morska sisavca (MALINS, 1960.). Kod riba su još značajni i plazmogeni, koji su po strukturi vrlo slični trigliceridima i fosfogliceridima (KARLSON, 1989.).

Mast se kao visoko energetska izvor koristi u hranidbi svinja i peradi, prvenstveno zbog ekonomičnosti energije.

Uzgajivači riba u intenzivnim uzgojnim sustavima nisu u toj mjeri koristili masti kao energetska izvor. Razlozi se mogu potražiti u objašnjenju da ribe općenito za svoje potrebe zahtijevaju znatno manje energije, nego toplokrvne životinje. One nemaju potrebu održavati stalnu tjelesnu temperaturu. Da se održe na jednom mjestu, a i kada plivaju, ribe troše znatno manje energije u odnosu na kopnene životinje (SINNHUBER i sur., 1968.). Manja količina energije potrebna im je i zbog toga što većinu svojih dušičnih spojeva izbacuju iz organizma kroz škrge, u vidu NH_3 , a ne putem uree. Pri tome se gubi manje energije na katabolizam bjelančevina i odstranjivanje dušičnih spojeva. Osim toga, količina energije koja je potrebna za sintezu bjelančevina znatno je manja za ribe nego toplokrvne životinje (LOWELL, 1979.). Slaba primjena visokoenergetske hrane, kod riba je uglavnom rezultirala mnogobrojnim greškama. One su se ogledale u slabijim i neekonomičnim pri-

stima, jer su bjelančevine korištene u energetske svrhe. Nedostatkom određene količine masti u hrani, ribe ostaju prikraćene za esencijalne masne kiseline (LEE i sur., 1967.).

Gledano s praktičnog stajališta, ugradnja nekih masti, a osobito ribljih ulja u suhu peletiranu hranu, vrlo je otežana. Takva hrana je podložna autooksidaciji, tj. kvarenju, pa se mora čuvati u skladištima s posebnim uvjetima. To je također jedan od značajnih razloga nedovoljne primjene masti u hranidbi riba.

Zanimanje za potrebe masti u hranidbi, kod različitih vrsta je raslo s razvitkom tehnologije intenzivnog uzgoja riba. Visoki tehnološki zahtjevi kojima se postižu maksimalni i ekonomični prinosi podrazumijevaju, između ostalog, kvalitetnu i zdravstveno ispravnu hranu prilagođenu vrsti, uzrastu i uvjetima uzgoja. Osim toga, spoznaje do kojih su došli brojni istraživači o važnosti ribljeg mesa, a osobito nezasićenih masnih kiselina $\omega 3$ serije u prehrani ljudi, još više je povećalo zanimanje proizvođača ribe, tako i znanstvenika da istražuju ovo područje.

Prve studije o utjecaju i značenju masti u hranidbi šarana (*Cyprinus carpio* L.), kako navodi CSENGERI (1993.), izradio je KÖNIG, 1912. Međutim, prva i najviše u literaturi citirana istraživanja, koja su imala za cilj utvrđivanje važnosti masti u hranidbi životinja i njihovu potrebu za esencijalnim masnim kiselinama, svakako su ona koje su proveli BURR i BURR (1929., 1930.). Brojni kasniji radovi (osobito na štakorima) analizirali su kemijske i biokemijske procese masti i masnih kiselina, te njihovu količinu u pojedinim organima i tkivima (HORWITT i sur., 1961.). Dostignute su značajne znanstvene spoznaje o potrebi homotermnih životinja za mastima i esencijalnim masnim kiselinama u hrani (ALFIN-SLATER i sur., 1968.), te njihovoj raspodjeli i apsorpciji u organizmima životinja (HOLMAN i sur., 1968., CHURCH i sur., 1976.).

U tom prvom razdoblju istraživanja, brojni su radovi izučavali i druge aspekte važnosti i funkciju masti za životinje, kao što su masnokiselinske sinteze, te proizvodnja dugolančanih nezasićenih masnih kiselina u mikrosomima, oksidaciju masti (KLENK i sur., 1965.), njihov utjecaj na sastav tijela i pojedinih organa (MEAD i sur., 1960.).

Najduže intenzivno uzgajane vrste riba su, svakako, salmonidne vrste, prvenstveno kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*) i neke vrste lososa (*Oncorhynchus kisutch*, *Onchorynchus keta*, *Salmo salar* i dr.), pa su i njihove potrebe za pojedinim komponentama u hrani najtemeljitije proučene.

Prva su istraživanja bila usmjerena na količinu i sastav bjelančevina u hrani za različite vrste i kategorije riba. Prve pokušaje u razvoju prerade i izrade hrane za potrebe lososa opisao je Mc LAREN, 1947., jer je tada bila oskudica mesnih ostataka, jetara i konjskog mesa, čime se losos hrani. Uzgajivači ribe i proizvođači dodatne hrane za ribe, suočili su se s nekoliko početnih problema, kao što su: koji se tip masti uopće može koristiti kod riba, koje su to optimalne količine, problem oksidacije i toksičnosti, zatim njihove probavljivosti i niz drugih važnih čimbenika koji utječu na proizvodne i gospodarske učinke.

Ribe, hranjene nemasnom hranom (NICOLAIDES i sur., 1962.), kao i one hranjene hranom koja je sadržavala tvrde životinjske – masti, pokazivale su spori rast (SINNHUBER i sur., 1968.). Dalja istraživanja o korištenju tvrdih životinjskih masti (svinjska, goveđi loj, mast peradi, mast slezene i dr.) u hranidbi salmonidnih vrsta riba, pokazala su da te masti nisu dale pozitivne rezultate u uzgoju (HIGASHI i sur., 1966.). Probavljivost i biološki učinci ovih masti su mali, s obzirom na stupanj nezasićenosti, visoku točku topljivosti (53 °C) i relativno kratak probavni trakt salmonida (DUPREE i sur., 1969., PHILLIPS i sur., 1970.)

