

## **Különböző esszenciális zsírsav tartalmú haltápok hatása a ponty (*Cyprinus carpio*) növekedési teljesítményére és természetes immunválaszára**

**Ardó László, Csengeri István, Rónyai András, Jeney Zsigmond,  
Jeney Galina**

*Halászati és Öntözési Kutatóintézet, 5540 Szarvas, Anna liget 8.*

### **Kivonat**

A halliszt és a halolaj az akvakultúrában használt haltápok egyik legfontosabb alkotórésze, amely a haltakarmányozás és az emberi táplálkozás szempontjából is fontos többszörösen telítetlen zsírsavakat tartalmaz. A halliszt- és halolajforrások azonban korlátozottak, az egyre növekvő haltermelés és ezzel párhuzamosan a növekvő haltáp-igény biztosítására új takarmány-alapanyagokra van szükség. Az Európai Unió által támogatott AQUAMAX projekt célja a halliszt és a halolaj kiváltása növényi olajokkal. A Halászati és Öntözési Kutatóintézet immunológiai kutatócsoportja a projekt keretében egy in vivo kísérletben vizsgálta háromféle haltáp hatását a ponty növekedési teljesítményére, természetes immunválaszára és *Aeromonas hydrophila* fertőzéssel szembeni ellenálló-képességére. A kísérleti eredmények azt mutatták, hogy a Camelina olajjal kiegészített, de halolajat is tartalmazó haltáp jelentős mértékben növelte a kísérleti halak növekedési teljesítményét és a fertőzéssel szembeni ellenálló-képességét. A csak lenolajat tartalmazó táp a növekedési teljesítményt nem erősítette, a fertőzéssel szembeni ellenálló-képességre pedig negatív hatással volt. A kísérleti eredmények alapján kijelenthetjük, hogy a haltápokban használt halolaj nem helyettesíthető hatékonyan növényi olajokkal, de kiegészíthető velük.

### **Bevezetés**

A világ halfogyasztása napjainkban évente kb. 1,5%-kal növekszik (Delgado és mtsai, 2002a). Az előrejelzések szerint a világ haltermelése 2020-ra el fogja érni a 130 millió tonnát évente, amelynek több mint 40%-át a haltenyésztés (akvakultúra) fogja biztosítani a jelenlegi 35%-os aránnyal szemben (Delgado és mtsai, 2002a). 2020-ban az Európai Unió részesedése az éves haltermelésből 12,6 millió tonna lesz (Failler és Lecrivain, 2003; Failler, 2005). Az akvakultúra jelentőségének növekedésével a haltápok iránti kereslet is növekedni fog. A kereskedelmi forgalomban beszerezhető haltápok egyik fontos alkotórésze a halliszt és/vagy halolaj, amelynek előállítása a halászat kimerülőben lévő lehetőségei miatt egyre költségesebb (Delgado és mtsai, 2002b). Az utóbbi években emiatt növekedett az érdeklődés a növényi eredetű olajok iránt, amelyek

lehetővé teszik a haltápokban használt halolaj helyettesítését (Csengeri és mtsai, 2007).

A növényi olajok a halolajhoz hasonlóan gazdagok telítetlen zsírsavakban, amelyek közül az  $\omega$ -3 és  $\omega$ -6 zsírsavak a humán táplálkozásban esszenciális jelentőségűek (Sinclair és mtsai, 2002). Ebbe a csoportba tartozik például a dokozahexaénsav (DHA), az eikozapentaénsav (EPA) és a linolénsav (ALA), amelyeknek többek között fontos szerepük van az embrionális fejlődésben (Lauritzen és mtsai, 2001; Dunstan és mtsai, 2008), a vérnyomás szabályozásában (Teres és mtsai, 2008), az agy és a szem normális működésében (Simopoulos, 2000; Johnson és Schaefer, 2006). Ezek a telítetlen zsírsavak a halak számára is esszenciális tápanyagnak számítanak (Lee és mtsai, 1967, Watanabe és mtsai, 1974, Steffens, 1997).

