

## نقش تغذیه در افزایش کارایی سیستم ایمنی ماهیان

علیرضا قائدی\*<sup>۱</sup>، همایون حسین زاده صحافی<sup>۱</sup>، داوود ضرغام<sup>۲</sup>

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

۲- انجمن علمی ماهیان زینتی ایران

۳- دانشجوی دکتری شیلات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

\*Aliangler@gmail.com

تاریخ پذیرش: آذر ۹۳

تاریخ دریافت: خرداد ۹۳

### چکیده

دانستن نقش تغذیه در تنظیم و تحریک سیستم ایمنی در جلوگیری و کنترل بیماری‌های آبزیان و به‌ویژه آبزیان زینتی که مطالعه زیادی در زمینه بیماری‌های ویروسی و باکتریایی در آنها صورت نگرفته از اهمیت زیادی برخوردار است. این موضوع به خوبی ثابت شده است که تغذیه نقش مهمی در حفظ سلامت ماهیان زینتی دارد. در سال‌های اخیر توجه زیادی به استراتژی‌های غذایی‌ای شده است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر سیستم ایمنی و میزان مقاومت ماهی در برابر بیماری تاثیرگذارند. تحقیقات نشان داده است برخی ترکیبات سیستم ایمنی در زمان کمبود مواد مغذی با مشکل عدم کارایی مواجه‌اند و استفاده از مواد مغذی ضروری به میزان نیاز سیستم ایمنی، سبب افزایش شدید کارایی این خط دفاعی در ماهی شده است. مسلماً نیاز سیستم ایمنی به مواد مغذی، بالاتر از نیاز ماهی به این مواد برای رشد می‌باشد. برخی از این مواد کلیدی شامل آمینو اسیدهای آرژنین و گلوتامین، ویتامین‌های C و E هستند که سبب تحریک سیستم ایمنی ماهی می‌شوند. این کار از طریق افزایش نرخ فاگوسیتوزیس و افزایش قابلیت کشتن عوامل مهاجم، افزایش آنتی‌بادی و خاطره ایمنی صورت می‌گیرد. علاوه بر مواد مغذی، کاربرد برخی ترکیبات غیر مغذی و افزودنی مانند بتاگلوکان، ترکیب الیگوساکاریدها مانند Mannanooligosaccharides، Fructooligosaccharides، Sulfated polysaccharides، عصاره مخمر مانند Bio-Mos و Nupro و عصاره جلبک‌های دریایی در تحریک و افزایش کارایی سیستم ایمنی ماهی تایید شده است. این ترکیبات با داشتن عملکردی شبیه الگوهای مولکولی وابسته به پاتوژن‌ها (PAMP) سیستم دفاعی ذاتی در ماهی را تحریک و سبب افزایش قابلیت آن در زمینه شناسایی و تشخیص زودهنگام عوامل بیماری‌زا شده و در نهایت با فعال کردن سیستم ایمنی نسبت به حذف آنها اقدام می‌شود. در این مقاله دامنه وسیعی از ترکیبات جیره که بر سیستم ایمنی ماهی و سلامت آن تاثیرگذارند و همچنین چگونگی عملکرد آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**کلمات کلیدی:** خاطره ایمنی، سیستم ایمنی، تغذیه، آبزیان، Immunonutrition.

## مقدمه

پرورش ماهی منبع اصلی تامین پروتئین برای مصرف انسان می‌باشد و این صنعت در قیاس با سایر صنایع دامی از رشد چندین برابری برخوردار است. اگرچه بیماری‌ها رخدادی طبیعی در انواع موجودات می‌باشد اما پرورش متراکم و فوق متراکم ماهیان سبب شیوع انواع بیماری‌های غیرمنتظره شده است که در نهایت منجر به محدودسازی میزان تولید و افزایش ضرر و زیان اقتصادی می‌گردد. مطالعه مکانیزم‌های دفاعی حیوان و آگاهی از نحوه عملکرد مواد مغذی در بهینه‌سازی کارایی سیستم ایمنی در جلوگیری، درمان و کنترل بیماری‌های آبزیان بسیار موثر است. این موضوع از سوی دیگر باعث کاهش مصرف انواع آنتی‌بیوتیک‌ها در آبزیان گردیده که در نتیجه از اثرات جانبی این ترکیبات بر بدن انسان و محیط زیست به شدت می‌کاهد.