Srednje mekane masti, s nižom točkom topljivosti, kao i neka hidrogenizirana ulja, također su korišteni u hranidbi, s nešto boljim proizvodnim uspjehom, ali nisu našli široku primjenu kod pastrva (DUPREE i sur., 1969.).

Neki radovi iz ovog područja idu i korak dalje u utvrđivanju utjecaja različitih kombinacija biljnih i životinjskih masti (ulja) u hrani na fiziološke, proizvodne i zdravstvene značajke pojedinih vrsta i uzrasnih kategorija riba. Glede toga, zanimljiva su istraživanja (PHILLIPS i sur., 1963a., FOWLER i sur., 1966.)

U trci za što kvalitetnijom i učinkovitijom hranidbom riba, s jedne strane i ekonomičnosti

prirasta, s druge strane, u fokus znanstvenog zanimanja dolazi odnos masti i bjelančevina. Za ribarsku praksu, među najzanimljivija istraživanja spadaju ona koja daju konkretan odgovor o međusobnim odnosima masti i bjelančevina u hrani, njihovim količinama, podrijetlu, dostupnosti i mogućnosti uporabe u različitim kombinacijama, te učincima na prirast, iskoristivost hrane i preživljavanje (STEFFENS i sur., 1973., LEE i sur., 1973.).

Pastrve, kao i drugi mesojedi, zahtijevaju visoku razinu bjelančevina u hrani, upravo zbog slabe mogućnosti probavljivosti i pretvorbe složenih ugljikohidrata u masti. Stoga je dodatak masti (ulja), kao izvora energije u hrani, vrlo znakovit u postizanju vrlo dobrih proizvodnih rezultata. Optimalan odnos bjelančevina i masti u hranidbi konzumne kalifornijske pastrve je 35% : 15 - 20%, čime se – može uštedjeti 13 - 15% bjelančevina (TAKEUCHI i sur., 1978. b), bez gubitaka u prirastima mase i nekih negativnih zdravstvenih posljedica. Mlađe uzrasne kategorije za optimalan rast u danim uvjetima, zahtijevaju znatno veću razinu bjelančevina u hrani (40 - 48%), nego konzumne pastrve. Zahtjevi pastrva za visokokvalitetnim mastima, koje osiguravaju esencijalne masne kiseline, su između 15 - 20%, pa se na tim razinama energije, bjelančevine hrane mogu smanjiti sa 48% na 35%.

Zbog veće stabilnosti peletirane hrane i dalje je vrlo zanimljiva uporaba masti peradi i svinjske masti, ali u različitim kombinacijama s ribljim uljima ili sjemenskim uljima (STEFFENS i sur., 1979.). Na taj se način mogu, također, postići vrlo dobri i ekonomični rezultati u uzgoju pastrve, bez značajnijeg utjecaja na senzorska svojstva mesa (REINITZ i sur., 1981.). Vrlo prihvatljiva u praksi su i rješenja omašćivanja peleta lojem, dobivenim industrijskom obradom goveđih koža (COWEY i sur., 1979.).

U ovim istraživanjima o mastima, pored salmonidnih vrsta, nisu zanemarene ni ribe umjerenih i toplih voda (koje imaju fiziološki optimum pri višim temperaturama), kako bi se pokazalo postoje li određene razlike njihovih potreba za mastima.

Šaran, kao osnovni predstavnik omnivornih vrsta, podjednako dobro i učinkovito iskorištava ugljikohidrate i masti kao izvore energije. Kod njih je

za optimalne priraste bitan odnos metaboličke energije prema bjelančevinama u hrani, jer je za probavu točno poznate razine bjelančevina potrebna proporcionalna energija. Kod šarana je odnos probavljive energije i postotka bjelančevina, prema TAKEUCHI-u i sur., (1979.) 97-116. Kod drugih vrsta i kategorija životinja taj je odnos drugačiji, te prema tablicama AEC (1987.) kod pilića-brojlera iznosi 140-145, prasadi 150, a kod pura 90-100. Energetski dio obroka kod šarana može potjecati iz masti ili ugljikohidrata, uz jednako dobro iskorištavanje bjelančevina (OGINO i sur., 1976., TAKEUCHI i sur., 1979.), pa su njihove potrebe za mastima znatno niže od pastrva. Kod riba upotrebljiva energija 1 g ugljikohidrata osigurava, ovisno o različitim uvjetima, 4 -8 kJ, a kod sisavaca 16 -17 kJ. Postoje preporuke NRC, 1983. da u obrok riba ne treba dati više od 12% probavljivih ugljikohidrata jer ionako oni štede bjelančevine, a višak dovodi do gomilanja glikogena u jetrima što stvara nepoželjne masne naslage.

Životinjske masti s visokom točkom topljivosti šaran kao i pastrva slabije iskorištavaju (TAKEUCHI i sur., 1979. d). Treba imati u vidu da za utvrđivanje optimalne količine masti u hrani, koju će riba konzumirati, važnu komponentu čine međusobni odnosi između razina masti i bjelančevina samog krmiva (HILGE i sur., 1978.).

Istraživanjem fizioloških procesa kod šarana pri uzimanju različitih vrsta hrane obogaćene mastima raznovrsnog podrijetla, utvrđene su određene promjene. Ispoljile su se oscilacijama u prirastima i hranidbenim koeficijentima (ECKHARDT i sur., 1981., STEFFENS i sur., 1984.). Svako povećanje sadržaja masti u hrani do 15%, kod šarana je utjecalo na povećanje razine masti u mesu i jetrima. Slična istraživanja provedena su na kanalnom somu (*Ictalurus punctatus*), koji u različitim kombinacijama i omjerima bolje iskorištava masti životinjskog, od onih biljnog podrijetla (STICKNEY i sur., 1971., YINGST i sur., 1980.), a sastav tkiva također odražava model hranidbe. Hranidbene potrebe kanalnog soma za mastima u hrani kreću se u rasponu od 5 - 15%, ovisno o svim drugim bitnim komponentama (podrijetlo ili izvor masti, razina bjelančevina, uzrast, temperatura vode, itd.) koje utječu na točnu vrijednost masti u hrani (GATLIN i sur., 1982., MGBENKA i sur., 1984.).