Az  $\omega$ -3 és  $\omega$ -6 zsírsavak az immunrendszer működésében is fontos szerepet töltenek be (Calder, 2007). Az EPA és a DHA a gyulladáscsökkentő és a gyulladás előtti állapotot visszaállító rezolvinok és dokozatriének előanyagai (Serhan és mtsai, 2004; Serhan, 2005). Ezen kívül az immunrendszer sejtjeinek membránjában fordulnak elő, hiányuk a sejt immunválasz (fagocitózis, antigénbemutató) gyengüléséhez vezet (Calder, 2007).

A Halászati és Öntözési Kutatóintézet (HAKI) 2006 óta részt vesz az Európai Unió által támogatott „AQUAMAX” projektben, amelynek fő célkitűzése a kimerülőben lévő halliszt- és halolajforrások helyettesítése fenntartható módon megtermelhető olaj- és fehérjetartalmú takarmány-alapanyagokkal (Csengeri és mtsai, 2007). A projekt céljainak megvalósítását takarmányozástani, toxikológiai, analitikai és immunológiai vizsgálatok is segítik. A HAKI immunológiai kutatócsoportja a projekt keretében egy *in vivo* kísérletet hajtott végre, amelyben háromféle haltáp (kereskedelmi forgalomban kapható tilápia/ponty táp, lenolajjal, illetve Camelina (hamis len, *Camelina sativa*) olajjal kiegészített táp hatását vizsgálta a ponty (*Cyprinus carpio*) növekedési mutatóira, természetes immunválaszára és az *Aeromonas hydrophila* baktériummal szembeni ellenálló-képességére.

## Anyag és módszer

### *Kísérleti elrendezés, a halak mérése és mintavétel*

A kísérletet a HAKI recirkulációs halnevelő rendszerében végeztük. A kísérlet során a halakat 300 literes műanyag tartályokban tartottuk, állandó 7 liter/perces vízfolyás mellett. A víz hőmérséklete és pH értéke a kísérlet időtartama alatt állandó volt (22°C, pH 8,5). A víz oxigéntartalma 80% és 90% között változott.

A kísérleti halakból három csoportot alakítottunk ki, amelyeket négy hétig különböző haltáppal etettünk (I. táblázat). A kísérletben használt tápok a következők voltak:

1. csoport: Kontroll táp (kereskedelmi forgalomban kapható tilápia/ponty nevelőtáp)
2. csoport: Lenolajat tartalmazó táp
3. csoport: Camelina olajat tartalmazó táp

**I. táblázat:** A kísérleti tápok összetétele

	Kontroll táp	Lenolajos táp	Camelina olajos táp
Camelina olaj (%)	-	-	1,00
Halolaj (%)	+	-	3,00
Lenolaj (%)	-	3,00	-
Számított beltartalom			
Száranyag (%)	89,0	89,35	89,48
Nyersfehérje (%)	35,0	36,00	39,50
Lizin (%)	+	2,27	2,57
Metionin (%)	+	1,14	1,43
Metionin + Cisztein (%)	+	1,60	1,94
Nyersrost (%)	+	3,98	2,00
Nyerszsír (%)	4,0	8,00	8,58
Energiatartalom (MJ/kg)	+	13,16	13,80

+: A pontos összetétel nem ismert

A kísérlet kezdetén a halak átlagos egyedi tömege az 1. csoportban  $163 \pm 12$ g, a 2. csoportban  $160 \pm 8$ g, a harmadik csoportban  $162 \pm 3$ g volt.

A kísérletet kezelésenként két-két párhuzamos csoporttal végeztük. A kísérleti halak össztömegét minden héten csoportonként mértük, majd a kísérlet végén a tömegadatokból növekedési paramétereket (takarmányhasznosítási együttható, specifikus növekedési ráta) számítottunk.

Csoportonként 5 halból minden héten egyszer 1 ml vérmintát vettünk, páratlan héten az első, páros héten a második párhuzamos csoportból. Egy halból csak egy mintát vettünk, hogy elkerüljük a többszöri vérvétel okozta stresszhatást. A mintavételek során véralvadásgátlóként heparint használtunk.