علم تغذیه برای سالیان متمادی بر روی میزان نیاز انواع آبزیان به مواد مغذی متمرکز بوده است اما امروزه نقش تغذیه در مدیریت بیماری‌های ماهیان پرورشی از طریق افزایش قدرت سیستم ایمنی ذاتی ماهی انکارناپذیر است. این نقش مهم سبب ایجاد شاخه‌ای از علم تغذیه به نام Immunonutrition شده است که تمرکز آن بر روی کنترل بیماری‌ها با استفاده از سیستم ایمنی ماهی و از طریق مواد مغذی موثر در این امر می‌باشد. میزان نیاز ماهی به این مواد مسلماً از میزان نیاز جهت رشد بهینه بسیار بالاتر است و دوز درمانی و پیشگیری مواد مغذی ضروری باید مورد بررسی قرار بگیرد. در این مقاله سعی شده است با مروری بر منابع علمی مختلف تصویر واضحی از رابطه تغذیه و سلامت در ماهی به زبان ساده ارائه شود.

## سیستم ایمنی در ماهیان

سیستم ایمنی ماهیان شبیه به سایر مهره‌داران است با این تفاوت که چندان توسعه یافته نیست. این سیستم شامل یک مکانیزم دفاعی پیچیده است که از ترکیبات وسیعی در راستای اهداف خود استفاده می‌کند. سیستم ایمنی ماهی از دو بخش ذاتی (Innate) و اکتسابی (Adaptive) تشکیل شده و در زمان پاسخ ایمنی به صورت هماهنگ و متحد مسئولیت حفاظت از ماهی را در برابر عامل مهاجم بر عهده دارند.

پاسخ ایمنی فرآیندی است که شامل سیستم دفاع سلولی و هومورال می‌باشد و در این فرآیند ترکیباتی مانند سلول‌های Dendritic، Neutrophils، Macrophage، Lymphocyte، Cytokine، Immunoglobuline، و سیستم کمپلمان فعالیت می‌کنند.

سیستم ایمنی ماهی بیشتر بر ایمنی ذاتی متکی است و لذا ماکروفاژها مهم‌ترین سلول ایمنی در ماهیان محسوب می‌شوند. ماکروفاژها علاوه بر تولید سیتوکین‌ها مسئول فاگوسیتوزیس و تخریب دیواره سلول‌های مهاجم می‌باشد. اخیراً سلول‌های Dendritic که در مهره‌داران عالی وجود دارد، در برخی ماهیان مشاهده شده است. به واسطه دامنه وسیعی از ماهیان پرورشی، ترکیبات ایمنی مختلفی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به‌عنوان مثال در برخی ماهیان Immunoglobuline (IgD)، IgM و Ig T/Z توأم و در برخی فقط نوع M و D وجود دارد. اگرچه این تفاوت‌ها در نتایج انواع واکسیناسیون موثر است اما در کل پاسخ ایمنی در اکثر گونه‌های ماهی مشابه می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱: ترکیبات موثر در سیستم ایمنی ماهیان