Specifične hranidbene potrebe mlađa afričkog soma (*Clarias lazera*) za mastima u intenzivnim uvjetima uzgoja su 9% (UYSI i sur., 1985.) a mlađa plave tilapije (*Tilapia aurea*) 6%. Tilapija dostiže znatno bolje uzgojne rezultate ako je hrana obogaćena uljima ili mastima s nižom točkom topljivosti (mekane masti), a tvrde masti su pak bolje nego nemasna hrana (STICKNEY i sur., 1986.).

Potrebe europske jegulje (*Anguilla anguilla*) za mastima kreću se od 10 - 11% (GÖNCZY i sur., 1985.), a slične su potrebe i japanske jegulje (*Anguilla japonica*), TAKEUCHI i sur., 1980.

Neke morske vrste riba, kao što su atlantski losos (*Salmo salar*) i japanski pagar (*Chrysophrys major*), u hrani zahtijevaju masti koje sadrže masne kiseline veće molekularne težine ($\omega 3$ serije), FUJII i sur., 1976., GATESOUBE i sur., 1977., KANAZAWA i sur., 1979.a. To ne znači da morske vrste riba ne mogu sintetizirati zasićene ili visoko nezasićene masne kiseline iz polunezasićenih, ali se ta promjena odvija na stupnju koji je nedovoljan za izbjegavanje nedostatka esencijalnih masnih kiselina u vrstama u kojima se ona pojavljuje (YONE i sur., 1975.b).

2. Probavljivost masti

Opće je poznato, da visokokalorična i masnom obogaćena hrana rezultira kod živih organizama njihovim bržim rastom i povoljnijom konverzijom hrane. Mnogi autori ističu hranidbenu vrijednost prehrambenih masti za ribe i njihove optimalne potrebe u kvantitativnim i kvalitativnim vrijednostima.

Međutim, temeljita istraživanja probavljivosti masti i masnih kiselina kod riba prilično su oskudna (STEFFENS, 1985., HENDERSON i sur., 1987.), poglavito ona koja se bave utvrđivanjem različitih korelacija između rasta, količine energije i temperature vode (BECKER, 1993.).

Za probavljivost masti se zna da je ona usko povezana sa stupnjem nezasićenosti, što se vrlo brzo dokazalo hranom za pastve koja je sadržavala određene količine tvrdih masti. Smatralo se da uporaba tih masti u hranidbi riba ima prednost prvenstveno kao izvor energije, ali i da

daje veću stabilnost peletiranoj hrani (LEE i sur., 1967.). Međutim, masti s visokom točkom topljivosti (53 °C) imaju nizak biološki učinak kod pastrve, jer se slabije probavljaju od masti s nižom točkom topljivosti (38 °C i niže). Probavljivost tvrdih masti kod pastrva, čiji je probavni trakt kratak, iznosi svega 60 - 70%. Stoga njihov mali učinak na priraste nije iznenađujući. Kod uzgoja mlađa pastrve, pri nižim temperaturama od uobičajenih, zasićene masti izazivaju poremećaje u probavi (PHILLIPS i sur., 1970.).

Slične učinke korištenja zasićenih masti i hidrogeniziranih ulja životinjskog i biljnog podrijetla pokazali su kanalni som (DUPREE i sur., 1969.) i šaran (PHILLIPS i sur., 1970.). Za razliku od njih, srednje mekane masti, koje imaju nižu točku topljivosti, učinkovito se koriste u hranidbi pastrve i šarana. Probavljivost im je uvijek veća od 70%, bez obzira na temperaturne oscilacije vode i dobnu kategoriju ribe. Te se masti, međutim, mogu uspješno koristiti kao izvor energije tek kada se kombiniraju u pravilnim omjerima s nekim drugim mastima ili uljima, što mogu osigurati dovoljne količine esencijalnih masnih kiselina (ulje soje, suncokreta, morskih riba, itd.), TAKEUCHI i sur., 1979.d.

Na osnovi iznešenog vidljivo je da je probavljivost masti kod toplovodnih i hladnovodnih vrsta riba u negativnoj korelaciji s točkom topljivosti. Istodobno, probavljivost prehrambenih bjelančevina u ribama ostaje gotovo 100%, bez obzira na masti (TAKEUCHI i sur., 1979.).

Probavljivost ovisi i o količini obroka. Pri prekomjernom obroku, osim probavljivosti bjelančevina, značajno opada i probavljivost masti (SCHADE i sur., 1982.). Veći sadržaj ujednačene razine masti ili ulja u ribljor hrani ima za posljedicu njeno bolje iskorištenje (SCHMITZ i sur., 1982.a). S praktičnog stanovišta i radi što bolje probavljivosti, u hranu se ugrađuju visokovrijedne esencijalne masne kiseline. Obično se dodaju putem maslinovog, sojinog ulja ili ulja bakalara (TAKEUCHI i sur., 1978.) ili čak fosfolipida (WATANABE i TAKEUCHI, 1976.).

Osim o točki topljivosti, probavljivost masti i masnih kiselina kod riba ovisi i o još jednoj važnoj kemijskoj značajki - dužini ugljikovog lanca. S povećanjem niza od 4 do 18 C-atoma, probavljivost

masti u riba postupno opada, a zatim ponovno raste s povećanjem do 22 C-atoma u lancu. Usporedbe radi, nezasićenu linolensku masnu kiselinu (18:3 ω 3), kao i visokonezasićene masne kiseline (20:5 ω 3 i 22: 6 ω 3, pastrve probavljaju 100%, a linolnu masnu kiselinu (18:2 ω 6) 97%. Probavljivost zasićenih masnih kiselina - palmitinske (16:0) i stearinske (18:0) je niža (78% odnosno 80%), AUSTRENG i sur., 1980.