#### *Fehérvérsejtek izolálása a vérmintákból*

A vérmintákból sűrűséggradiens-centrifugálással izoláltuk a fehérvérsejteket. Szilikonozott centrifugacsövekbe 1-1 ml Histopaque 1.119-et (Sigma) töltöttünk, amelyre 1-1 ml Histopaque 1.077-et (Sigma) rétegeztünk. Mindkét réteg 0,1 ml Bacto Hemagglutination Buffert tartalmazott (Difco, USA). A vérmintákat óvatosan a Histopaque 1.077-re rétegeztük, majd  $4^{\circ}\text{C}$ -on,  $700 \times g$  gyorsulással 35 percig centrifugáltuk. A centrifugálás után a fehérvérsejtek a két Histopaque réteg között gyűltek össze, a vérplazma pedig a gradiens felett. A vérplazmát eltávolítottuk és további vizsgálatok céljára  $-20^{\circ}\text{C}$ -on lefagyasztottuk. A fehérvérsejteket is eltávolítottuk, és centrifugacsövekben Hank-féle sóoldatban (Hank's Balanced Salt Solution, HBSS, Sigma) centrifugálással mostuk. A sejtszuszpenziók térfogatát ezután 0,1% borjúsérumot tartalmazó L-15 táptalajjal 1 ml-re állítottuk be. Bürker-kamrában megszámoltuk a sejteket, és a sejtek koncentrációját ez alapján minden mintában  $1 \times 10^7$  sejt/ml-re állítottuk be.

### *Fagocitáló aktivitás mérése*

A fehérvérsejtek fagocitáló aktivitását Seeley és mtsai (1990) módszerével határoztuk meg. A mérés során a sejtek kongóvörössel megfestett élesztősejteket fagocitálnak. Műanyag centrifugacsövekben minden mintából 1 ml fehérvérsejt-szuszpenziót kevertünk 1 ml, kongóvörössel festett élesztő-szuszpenzióhoz. 60 perces, szobahőmérsékleten történt inkubációt követően a sejtsuszpenziók alá 3 ml Percoll 1.055-öt (Sigma) rétegeztük. A mintákat 20°C-on, 850 x g gyorsulással 3 percig centrifugáltuk, ezzel elválasztottuk a fehérvérsejteket a megmaradt élesztősejtektől. A fehérvérsejteket eltávolítottuk és HBSS-ben centrifugálással mostuk. A sejteket 1 ml tripszin-EDTA oldatban (5,0 g/l tripszin és 2,0 g/l EDTA, Sigma) szuszpendáltuk fel, és 37°C-on egy éjszakán keresztül inkubáltuk, majd lemértük a minták fényelnyelését 510 nm hullámhosszon, tripszin-EDTA oldatot használva referenciaként.

### *Respirációs aktivitás mérése*

A fagocitáló sejtek a fagocitózis mellett peroxid- és szuperoxid anionok termelésével is képesek a patogén mikroorganizmusok elpusztítására, melynek során a sejtek oxigénfelvétele (respirációs aktivitása) jelentős mértékben növekszik. Az izolált fehérvérsejtek respirációs aktivitását a nitroblue-tetrazolium (NBT) módszerrel határoztuk meg (Secombes, 1990), amely a sejten belül képződő oxidatív szabadgyökök mennyiségét méri. A sejtkoncentráció beállítása után a sejteket 96 üregű mikrotiter-lemezekre osztottuk szét. Egy üreg 100 µl sejtsuszpenziót tartalmazott. A sejteket 0,1% borjúsérumot tartalmazó L-15 tápoldatban 19°C-on 2 órán át inkubáltuk. Ezután a tápoldat a nem tapadt sejtekkel együtt eltávolítottuk és üregenként 100 µl NBT-oldatot (2 mg/ml NBT és 1 µl/ml forbol-mirisztilsav-acetát (PMA)) raktunk a sejtekre. Egy óra inkubáció után (25°C-on) eltávolítottuk az NBT oldatot, és a sejteket 100%-os metanollal 5 percig fixáltuk. A sejteket ezután 70%-os metanollal kétszer mostuk, majd 20 percig levegőn szárítottuk. A sejtekben az oxidatív szabadgyökök hatására képződött, vízben oldhatatlan formazánt 2 mólos kálium-hidroxid oldat és dimetil-szulfoxid keverékével oldottuk fel. A kék színű oldat fényelnyelését 620 nm-en mértük, a fényelnyelés mértéke arányos volt a keletkezett oxidatív szabadgyökök mennyiségével.