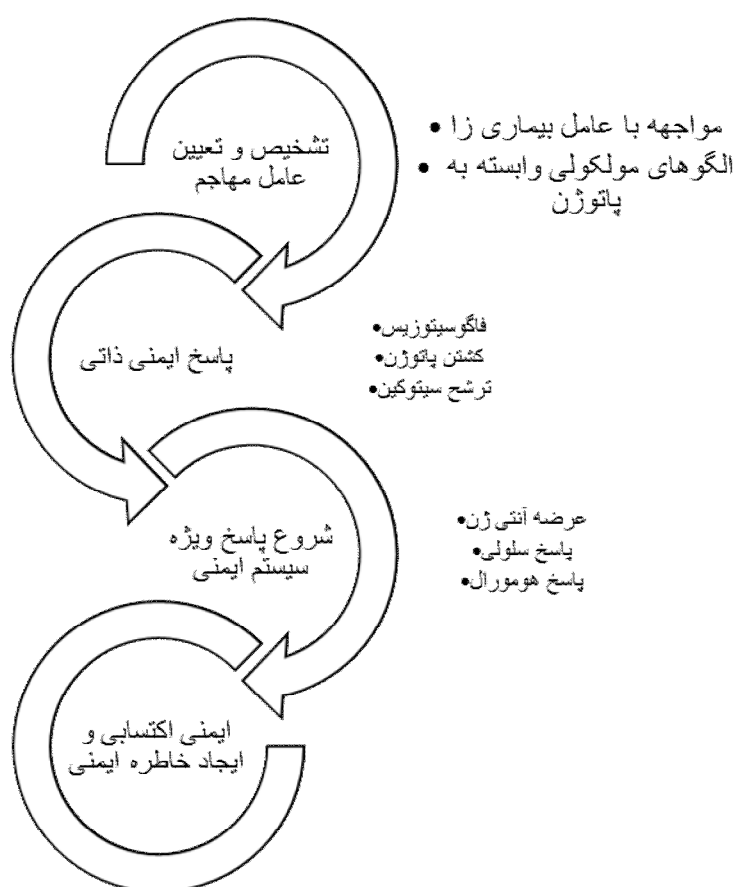
سیستم ایمنی	ترکیبات سلولی	ترکیبات هومورال
ایمنی ذاتی	حفاظت فیزیکی (موکوس)	سیستم کمپلمان
	ماکروفاژها	لایزوزوم
	نوتروفیل‌ها	پپتاید‌های آنتی‌میکروبیال
ایمنی اکتسابی	سلول‌های دندریتیک	آنتی‌پروتئازها
	لمفوسیت‌های B	ایمونوگلوبولین‌های طبیعی
	لمفوسیت‌های T	IgM
		IgD Ig Z/T

## متابولیسم و سیستم ایمنی

همواره رابطه ثابتی بین عامل بیماری‌زا در جهت حمله و میزبان در جهت دفع این حمله وجود دارد. عدم وجود تعادل بین میزبان، عامل بیماری‌زا و محیط شرایط لازم را برای تهاجم عامل بیماری‌زا

فراهم می‌کند و در نهایت سبب برانگیختن پاسخ ایمنی می‌شود. این مرحله شامل سه بخش است:

- ۱- تشخیص و شناسایی عامل بیماری‌زا
- ۲- بیگانه‌خواری و کشتن عامل بیماری‌زا و ترشح آنتی‌ژن
- ۳- ایجاد خاطره ایمنی



شکل ۱: مراحل مختلف پاسخ ایمنی در ماهیان

شد و از سوی دیگر سبب ضعف شدید بدنی به دلیل مصرف کامل این مواد توسط سیستم ایمنی مقاومت ماهی نیز از دست خواهد رفت.

به‌عنوان مثال در زمان مواجهه با بیماری، میزان مصرف آمینو اسید گلوتامین به قدری شدید است که سطح پلاسمایی آن در خون ماهی سقوط می‌کند. پروفایل و نوع آمینواسید مصرفی نیز وابسته به پاسخ لمفوسیتیک و فاگوسیتیک می‌باشد اما در کل دو اسید آمینه آرژینین و گلوتامین نقش مهمی در میزان کارایی این دو سلول دارند. همچنین با فعال شدن ماکروفاژها انرژی که به مصرف