Kemijska svojstva i probavljivost masti kod riba su u uskoj i interaktivnoj korelaciji s ekološkom varijansom, gdje je najvažnija temperatura vode. Ona različito utječe na probavljivost masti kod riba. Promjena temperature vode do određene granice nema značajnog utjecaja na probavljivost kod pastrve i šarana. Značajno povećanje probavljivosti pastrva nastupa kod temperature vode od 18% °C (WIENDEL i sur., 1978.b), a šarana kod 27,50% °C (TAKEUCHI i sur., 1979. d). To ovisi o vrsti ribe, podrijetlu i kemijskom sastavu masti u hrani, gdje se nezasićene masne kiseline pri nižim temperaturama bolje probavljaju od zasićenih. Pri višim temperaturama vode (> 24 °C) kod šarana nema značajnijih razlika u probavljivosti.

Dob ribe, kao dodatni čimbenik, također treba uzeti u obzir, zbog metabolizma i brzine rasta koji su kod mlađih uzrasta znatno intenzivniji (CHO i sur., 1979., TAKEUCHI i sur., 1979. d). Sposobnost riba da se u metabolizmu masti prilagode temperaturi okoline je uzrokovana procesom biosinteze u jetrima što rezultira time da udio nezasićenih masnih kiselina postaje veći u riba koje su izložene smanjenim temperaturama. S praktičnog stajališta, u hranidbi riba to je važno za početak i završetak hranidbene (uzgojne) sezone.

Potpuna probava masti pomognuta je morfologijom crijeva tako da brojni pilorički nastavci u intestinalnom traktu salmonidnih vrsta, putem enzima, lipaze i intestinalnih fluida osiguravaju produženu retenciju i produljuju hidrolizu (TOCHER i sur., 1984.). Ostali lipolitički enzimi slatkovodnih riba slabo su istraženi, ali njihova aktivnost uglavnom ovisi o primarnim žučnim solima, temperaturi vode, pH, podrijetlu i kemijskom sastavu masti, itd. (HENDERSON, 1987.). Proizvodi probave masti su glicerol i slobodne masne kiseline. Voštani esteri, što čine glavnu komponentu hranidbe onih riba koje se hrane zooplanktonom,

hidroliziraju se na masne kiseline, sterole i masne alkohole. Hidroliza voštanih estera je i do 50 puta sporija od hidrolize triglicerida.

Apsorpcija triglicerida i njihovih proizvoda (slobodnih masnih kiselina i 2-monoglicerola) razlikuje se kod riba i sisavaca. Kod sisavaca slobodne masne kiseline apsorbiraju se uglavnom u limfnom, a manjim dijelom u portalnom sustavu (ALLIOT, 1979.). Kod riba postoji dilema, da li se masne kiseline apsorbiraju izravno iz probavnog trakta u krvotok i dalje na neku molekulu - nosač bjelančevina, ili lako difundiraju u stanicu epitela iz intestinalnog lumena i dalje do masnih depoa (COWEY i sur., 1976.).-

Kod šarana lipobjelančevina se transportira izravno u jetra, isključivo portalnim sustavom (NOAILLAC i sur., 1974.). Taj način transporta može se javiti i kod drugih vrsta riba, kao što su pastrva (SIRE i sur., 1981.) i linjak (Tinca tinca), (VERNIER i sur., 1985.), ali se čini da većina intestinalnih lipobjelančevina kod tih riba putuje limfnim sustavom prije nego što dođe u cirkulacijski sustav kao i kod sisavaca. Postoje neki dokazi o transportu slobodnih masnih kiselina albuminskim kompleksima kod pastrva putem krvi, što se događa nakon izglednosti riba (TIDWELL, 1992.).

Apsorpcija se kod riba obavlja u prednjem dijelu probavnog trakta, no može se javiti i niže, posebice nakon visokog unosa masti s hranom (SASTRY i sur., 1976.). Vrlo masna hrana i mala veličina ribe povezani su s manjom apsorpcijom, koja je kod riba spora i može trajati nekoliko sati, ali temperatura vode nema presudnu ulogu u specifičnim procesima apsorpcije masti.

3. Oksidacija masti

Masti ili ulja, koji sadrže nezasićene masne kiseline, na zraku vrlo brzo oksidiraju zbog katalitičkih reakcija teških kovina. U mastima se autooksidacijom stvaraju toksini i destabiliziraju vitamini, te je prehrambena vrijednost takvih masti, kao i hrane s takvim mastima, vrlo niska i vrlo je štetna po zdravlje riba. Nepoželjni simptomi, izazvani takvom hranom, kod pastrva su: tamna boja, anemija, letargija, abnormalnost bubrega, čvoraste izrasline na škrgama (FOLWER i sur., 1969.). Kod šarana i kanalnog soma oksidirane

masti izazivaju depigmentaciju kože i mišićnu distrofiju (WATANABE i sur., 1977.).

Iako dodatak masti u hranu ima energetsko značenje za poboljšanje iskoristivosti prehrambenih bjelančevina, visoki unosi masti s polinezasićenim masnim kiselinama, također povećavaju potrebe riba za vitaminom E (α -tokoferol). Ta izravna povezanost unosa nezasićenih masnih kiselina i vitamina E uočena je i kod čovjeka. S povišenom razinom njihovog uzimanja povećavaju se zahtjevi organizma za vitaminom E (HORWIT, 1961., WATANABE i sur., 1977.). Potreba za vitaminom E u svezi je sa samim metabolizmom masti, a ne isključivo s njegovom antioksidantnom ulogom stabilizatora. Vitamin E smanjuje simptome trovanja uljem, pa je njegovo dodavanje u hranu potrebno (WATANABE i sur., 1966.).