### *Lizozimaktivitás mérése*

A vérplazma lizozimaktivitását Sankaran és Gurnani (1972) módszere alapján mértük. A lizozim szubsztrátjaként *Micrococcus lysodeikticus* baktériumokat használtunk, amelyekből foszfátpufferben (0,05M, pH 6,2) 0,02%-os (w/v) szuszpenziót készítettünk. Standardként különböző koncentrációjú tojásfehérje-lizozim oldatokat használtunk. A standard oldatokból és a mintákból is 50 µl-t adtunk 250 µl szubsztráthoz, majd lemértük az oldatok fényelnyelését 531 nm-en. 20 perc múlva megismételtük a mérést, és a két eredmény különbségéből a standard görbe segítségével meghatároztuk a plazmában lévő lizozim mennyiségét.

### *Fertőzés Aeromonas hydrophila baktériummal*

A kísérlet végén minden csoportból 30 db halat fertőztünk az *A. hydrophila* egy virulens törzsével (B2/12). A 4°C-on, szilárd táptalajon tartott baktériumokat 10 ml TSB (Tryptic Soy Broth, Fluka) tápoldatba oltottuk, majd 28°C-on egy napig inkubáltuk. A folyadékkultúrát lecentrifugáltuk, a kiülepedett baktériumokat felszuszpendáltuk 10 ml PBS (Phosphate Buffered Saline) oldatban, majd centrifugálással mostuk. A baktériumok koncentrációját a szuszpenzió 610 nm-en mutatott fényelnyelése alapján PBS-sel az LD50 koncentrációra állítottuk be. Ez az a dózis, amely a kísérleti állatok 50%-ának elhullását okozza. Értékét előzetes kísérletekkel határoztuk meg. A halak hasüregébe 0,1 ml baktériumsuszpenziót oltottunk, majd egy héten keresztül regisztráltuk az elhullást és kiszámoltuk a megmaradási értékeket.

### *Statisztikai elemzés*

Az immunológiai paraméterek közül a respirációs- és a lizozimaktivitás mérését három párhuzamossal végeztük, az adatok feldolgozásánál ezek átlagával számoltunk. A fagocitáló aktivitás meghatározásánál minden mintát csak egyszer mértünk le. Csoportonként minden héten 5 mintát vettünk, ezek adataiból számtani átlagot számoltunk. Az egyes csoportok mérési eredményei közötti különbséget egytényezős varianciaanalízissel,  $P < 0,05$  szignifikanciaszinten értékeltük, majd táblázatos formában ábrázoltuk. A fagocitáló-, respirációs- és lizozimaktivitást bemutató táblázatokban az adatok számtani átlagát és a standard hibát tüntettük fel.

Az adatok statisztikai kiértékeléséhez az SPSS., Inc. által kifejlesztett SigmaStat számítógépes programot használtuk.

## **Eredmények**

### *Növekedési paraméterek*

A takarmányhasznosítási együttható (FCR) és a specifikus növekedési együttható (SGR) a Camelina olajos táppal kezelt csoportban volt a legkedvezőbb. A kontroll és a lenolajos táppal kezelt csoport értékei ettől messze elmaradtak. A két utóbbi csoport értékei között nem volt jelentős különbség (II. táblázat).

## II. táblázat: A kísérleti halak növekedési paraméterei

	Lenolajos táp		Camelina olajos táp		Kontroll táp	
	átlag	SD	átlag	SD	átlag	SD
w <sub>0</sub> (g/db)	160	8	162	3	163	12
W <sub>0</sub> (g)	4800	255	4865	92	4880	368
w <sub>t</sub> (g/db)	209	10	266	4	210	15
W <sub>t</sub> (g)	6270	311	7965	120	6310	438
FCR	1,85	0,03	0,87	0,05	2,02	0,14
SGR	0,95	0,01	1,76	0,01	0,92	0,02
F (g)	2724	151	2699	168	2879	52

w<sub>0</sub>: egyedi tömeg a kísérlet kezdetén, W<sub>0</sub>: össztömeg a kísérlet kezdetén, w<sub>t</sub>: egyedi tömeg a kísérlet végén, W<sub>t</sub>: össztömeg a kísérlet végén, FCR: takarmányhasznosítási együttható, SGR: specifikus növekedési együttható, F: adagolt takarmány, SD: szórás