پاسخ ایمنی اولیه در برابر عامل بیماری‌زا به شدت سبب افزایش متابولیسم و سوخت و ساز شده و این مرحله در میزان مقاومت ماهی در برابر بیماری نقش حیاتی دارد زیرا ترکیبات سیستم ایمنی ذاتی و بخصوص فاگوسیت‌ها جهت شناسایی و ایجاد یک پاسخ عمومی نیازمند انرژی متابولیکی فراوانی هستند. فرآیند فوق یعنی اختلال در سیستم هموستازی و ایجاد حالت دفاعی انرژی زیادی از حیوان را به خود اختصاص داده و اولویت نیازهای متابولیکی ماهی به سمت مواد مغذی مورد نیاز سیستم ایمنی شیف‌ت می‌کند و در صورت کمبود این مواد، از یک سو کار سیستم ایمنی مختل خواهد

ادامه به مواد مغذی و افزودنی‌های غیر مغذی مورد نیاز ماهی در مراحل مختلف پاسخ ایمنی می‌پردازیم.

## ۱- رابطه بین تغذیه و تشخیص و شناسایی عامل بیماری‌زا

سیستم ایمنی دامنه وسیعی از عوامل بیماری‌زا را از طریق سیگنال‌های هشدار شناسایی می‌کند. این شناسایی از طریق رسپتورهای شناسایی هومورال یا سلولار صورت می‌گیرد. مواجهه با الگوهای مولکولی وابسته به پاتوژن‌ها (PAMP) سبب ترشح سایتوکین‌ها با هدف فعال‌سازی یک سیستم پاسخ ایمنی عمومی می‌گردد که این امر شامل احضار فاگوسیت‌ها و لمفوسیت‌ها از طریق فعالیت کموتاکسیک و فعال‌سازی یا ترشح مکانیزم‌های آنتی‌میکروبی هومورال و سلولار می‌باشد. این مکانیزم به‌طور اختصاری شامل سیستم کمپلمان، فعالیت لایزوزوم و پپتاید‌های آنتی‌میکروبی است.

می‌رسد معادل انرژی مصرفی سلول‌های کاردیاتیک قلب در زمان حداکثر ظرفیت کارکرد می‌باشد. در طی فرآیند فعال‌سازی سیستم دفاعی همه ذخایر مواد مغذی در راستای حمایت و ادامه کار این سیستم احضار و به مصرف می‌رسند. لذا در دسترس بودن این مواد مغذی به میزان زیاد در جهت حمایت از کارکرد اندام‌ها و تامین نیاز انرژی و پروتئینی سلول‌های بدن از یک سو و سلول‌های سیستم ایمنی از سوی دیگر بسیار لازم و ضروری است. بدین ترتیب می‌توان نقش جیره‌های ویژه حاوی سطوح بالای آمینو اسید و انرژی را در زمان بروز بیماری درک نمود.

## رابطه بین سیستم ایمنی و تغذیه ماهی

تغذیه یک فاکتور پیچیده است که سیستم ایمنی را از زوایای مختلف متاثر می‌کند. مواد مغذی باید تامین‌کننده حداقل نیازهای سیستم ایمنی ماهی بوده تا این سیستم بتواند وظایف خود را به نحو مطلوب انجام دهد. میزان نیاز سیستم ایمنی به مواد مغذی خاص خیلی بیشتر از نیازهای ماهی جهت رشد و بقا می‌باشد. در

جدول ۲: مواد مغذی/افزودنی جهت افزایش کارایی سیستم ایمنی در شناسایی و تشخیص عامل مهاجم