Oksidacija masti ili hrane s mastima i masnim kiselinama događa se obično kada se pripremljena hrana loše uskladišti, te se tako u njoj uništava prvobitno prisutni α -tokoferol. Potrebno je uvažiti mišljenje da su upravo teškoće u sprečavanju oksidacije održale količinu različitih masti i ulja u suho peletiranoj hrani na niskim razinama.

Osim oksidacije dodanih masti, koja se uglavnom javlja tijekom neprikladnog skladištenja, i masti iz sastojaka krmiva krmne smjese također su izložene određenim promjenama prilikom spremanja u tvornicama. Uglavnom su izložene povećanim temperaturama i brzim kemijskim reakcijama. Tako pozitivna vrijednost masti, a poglavito masnih kiselina ω 3 serije iz hrane, može postati negativni čimbenik za ribu.

Dodavanje antioksidanta (vitamin E) kao preventive u hranu za šarana, u količini od 50 mg/100 g, sasvim je zadovoljavajuće (WATANABE i sur., 1966.). Za pastrve je to svega 5 mg/100 g hrane (WATANABE i sur., 1977.). Vitamin E djeluje kao peroksid-razgrađivač i stabilizirajući čimbenik intestinalnog epitela, čime se poboljšava apsorpcija oksidiranih masti (TAKEUCHI i sur., 1972.) i znatno je uspješniji od drugih različitih homologa, kao što su β - i γ -tokoferoli (AOE i sur., 1972.).

Ukoliko se hrana ne stabilizira antioksidantima, masne kiseline koje se nalaze u mastima i posebice ribljim uljima, mogu uveliko povećati njenu osjetljivost na oksidativnu upaljenost i stvaranje niza, drugih otrovnih nusprodukata (STEFFENS, 1993.).

4. Simptomi nedostatka esencijalnih masnih kiselina kod riba

U svakoj se živoj stanici organizma neprestano odvija izmjena tvari uz oslobađanje energije. Masti, uz sve ostale važnije hranjive tvari, važan su energetski izvor u svakom organizmu, pa tako i u riba. Količina masti, a poglavito esencijalnih masnih kiselina, koja je potrebna ribama za normalan rast, razvoj i reprodukciju, svojstvena je za svaku vrstu. Ona je, općenito, mala u odnosu na ukupnu masu pri suhoj hranidbi.

Za mnoge vrste riba indikativno je da u različitim životnim uvjetima mogu sačuvati esencijalne masne kiseline duže vrijeme, osobito ako je hrana deficitarna na njima. Ipak, nakon određenog dužeg razdoblja hranidbe riba, bez esencijalnih masnih kiselina, pojavljuju se simptomi njihovog nedostatka. Potrebno vrijeme za prve simptome ovisi o nizu genetskih i paragenetskih čimbenika (vrsta, dob, način i uvjeti držanja, temperatura, spol, i dr.),

Većina istraživanja na mastima kod riba trajala je od 10 do 12 tjedana. U tom razdoblju mogu se očitovati statistički značajne razlike u prirastima, ali postoji dilema da li su tjelesne zalihe masti dovoljno iscrpljene u tom vremenu, da bi bila moguća identifikacija potrebnih masnih kiselina u hrani. Teško je, međutim, točno razlučiti do koje je mjere nakupljanje masti u tkivima riba normalno, a kada to prelazi u stanje koje je štetno za rast i funkcioniranje organizma (FIJAN, 1982.).

U znanstvenim istraživanjima najvažniji pokazatelji nedostatka esencijalnih masnih kiselina su stupanj rasta, djelotvornost hrane i preživljavanje pojedine vrste riba (KANAZAWA i sur., 1980.). Losos, hranjen hranom deficitarnom linolnom i linolenskom masnom kiselinom osim reduciranog rasta, ispoljava i umanjenu pigmentaciju (NICOLAIDES i sur., 1962.). Takva hrana kod pastrva uzrokuje eroziju i degeneraciju peraja, promjenu boje zadnjeg dijela tijela, fiziološke i psihološke (stres-sindrom) poremećaje i krutost tijela (CASTELL i sur., 1972. b).

Uz navedeno, manjkavost esencijalnih masnih kiselina u hrani, kod pastrva narušava i sastav tijela, pojedinog tkiva ili organa. Očituje se u porastu mišićne vode, povećanju respiracijskog omjera jetara, smanjenju sadržaja hemoglobina u

krvi, te smanjenju sadržaja bjelančevina i masti u tijelu (WATANABE i sur., 1976. b), a kod lososa pokazuje naduta i blijeda jetra, kao i visoki sadržaj 20:3 ω 9 masne kiseline u njoj (TAKEUCHI i sur., 1979. c).

Simptomi koji se odnose na funkciju ili disfunkciju masti, obuhvaćaju izmjene u propusnosti bioloških membrana, a očituju se u povećanju stupnja oticanja izoliranih mitohondrija jetra, njihovim omašćenjem i smanjenjem eritrocita (WATANABE i sur., 1974., CASTELL i sur., 1972c.).

Hrana deficitarna masnim kiselinama ω 3 i ω 6 serije kod pastrva, kao i šarana, rezultira povećanjem 20:3 ω 9 masne kiseline u "de novo" sintezi i mortalitetom, miokarditisom (CASTELL, 1972.c, TAKEUCHI i WATANABE, 1977.). Simptomi nedostatka masnih kiselina kod japanske jegulje u biti su slični onima u šarana (TAKEUCHI i sur., 1980.).