### *Immunológiai paraméterek*

A lenolajat, illetve Camelina olajat tartalmazó haltápok nem voltak hatással a fehérvérsejtek respirációs aktivitására. A reaktív oxigénformák termelése a kétféle kísérleti táppal etetett csoportokban nem mutatott szignifikáns különbséget a kontrollhoz képest (III. táblázat).

Az izolált fehérvérsejtek fagocitáló aktivitása a Camelina olajat tartalmazó táppal kezelt csoportban a kísérlet kezdetén szignifikáns mértékben alacsonyabb volt a kontroll csoporthoz képest, viszont ugyanebben a csoportban szignifikáns növekedést tapasztaltunk az első és a harmadik héten. A lenolajos táppal kezelt csoportban a fagocitáló aktivitás az elsőtől a harmadik hétig szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll csoportban (IV. táblázat).

A vérplazma lizozimaktivitása a két kísérleti táppal kezelt csoportban a második héten szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll csoportban, egyéb változást nem tapasztaltunk (V. táblázat).

## III. táblázat: A fehérvérsejtek respirációs aktivitásának változása a kísérlet során (fényelnyelés 620 nm-en)

	Kontroll táp	Lenolajos táp	Camelina olajos táp
A kísérlet kezdetén	0,165 ± 0,0098	0,154 ± 0,0049	0,160 ± 0,0109
1. hét	0,156 ± 0,0113	0,206 ± 0,0148	0,156 ± 0,0113
2. hét	0,223 ± 0,0539	0,182 ± 0,0059	0,223 ± 0,0539
3. hét	0,382 ± 0,0803	0,243 ± 0,0201	0,382 ± 0,0803
4. hét	0,270 ± 0,0411	0,271 ± 0,0614	0,270 ± 0,0411

**IV. táblázat:** A fehérvérsejtek fagocitáló aktivitásának változása a kísérlet során (fényelnyelés 550 nm-en)

	Kontroll táp	Lenolajos táp	Camelina olajos táp
A kísérlet kezdetén	0,295 ± 0,0126	0,226 ± 0,0416	0,183 ± 0,0155 ^
1. hét	0,295 ± 0,0511	1,033 ± 0,0690 *	0,805 ± 0,0608 *
2. hét	0,343 ± 0,0606	0,508 ± 0,0316 *	0,317 ± 0,0332
3. hét	0,327 ± 0,0540	0,602 ± 0,0367 *	0,517 ± 0,0294 *
4. hét	0,677 ± 0,0595	0,453 ± 0,0297	0,591 ± 0,0953

\*: szignifikáns növekedés a kontrollhoz képest (P<0,05)

^: szignifikáns csökkenés a kontrollhoz képest (P<0,05)

**V. táblázat:** A vérplazma lizozimaktivitásának változása a kísérlet során (µg/ml lizozim)

	Kontroll táp	Lenolajos táp	Camelina olajos táp
A kísérlet kezdetén	2,906 ± 0,825	1,701 ± 0,289	2,669 ± 0,566
1. hét	6,080 ± 1,236	1,995 ± 0,442	3,290 ± 2,290
2. hét	2,231 ± 0,365	7,195 ± 1,430 *	5,942 ± 1,382 *
3. hét	4,129 ± 0,817	4,139 ± 0,981	4,139 ± 0,981
4. hét	2,031 ± 0,706	1,401 ± 0,476	1,401 ± 0,476

\*: szignifikáns növekedés a kontrollhoz képest (P<0,05)

### 3.3. Mortalitás *A. hydrophila* fertőzést követően

A fertőzés után a legnagyobb mortalitást a lenolajos táppal etetett csoport mutatta, ahol a fertőzött halak 70%-a elpusztult. A legkisebb mortalitást, 26,7%-ot a Camelina olajos táppal etetett halaknál figyeltük meg. A kontroll csoport mortalitása 46,7% volt (VI. táblázat).