ردیف	ماده مغذی/افزودنی	اثر	رفرنس
۱	Alginate acid	افزایش قابلیت مهاجرت لوکوسایت‌ها، افزایش عملکرد IL-8, TNF- $\alpha$	(Gioacchini <i>et al.</i> , 2008)
۲	بتا-گلوکان	افزایش قابلیت مهاجرت لوکوسایت، افزایش عملکرد IL-8, IL-6, TNF- $\alpha$	(Lokesh <i>et al.</i> , 2012)
۳	فروکتوالیگوساکارید	افزایش تعداد لوکوسیت‌ها و آنتی‌بادی‌های طبیعی	(Zhang <i>et al.</i> , 2013)
۴	لیپوپولیساکاریدها	افزایش عملکرد IL-1, 8, TNF, TLR5, TLR9	(Fierro-Castro <i>et al.</i> , 2013)
۵	مانان الیگوساکاریدها	افزایش درصد لمفوسیت‌ها، تعداد لوکوسیت‌ها، افزایش تیتراژ آنتی‌بادی، افزایش عملکرد IL-1, 8	(Lokesh <i>et al.</i> , 2012)
۶	عصاره جلبک‌های دریایی	افزایش قابلیت مهاجرت لوکوسایت، افزایش عملکرد IL-1, IL-8	(Reyes-Becerril <i>et al.</i> , 2013)
۷	نوکلئوتیدها	افزایش قابلیت مهاجرت لوکوسیت‌ها، افزایش عملکرد IL-1 در کلیه‌ها، افزایش آنتی‌بادی پلاسما، تنظیم TNF	(Tahmasebi-Kohyani <i>et al.</i> , 2011)
۸	پپتیدوگلیکان‌ها	افزایش قابلیت مهاجرت لوکوسیت‌ها، افزایش تعداد لوکوسیت‌ها، افزایش تعداد کل نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها، افزایش آنتی‌بادی طبیعی در بدن	(Galindo-Villegas <i>et al.</i> , 2006)
۹	عصاره مخمر	افزایش قابلیت مهاجرت لوکوسیت‌ها، افزایش عملکرد IL-1 و TNF	(Talpur <i>et al.</i> , 2014)
۱۰	عصاره پاتوژن	افزایش قابلیت مهاجرت لوکوسیت‌ها، افزایش عملکرد IL-1 و TNF	(Leiro <i>et al.</i> , 2006)

ویتامین E می‌تواند نقش مهمی در فرآیند فوق داشته باشد. نکته مهمی که باید به آن اشاره کرد این است که اگرچه فعالیت فاگوسیتیک از طریق مواد مغذی یا افزودنی‌ها تقویت می‌گردد اما این به معنای افزایش قابلیت و توانایی کشتن و حذف عوامل بیماری‌زا نیست و باید هر سه مرحله سیستم دفاعی بدن به اتمام برسد. لذا در راستای رساندن قابلیت سیستم ایمنی به حداکثر توانایی باید مواد مغذی ویژه هر مرحله به خوبی بررسی و در سطوح مناسب با سایر اجزاء خوراک ترکیب و یا به خوراکی‌های تولیدی به‌عنوان افزودنی، اضافه گردد.

## مواد مغذی مسئول توسعه سیستم و افزایش خاطره ایمنی

قابلیت توسعه خاطره ایمنی از اصول مهم یک سیستم ایمنی محسوب می‌شود. تخریب و انهدام یک عامل مهاجم باید باعث ایجاد یک پاسخ بلند مدت لمفوسیتی گردد. به‌دلیل اینکه در اولین تماس با عامل مهاجم سلول‌های تاثیرگذار با طول عمر کوتاه مورد استفاده قرار می‌گیرند لذا توسعه جمعیت لمفوسیت‌های T و افزایش طول عمر سلول‌های موثر در سیستم ایمنی از کلیدهای موفقیت این فرآیند می‌باشد. افزایش قابلیت ایجاد خاطره ایمنی در ارتباط تنگاتنگ با لوفوسیت‌ها و تحریک مولکول‌های سیتوکین در سطح غشا می‌باشد. اگرچه سنتز ایمونوگلوبولین‌های ویژه از ترکیبات مهم ایمنی تطابقی (Adaptive) می‌باشد اما در ماهی سطح حفاظت در صورت وجود میزان بالای تیترا این آنتی‌بادی‌ها به حداکثر خود خواهد رسید و در غیر این‌صورت قدرات بازدارندگی سیستم ایمنی ماهی در حداقل خود باقی خواهد ماند (جدول ۴).