Ribe, koje ne posjeduju bitno smanjenu sposobnost elongacije i desaturacije lanca (KANAZAWA i sur., 1979.d), kao reakciju na nedostatak esencijalnih masnih kiselina u hrani, ne mogu proizvesti veću razinu 20:3 ω 9 masne kiseline (LEGER i sur., 1979.). Kanalni somovi, uzgajani na hrani koja je sadržavala goveđi loj (siromašan ω 3 i ω 6 serijom m. k.), sjedinili su relativno visoke razine 20:3 ω 9 masne kiseline sa svojim mastima jetara i tijela (STICKNEY i ANDREWS 1971., 1972.). Međutim, utvrđeno je da te ribe ne pokazuju simptome nedostatka esencijalnih masnih kiselina. Naime, kada je u hranu kanalnog soma dodano sojino (bogato 18:2 ω 6 m. k.) ili laneno ulje (bogato 18:3 ω 3 m. k.), pripajanje s vlastitim mastima se reduciralo, kao i njihov stupanj razvitka i djelotvornost hrane. Ova neobična reakcija kanalnog soma na visoke razine 18:2 ω 6 i 18:3 ω 3 masnih kiselina u hrani, može se objasniti time da ta riba ima vrlo malu potrebu za esencijalnim masnim kiselinama ω 3 i ω 6 serije. S druge strane, ona ima fiziološku potrebu za višom razinom masnih kiseline ω 9 serije.

Visoka zastupljenost 18:2 ω 6 i 18:3 ω 6 masnih kiselina bi, zbog konkurentne inhibicije između nizova oleinskih, linolnih i linolenskih masnih kiselina, smanjila sintezu i metabolizam masnih kiselina ω 9 serije, što je u svezi s temperaturom (GATLIN i STICKNEY, 1982.).

Nedovoljna količina esencijalnih masnih kiselina u hrani štetno djeluje na mrijest riba iz čijih se jaja izliježe mali broj deformiranih ličinki koje zbog abnormalnosti u globulima ulja, brzo ugibaju (WATANABE i sur., 1977. Dodatkom od 1 % linolenske masne kiseline u hranu matičnim ribama pastve osigurava se dobar rezultat u reprodukciji. To pokazuje da je ukupna plodnost matica, veličina jaja, kakvoća izvaljenih ličinki, kao i njihovo preživljavanje, pod značajnim djelovanjem esencijalnih masnih kiselina u hrani.

Povećanje ili prekomjerna količina esencijalnih masnih kiselina u hrani uzrokuje usporavanje rasta pojedine vrste ribe i stvara nepovoljne hranidbene koeficijente (YU i sur., 1976.).

5. LITERATURA

1. Alfin-Slater, R. B., L. Aftergood (1968): Essential fatty acids reinvestigated *Physiol. Rev.* 48, 758-784.
2. Alliot., E. (1981): In *Nutritions des Poissons, actes du colloque CNERNA, Paris*, 79-88.
3. Aoe, H., I. Abe, T. Saito, H. Fukawa, H. Koyama (1972): Preventive effects of tocopherols on muscular dystrophy of young carp. *Bull. Japan. Soc. scient. Fish.* 38, 845-851.
4. Austreng, E., A. Skrede, A. Eldegard (1980): Digestibility of fat and fatty acids in rainbow trout and minnow. *Aquaculture* 19, 93-95.
5. Becker, K. (1993): Energy metabolism in carp reaction to different temperature regimes. Summary, Workshop on the fatty acid metabolism in the carp, 6-9 September Budapest.
6. Burr, G. Q., M. M. Burr (1929): A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. *I. Biol. Chem.* 82, 345-367.
7. Burr, G. Q., M. M. Burr (1930): On the nature and role of the fatty acids essential in nutrition. *I. Biol. Chem.* 86, 587-621.
8. Castell, J. D., R. O. Sinnhuber, J. H. Wales, D. J. Lee (1972a): Essential fatty acids in the diet of rainbow trout growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. *J. Nutrition* 102, 77-85.
9. Castell, J. D., D. J. Lee, R. O. Sinnhuber (1972b): Essential fatty acids in the diet of rainbow trout, lipid metabolism and fatty acid composition. *J. Nutrition* 102, 93-99.
10. Cho, C. Y., S. J. Silinger (1979): Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. *Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol. II, Berlin*: 239-247.
11. Church, D. C., W. G. Pond (1976): Basic animal nutrition and feeding. D. C. Church publish., Corvallis, Oregon.
12. Cowey, C. B., J. M. Owen, J. W. Adron, C. Middleton (1976): Studies on the nutrition of marine flatfish. The effect of different dietary fatty acids on the growth and fatty acid composition of turbot (*Scophthalmus maximus*) *Br. J. Nutrition*, 36, 479-486.
13. Cowey, C. B., J. W. Adron, R. Hardy, J. G. N. Smith, M. J. Walton (1979): Utilization by rainbow trout of diets containing partially rendered hide fleshings. *Aquaculture* 16, 199-209.
14. 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.
15. Dupree, H.K. (1969): Influence of corn oil and beef tallow in growth of channel catfish. *U. S. Fish. Wild. Ser. Tech. Pap. No. 27*, 13.
16. Eckhardt, O. (1981): Untersuchungen zum Protein- und Energiebedarf junger wachsender Spiegelkarpfen. *Diss. Georg-Aug. Univ. Göttingen*.
17. Farkas, T., I. Csengeri, F. Majoros, J. Olah (1977): Metabolism of fatty acids in fish. I. Development of essential fatty acid deficiency in the carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture* 11, 147-157.
18. Fijan, N. (1982): Bolesti i neprijateljci riba, Slatkovodno ribarstvo, 439-513, Ribozajednica i Jumena.
19. Fowler, L. G., E. N. Wood (1966): Effect of type of supplemental dietary fat on chinook salmon fingerlings. *Progr. Fish-Culturist* 28, 123-127.
20. Fowler, L. G., J. L. Banks (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.
21. Fujii, M., Y. Yone (1976): Studies on nutrition of red sea bream-XIII. Effect of dietary linolenic and ω 3 polyunsaturated fatty acid on growth and feed efficiency. *Bull. Japan. Soc. Scient. Fish.* 42, 583-588.
22. Gatlin, D. M., R. R. Stickney (1982): Fall-winter growth of young channel catfish in response to quantity and source of dietary lipid. *Trans Am. Fish. Soc.* 111, 90-93.
23. Gönczy, J., B. Tahy (1985): *Az angolna. Mezőgazdasági Kiado Budapest*.