**VI. táblázat:** Elhullás *Aeromonas hydrophila* fertőzést követően (az elhullott halak aránya az összes fertőzött halhoz képest)

	Mortalitás egy hét után (1)
Kontroll táp (2)	46,7%
Lenolajos táp (3)	70,0%
Camelina olajos táp (4)	26,7%

### Következtetések

A Camelina olajjal kiegészített táppal etetett halak növekedési mutatói (takarmányhasznosítási együttható, specifikus növekedési együttható) közel kétszer olyan jók voltak, mint a másik két táppal etetett halakéi. Ez a táp azonban halolajat is tartalmazott, a Camelina olajat takarmány-kiegészítőként használtuk.

A csak lenolajat tartalmazó táppal etetett halak növekedési mutatói nem tértek el jelentős mértékben a kontroll csoport értékeitől.

A vizsgált immunológiai paraméterek közül a fehérvérsejtek fagocitáló aktivitása mutatott hosszabb távú szignifikáns növekedést mindkét kísérleti táppal etetett csoportnál. A csak lenolajat tartalmazó táp ugyanúgy pozitív hatással volt erre a mutatóra, mint a Camelina olajjal kiegészített táp.

Az *A. hydrophila* fertőzést követő elhullás a Camelina olajat tartalmazó táppal etetett csoportban volt a legkisebb. A lenolajos táppal kezelt csoportban viszont jóval magasabb volt, mint a kontroll csoportban. A kísérleti eredmények alapján a halolaj fontos része a haltápnak. A vizsgált növényi olajok nem tudják teljesen helyettesíteni, viszont a halolajat is tartalmazó tápok kiegészíthetők velük.

### Irodalom

- Calder, P. C. 2007.** Immunomodulation by  $\omega$ -3 fatty acids. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids 77, 327-335.
- Csengeri, I., Rónyai, A., Gy. Papp, Zs., Bíróné Oncsik, M., Jakabné Sándor, Zs., Fazekas, J., Pekár, F., Gál, D., Kosáros, T, Potra, F., Iványi, I. – Manninger, S., Abdulkadir, B., Jeney, Zs., Bakos, J., Nagy, Z. T., Puskás, L., Kitajka, K., Vörös, G., Farkas, D., Szító, A., Jeney, G., Ardó, L., Lengyel, P., Békefi, E., Sadasivam, J. K., Lie, O. 2007.** Fenntartható haltápok a tenyésztett halak húsa egészségügyi előnyeinek maximalizálásához: az AQUAMAX projektbemutatása és előzetes eredményei. XXX. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2007. május 16-17.
- Delgado, C., Rosegrant, M., Meijer, S., Wada, N., Mahfuzuddin, A. 2002a.** Fish as food: projections to 2020. IIFET 2002 The Biennial Meeting of International Institute for Fisheries Economics and Trade (IIFET) held on 19-23 August 2002, Wellington, New Zealand.
- Delgado, C., Rosegrant, M., Wada, N., Meijer, S., Mahfuzuddin, A. 2002b.** Fish as food: projections to 2020 under different scenarios. MSSD Discussion Paper No. 52.
- Dunstan, J. A., Simmer, K., Dixon, G., Prescott, S. L. 2008.** Cognitive assesment of children at age 2½ years after maternal fish oil supplementation in pregnancy: a randomised controlled trial. Arch. Dis. Child Fetal Neonatal Ed. 93, 45-50.
- Failler, P., Lecrivain, S. 2003.** Future fish consumption in the European Union in 2030. XV EAFE Conference, Iremer, Brest, France.
- Failler, P. 2005.** Future fish consumption in the European Union in 2015 and 2030. Workshop on “Sustainable Aquaculture”, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), Seville (Spain), 17th -18th January 2005.
- Johnson, E. J., Schaefer, E. J. 2006.** Potential role of dietary n-3 fatty acids in the prevebtion of dementia and macular degeneration. Am. J. Clin. Nutr. 83 (suppl.), 1494-1498