این مرحله از سیستم دفاع ماهیان نیازمند تکثیر و ازدیاد لمفوسیت‌هاست. بافت لیمفوئید از توانایی کمی در سنتز ترکیبات مورد نیاز خود مانند آمینواسیدها، نوکلئوتیدها و دیگر مشتقات آن برخوردار است و تامین این مواد باید از طریق جیره ماهی صورت بگیرد. میزان نیاز سیستم ایمنی بسیار بالاتر از نیاز سایر بخش‌های بدن ماهی برای رشد می‌باشد. تهیه مواد مغذی فوق از طریق جیره سبب بیان ژن RAG-1 (Recombinant Active Gene) می‌گردد که در بلوغ لمفوسیت‌ها و افزایش سنتز ایمونوگلوبولین و لوفوسیت‌های B می‌گردد. این ترکیبات که از اجزا مهم سیستم ایمنی ماهی محسوب می‌شوند نقش مهمی در ترشح آنتی‌بادی و افزایش سیستم ایمنی اکتسابی در ماهیان دارند.

افزودنی‌های خوراک که غالباً غیر قابل هضم هستند مانند ترکیبات و عصاره مخمر و جلبک می‌توانند سبب ایجاد سیگنال‌های هشدار می‌شوند که در بالا به آنها اشاره شد. این مواد به‌عنوان مولکول‌های شبه PAMP عمل کرده و سبب فعال شدن پاسخ ایمنی عمومی در بدن می‌شوند. Mananoligosacharides، بتاگلوکان، پلی-ساکاریدهای سولفاته و یا نوکلئوتیدها از افزودنی‌های رایج در خوراک آبزیان هستند که سبب افزایش ترشح سیتوکین‌ها، اینترلوکین‌ها (IL) و عامل نکروز توموری (TNF) می‌گردند. سیتوکین‌ها تنظیم‌کننده عمده عملکرد سلولی می‌باشند. این پروتئین‌ها در تنظیم فعالیت سلول‌های موثر ایمنی نقش دارند و به‌عنوان پیام‌رسان دستگاه ایمنی عمل می‌کنند. عامل نکروز توموری سیتوکینی دارای اثرات متعددی است که توسط سلول‌های خاصی از جمله ماکروفاژها در پاسخ به التهاب، عفونت و استرس‌های زیست محیطی تولید می‌شوند (جدول ۲).

## رابطه بین تغذیه و میزان قدرت کشندگی سیستم ایمنی و عرضه آنتی‌ژن

فرآیند فاگوسیتوز شامل احاطه نمودن عامل بیماری‌زا با هدف تخریب و بعد از آن در شرایط مناسب ایجاد آنتی‌ژن توسط لمفوسیت‌ها بر علیه عامل بیماری‌زا می‌باشد. این فرآیند بلافاصله بعد از تشخیص و شناسایی عامل بیماری‌زا توسط ماکروفاژها و نوتروفیل‌ها و شاید سلول‌های دندریتیک صورت می‌پذیرد. فاگوسیت‌ها از طرق مختلف مانند ترشح آنزیم‌های Lytic، هیدروژن پرواکساید و آنیون‌های پراکساید اقدام به کشتن عامل مهاجم می‌کنند. در این فرآیند مواد مغذی مختلفی نقش کلیدی و اساسی دارند. اسید آمینه گلوتامین انرژی و سوخت لازم را برای واکنش‌های کینتیک فراهم می‌کند. آرژنین تنها پیش‌ساز نیتریک اکساید در ماکروفاژهای فعال شده می‌باشد و به‌عنوان یکی از اجزاء ترکیبات میکروب کش و همچنین به‌عنوان بهبوددهنده کارایی سیستم ایمنی مطرح است.