24. Henderson, R. J., D. R. Tocher (1987): The lipid composition and Biochemistry of Freshwater fish. *Prog. Lipid Res.* 26, 281-347
25. Higashi, H., T. Kaneko, S. Ishii, M. Ushiyama, T. Suigashi (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.
26. Hilge, V. (1978): Untersuchung zur Abhängigkeit der Körperentwicklung und des Blutbildes beim Spiegelkarpfen von Protein- und Fettgehalt des Futters. *Inform. Fischwirtsch.* 25, 21-22.
27. Holman, R.T. (1968): Essential fatty acid deficiency, a long scaly tale. *Prog. Chem. Fats Other Lipids*, 9, 279-348.
28. Horvath, S., E. Szabo (1990): A busadieta, a busaolaj - es a tengerihalolaj-keszitmenyek helye a prevencioiban es a rehabilitacioiban. A medicus universalis terapias melleklete, MAOTE, 5 aprilis 1990, 20-22.
29. Horwitt M. K., C. Harvey, B. Century, L. Witting (1961): Polyunsaturated lipids and tocopherol requirements. *J. Am. diet. Ass.* 38, 231-235.
30. Kanazawa, A., S. Teshima, M. Sakamoto, M. A. Awal (1980): Requirements of *Tilapia zillii* for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 46, 1353-1356.
31. Karlson, P. (1989): Biokemija za studente kemije i medicine. Školska knjiga Zagreb.
32. Klenk, E., G. Kremer (1960): Über die Biogeneses der C₂₀- und C₂₂ Leberpolyenfettsäuren bei Wirbeltieren, *Z. Physiol. Chem.* 320, 111.
33. Lee, D. J., J. N. Roehm, T. C. Yu, R. O. Sinnhuber (1967): Effect of ω3 fatty acids on the growth rate of rainbow trout. *J. Nutrition* 92, 8.
34. Lee, D. J., G. B. Putnam (1973): The response of rainbow trout to varying energy rations in a test diet I. *Nutrition* 103, 916-923.
35. Leger, C., E.J. Gatesoupe, R. Metailler, P. Luquet, L. Fremont (1979): Effect of tary fatty acids differing by chain lenght and w series on growth and lipid composition of turbot (*Scophthalmus mus L.*) *Comp. Biochem. Physiol.* 64B, 345-350.
36. Lovell, R. T. (1979): Formulating diets for aquaculture species. *Feedstuffs* 51, 29-31.
37. Malins, H. K., D. C. Mangold (1960): Analysis of complex lipid mixtures by thin-layer-cromatography and complementary methods. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 37, 576-578.
38. McLaren, B. A., E. Keller, D. J. O'Donnel, C. A. Elvehjem (1947): Studies of vitamin requirement. *Arch. Biochem. Biophys.* 15, 169-178.
39. Mead, J.F., M. Kayama, R. Reisser (1960): Biogenesis of polyunsaturated acids in fish. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 37, 438.
40. Mgbenka, B. O., R. T. Lovell (1986): Intensive feeding of grass carp in ponds. *Prog. Fish-Cult.* 48, 238-241.
41. Nicolaidis, N., A. H. Woodall (1962): Impaired pigmentation in chinook salmon fed diets deficient in essetial fatty acids. *J. Nutr.* 78, 431- 437.
42. NRC (1983): Nutrient requirements of warmwater fish, National Academy of Sciences, Washington D.C.
43. Ogino, C., J. Y. Chiou, T. Takeuchi (1976): Effects of dietary energy sources on the utilization of proteins by rainbow trout and carp. *Bull. Jap. Soc. Fisheries* 42, 213-218.
44. Phillips, A. M., F. E. Lovelace, H. A. Poston, D. L. Livingston, H. E. Booke, G. L. Hammer (1963): The utilization of calorie sources by brook trout. *Fisheries Res. Bull.* 26, 35-44.
45. Phillips, A. M. (1970): Trout feeds and feeding. *Manual of Fish. Cult., BSFW - Washington, D. C.*, 1-49.
46. Reinitz, G. L., T. C. Yu (1981): Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition of Rainbow trout (*Salmo Gairdnei*). *Aquaculture* 22, 359-366.
47. Sastry, K.V., V. K. Z. Gark (1976): Mikroskop. *Anat. Forsch.* 90, 1032-1040.
48. Schade, R. (1982): Untersuchungen zur Nahrungsausnutzung im Darm von Karpfen (*Cyprinus carpio*) *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 59, 377-415.
49. Schmitz, O., E. Greuel, E. Pfeffer (1982): Untersuchungen über Verdauung und Verwertung von organischen Rohnährstoffen durch wachsende Regenbogen Forellen. *Z. Tierphysiol. Tiernähr. u. Futtermittelkd.* 48, 138-143.
50. Sire, M. F. C. Lutton, J. M. Vevnier (1981): New views on intestinal apsorption of lipids in teleostean fishes: An ultrastructural and biochemical study in the rainbow trout. *J. Lipid Res.* 22, 81-84.
51. Sinnhuber, R. O., D. J. Lee, J. H. Wales, J. L. Ayres (1968): Dietary factors and hepatoma in rainbow trout *J. Nat. Cancer Inst.* 41, 1293-1301.
52. Steffens, W., M. L. Albrecht (1973): Proteineinsparung durch Erhöhung des Fettanteils im Futter für Regenbogenforellen. *Arch. Tiernahrung* 23, 71 1-717.