- Lauritzen, L., Hansen, H. S., Jørgensen, M. H., Michaelsen, K. F. 2001.** The essentiality of long chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. *Progress in Lipid Research* 40, 1-94.
- Lee, D. J., Roe, J. N., Yu, T. C., Sinnhuber, R. O. 1967.** Effect of  $\omega$ 3 fatty acids on the growth rate of rainbow trout, *Salmo gairdneri* J. J. Nutr. 92, 93-98.
- Sankaran, K., Gurnani, S. 1972.** On the variation in the catalytic activity of lysozyme in fishes. *Ind. J. Biochem. Biophys.* 9, 62-165.
- Secombes, C. J. 1990.** Isolation of salmonid macrophages and analysis of their killing activity. In: Stolen, J. S., Anderson, D. P., Robertson, B. S., van Muiswinkel, W. B. (eds.): *Techniques in Fish Immunology*. SOS Publications, Fair Haven, 137-154.
- Seeley, K. R., Gillespie, P. D., Weeks, B. A. 1990.** A simple technique for the rapid spectrophotometric determination of phagocytosis by fish macrophages. *Marine Env. Res.* 30, 123-128.
- Serhan, C. N., Gotlinger, K., Hong, S., Arita, M. 2004.** Resolvins, docosatrienes and neuroprotectins, novel  $\omega$ -3 derived mediators, and their aspirin-triggered endogenous epimers: an overview of their protective roles in catabasis. *Prostaglandins & other Lipid Mediators* 73, 155-172.
- Serhan, C. N. 2005.** Novel  $\omega$ -3 derived local mediators in anti-inflammation and resolution. *Pharmacology & Therapeutics* 105, 7-21.
- Simopoulos, A. P. 2000.** Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. Symposium: The role of poultry products in enriching the human diet with N-3 PUFA; *Poultry Sci.* 79(7), 961-970.
- Sinclair, A. J., Attar-Bashi, N. M., Li, D. 2002.** What is the role of  $\alpha$ -linoleic acid in mammals? *Lipids* 37(12), 1113-1123.
- Steffens, W. 1997.** Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish or humans. *Aquaculture* 151, 97-119.
- Teres, S., Barcelo-Coblijn, G., Benet, M., Alvarez, L., Bressani, R., Halver, J. E., Escriba, P. V. 2008.** Oleic acid content is responsible for the reduction in blood pressure induced by olive oil. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 105(37), 13811-13816.
- Watanabe, T., Ogino, C., Koshiishi, Y., Matsunaga, T. 1974.** Requirement of rainbow trout for essential fatty acids. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish* 40, 493-499.

**Effect of fish feed with various essential fatty acid contents on the growth performance and innate immune response of common carp (*Cyprinus carpio*)**

**László Ardó, István Csengeri, András Rónyai, Zsigmond Jeney,  
Galina Jeney**

*Research Institute for Fisheries, Aquaculture and Irrigation, Anna liget 8., H-5540, Szarvas, Hungary*

**Abstract**

Fish meal and fish oil are very important components of fish feeds used by aquaculture. They contain poly-unsaturated fatty acids, which are essential nutrients both for fish and human nutrition. However, sources of fish meal and fish oil are limited, there is a need for new feed components to supply the increasing fish production and the increasing demand for fish feed. The aim of AQUAMAX project, supported by the European Union is to replace the fish meal and fish oil with vegetable oils. As a participant of this project, group of immunology in Research Institute for Fisheries, Aquaculture and Irrigation (HAKI) examined the effect of three different fish feeds on the growth performance, innate immune response and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection of common carp in an in vivo experiment. Fish feed supplemented with Camelina oil, but still containing fish oil significantly increased growth performance of experimental fish and their resistance against the infection. Fish feed containing linseed oil only did not enhance the growth performance, and it had a negative effect on resistance against infection. Based on the experimental results it can be concluded that fish oil used in fish feeds cannot be replaced effectively with vegetable oils, but can be supplemented with them.

**Keywords:** fish meal, fish oil, vegetable oil, carp, innate immune response, growth