مواد مغذی بهبود دهنده سیالیت غشاء پلاسمایی که در نهایت سبب افزایش سنتز و ترشح ترکیبات آنتی میکروبی از طریق تنظیم مسیر پروتئین کینه آز C می‌گردد. این مواد مغذی سبب افزایش سنتز مولکول‌های مزتبط با تولید آنتی‌ژن مانند Phospholipase A<sub>2</sub> (PA<sub>2</sub>), Prostaglandine (PE<sub>2</sub>) و Myeloid differentiation factor (Myd) می‌گردند (جدول ۳). افزودن میزان اسیدهای چرب به شدت غیر اشباع (PUFA) سری n-3 و n-6 یا ترکیبات آنتی‌اکسیدانت مانند ویتامین C و

جدول ۳: مواد مغذی/افزودنی جهت افزایش فاگوسیتوزیس و عرضه آنتی ژن

ردیف	ماده مغذی / افزودنی	اثر	رفرنس
۱	آرآشیدونیک اسید	افزایش فعالین فاگوسیتیک و تولید PGE <sub>2</sub> و PLA <sub>2</sub>	(Li <i>et al.</i> , 2012)
۲	آرژینین	افزایش فعالیت فاگوسیتیک، شاخص فاگوسیتیک، افزایش اثرات آنتی باکتریالی و تنظیم تولید Nitric oxide توسط ماکروفاژها، افزایش تولید superoxide anion توسط ماکروفاژها	(Cheng <i>et al.</i> , 2012)
۳	استازانتین	افزایش شاخص فاگوسیتوزیس، افزایش تولید superoxide anion توسط ماکروفاژها	(Galindo-Villegas <i>et al.</i> , 2006)
۴	گلوتامین	افزایش شاخص فاگوسیتوزیس، افزایش تولید superoxide anion توسط ماکروفاژها	(Cheng <i>et al.</i> , 2012)
۵	لینولئیک اسید	افزایش فعالیت ماکروفاژها، افزایش تولید superoxide anion توسط ماکروفاژها	(Zuo <i>et al.</i> , 2013)
۶	n-3 HUFA	افزایش تولید superoxide anion توسط ماکروفاژها، افزایش فعالیت سیستم کمپلمان	(Wang <i>et al.</i> , 2006)
۷	پلی آمین ها	افزایش فعالیت فاگوسیتیک	(Reyes-Becerra <i>et al.</i> , 2011)
۸	ویتامین ث	افزایش قابلیت بیگانه خواری لکوسیت ها، افزایش میزان شاخص فاگوسیتیک، افزایش تولید superoxide anion توسط ماکروفاژها، افزایش فعالیت سیستم کمپلمان	(Ortuño <i>et al.</i> , 2001)
۹	ویتامین E	افزایش تولید superoxide anion توسط ماکروفاژها، افزایش فعالیت آنتی باکتریالی، افزایش شاخص فاگوسیتوزیس و سیستم کمپلمان	(Zuo <i>et al.</i> , 2012)

جدول ۴: مواد مغذی/افزودنی جهت افزایش کارایی خاطره ایمنی

ردیف	ماده مغذی / افزودنی	اثر	رفرنس
۱	آرژینین	تکثیر و ازدیاد لمفوسیت های T و B ، افزایش تیتر آنتی بادی	(Pohlenz <i>et al.</i> , 2012)
۲	بتا- کاروتن	افزایش غیر اختصاصی لمفوسیت های T	(Tachibana <i>et al.</i> , 1997)
۳	گلوتامین	ازدیاد و تکثیر لمفوسیت های T و b غیر اختصاصی، افزایش تیتر آنتی بادی پلاسما	(Pohlenz <i>et al.</i> , 2012)
۴	n-3 HUFA	افزایش تیتر آنتی بادی	(Kiron <i>et al.</i> , 1995)
۵	نوکلئوتید	افزایش IgM، تیتر آنتی بادی پلاسما،	(Welker <i>et al.</i> , 2011)
۶	پلی آمین ها	افزایش IgM	(Reyes-Becerra <i>et al.</i> , 2013)
۷	ویتامین ث	تکثیر و ازدیاد لمفوسیت های T، افزایش تیتر آنتی بادی	(Zhang <i>et al.</i> , 2013)
۸	ویتامین E	افزایش تیتر آنتی بادی	(Wang <i>et al.</i> , 2006)

## نتیجه گیری

ساخت خوراک آبزیان در مزارع و یا در کارخانجات تولید خوراک ماهی مورد استفاده قرار گیرد. ادامه استمرار قوی عملکرد سیستم ایمنی متکی به استفاده از این اجزاء خوراک در تمام مراحل می باشد

در این مقاله چگونگی اثر تغذیه بر سلامت ماهی از طریق افزایش کارایی سیستم ایمنی مورد بررسی قرار گرفت و ترکیبات غذایی موثر در این روند نام برده شد. این اطلاعات ممکن است جهت

mechanisms in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 111, 361-367.