53. Steffens, W., M. L. Albrecht (1979): Einsatz von hart Fett im Trockenmischfutter für Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri*). Arch. Tierernährung 29, 597-604.
54. Steffens, W., M. L. Albrecht (1984): Fetteinsatz im Trockenmischfutter unter für Karpfen (*Cyprinus carpio*) Arch. Tierernährung 34, 579-585.
55. Steffens, W. (1985): Grundlagen der Fischernährung. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, s. 226.
56. Steffens, W. (1993): Protein sparing effect and nutritive significance of lipid supplementation in carpiets. Summary, Workshop on the fatty acid metabolism in the carp, International symposium on the carp, Budapest 6-9 September.
57. Stickney, R. R., J. W. Andrews (1971): Combined effects of dietary lipids and environmental temperature on growth metabolism and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutr. 101, 1703- 1710.
58. Stickney, R. R., J. W. Andrews (1972): Effects of dietary lipids on growth, feed conversion, lipid and fatty acid composition of channel catfish. J. Nutr. 102, 249-258.
59. Stickney, R. R., W. A. Wurts (1986): Growth response of blue tilapias to selected levels of dietary menhaden and catfish oils, Prog. Fish. Cult., 48,107-109.
60. Stryer, L. (1991): Biokemija, Školska knjiga, Zagreb.
61. Takeuchi, T., T. Watanabe (1972): Effect of eicosapentaenoic acid and docosaheksaenoic acid in pollack liver oil on growth and fatty acid composition of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. scient. Fish. 43, 947-953.
62. Takeuchi, T., T. Watanabe (1976): Nutritive value of ω 3 unsaturated fatty acids in pollock liver oil for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 42, 907-919.
63. Takeuchi, T., T. Watanabe (1977a): Requirement of carp for essential fatty acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 43, 541-551.
64. Takeuchi, T., T. Watanabe, C. Ogino (1978b): Optimum ratio of protein to lipid in diets of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 44, 729-732.
65. Takeuchi, T., T. Watanabe, C. Ogino, M. Yokoyama (1978c): Optimum ratio of dietary energy to protein for rainbow trout Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 44, 729-732.
66. Takeuchi, T., T. Watanabe, C. Ogino (1979a): Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 45, 977-982.
67. Takeuchi, T., T. Watanabe, T. Nose (1979b): Requirement for essential fatty acid of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in freshwater environment. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 45,1319-1323.
68. Takeuchi, T., T. Watanabe, C. Ogino (1979d): Digestibility of hydrogenated fish oil in carp and rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 45, 1521-1525.
69. Takeuchi, T., S. Arai, S., T. Watanabe, Y. Shimma (1980): Requirement of eel (*Anguilla japonica*) for essential fatty acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 46, 345-353.
70. Tidwell, J. H., C. D. Webster, J. A. Clark (1992): Effects of feeding starvation and refeeding, on the fatty acid composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus* T.) Comp. Biochem. Physiol. 103A (2), 365-368.
71. Tocher, D. R., J. R. Sargent (1984): Analyses of lipids and fatty acids in ripe roes of some north-west European marine fish, Lipids, 19, 492-499.
72. Uys, W., T. Hecht (1985): Evaluation and preparation of an optimal dry feed for the primay nursing of *Clarias Gariepinus* Larvae. Aquaculture 47,173-183.
73. Vernier, J. M., M. F. Sire (1985): Actes Colloq. IFREMER I (Bases Biol. Aquacult.), 393-428.
74. Watanabe, T., Y. Matsuura, Y. Hashimoto (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.
75. Watanabe, T., F. Takashima, C. Ogino (1974): Effect of dietary methyl linolenate on growth of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries, 40, 181-188.
76. Watanabe, T., T. Takeuchi (1976): Evaluation of pollock liver oil as a supplement to diets for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 42, 893-906.
77. Watanabe, T., F. Takashima (1977): Effect of α -tocopherol deficiency on carp-VI. Deficiency simptoms and changes of fatty acid and triglyceride distributions in adult carp. Bull. Japan. Soc. scient. Fish. 43, 819-830
78. Watanabe, T., T. Takeuchi, C. Ogino, T. Kawabata (1977): Effect of α -tocopherol deficiency on carp-VII. The relationship between dietary levels of linoleate and α -tocopherol requirement. Bull. Japan. Soc. scient. Fish. 43, 935-946.
79. Wiendell, J. F., J. W. Foltz, J. A. Sarkon (1978): Effect of fish size temperature and amount fed on nutrient digestibility of a pelleted diet by rainbow trout (*Salmo gairdneri*).Trans. Am. Fisheries Soc. 107, 613-616.

80. Yingst, W. L., R. R. Stickney (1979): Effects of dietary lipids on fatty acid composition of channel catfish fry. *Trans. Am. Fish. Soc.* 108, 620-625.
81. Yone, Y., M. Fujii (1975b): Effect of ω 3 fatty acid supplement in a corn oil diet on fatty acid composition of the fish. *Bull. Japan. Soc. scient. Fish.* 41, 79-86.
82. Yu, T. C., R. O. Sinnhuber (1976): Growth response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to dietary Omega 3 and Omega 6 fatty acids. *Aquaculture* 8, 309-317.

SUMMARY

In respect of the constitution of their digestive tract, species, age, gender and numerous environmental factors in rearing, fish have different requirements for fat. The level of saturation of fatty acids (their melting point) determine their digestibility, absorption and biological effect .

With the aim of improving energy values of fish feed and avoiding the usage of expensive proteins in productive energy processes in fish, it is in the interest of fish feedstuff producers as well as fish farmers to add optimal amounts of appropriate fat in feed.

Fat content in peleted fish feed today is between 10-12% although some fish species need up to 20% according to real requirements. Certain problems of technical and technological nature occur on regular basis in feedstuff factories while peleting fish feed which contains increased fat (>3.5%). At this stage of, fish feed production matrices get plugged. The problem is partially solved by adding to the pellet; the procedure allows input of 15% of fat in fish feed. This feed is susceptible to autooxidation i. e. spoiling, so it must be kept in storage in special conditions and different additives (vitamin E in most cases) must be added.

From the nutritive aspect, importance of fat in fish is regarded not only as a rich source of energy and fat-soluble vitamins but also because of the essential fatty acid content whose insufficiency in feed results in many wanted symptoms. In optimal amounts they act as growth promoters in fish. Fat from feed significantly influences the fat composition in fish.