**Leiro, J., Paramá, A., Arranz, J. A., Álvarez, M. F. and Sanmartín, M. L., 2006.** Modulation by extracts of the scuticociliate *Philasterides dicentrarchi* of turbot leucocyte functions and inflammatory cytokine gene expression. Rev. Iber. Parasitol., 66, 55-67.

**Li, Q., Ai, Q., Mai, K., Xu, W. and Zheng, Y. 2012.** In vitro effects of arachidonic acid on immune functions of head kidney macrophages isolated from large yellow croaker (*Larimichthys crocea*). Aquaculture, 330-333, 47-53.

**Lokesh, J., Fernandes, J. M. O., Korsnes, K., Bergh, Ø., Brinchmann, M. F. and Kiron, V. 2012.** Transcriptional regulation of cytokines in the intestine of Atlantic cod fed yeast derived mannan oligosaccharide or  $\beta$ -Glucan and challenged with *Vibrio anguillarum*. Fish & Shellfish Immunology, 33, 626-631.

**Ortuño, J., Cuesta, A., Esteban, M. A. and Meseguer, J., 2001.** Effect of oral administration of high vitamin C and E dosages on the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune system. Veterinary Immunology and Immunopathology, 79, 167-180.

**Pohlenz, C., Buentello, A., Criscitiello, M. F., Mwangi, W., Smith, R. and III, D. M. G., 2012.** Synergies between vaccination and dietary arginine and glutamine supplementation improve the immune response of channel catfish against *Edwardsiella ictaluri*. Fish & Shellfish Immunology, 33, 543-551.

**Reyes Becerri, M., Ascencio Valle, F., Tovar Ramírez, D., Meseguer, J. and Esteban, M. Á., 2011.** Effects of polyamines on cellular innate immune response and the expression of immune-

و استفاده مقطعی نمی‌تواند تضمین کننده افزایش کارایی سیستم ایمنی در ماهی گردد.

تنظیم و افزایش کارایی سیستم ایمنی در ماهیان از طریق دستکاری جیره‌های غذایی ابزاری قدرتمند و موثر جهت حفظ سلامت ماهی و کاهش تلفات می‌باشد. به دلیل تنوع گونه‌های پرورشی، شرایط محیطی و عوامل بیماری‌زا، این شاخه از علم تغذیه یا Immunonutrition به طور کامل توسعه نیافته است و نیازمند تحقیقات بیشتر در انواع مختلف ماهیان پرورشی و زینتی می‌باشد.

## منابع

**Cheng, Z., Gatlin, D. M. and Buentello, A., 2012.** Dietary supplementation of arginine and/or glutamine influences growth performance, immune responses and intestinal morphology of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*). Aquaculture, 362-363, 39-43.

**Fierro Castro, C., Barrioluengo, L., López-Fierro, P., Razquin, B. E. and Villena, A. J., 2013.** Fish cell cultures as in vitro models of inflammatory responses elicited by immunostimulants. Expression of regulatory genes of the innate immune response. Fish & Shellfish Immunology, 35, 979-987.

**Galindo Villegas, Fukada, J., Masumoto, H. and Hosokawa 2006.** Effect of dietary immunostimulants on some innate immune responses and disease resistance against *Edwardsiella tarda* infection in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture Science, 54, 153-162.

**Gioacchini, G., Smith, P. and Carnevali, O., 2008.** Effects of Ergosan on the expression of cytokine genes in the liver of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to enteric red mouth vaccine. Veterinary Immunology and Immunopathology, 123, 215-222.

**Kiron, V., Fukuda, H., Takeuchi, T. and Watanabe, T., 1995.** Essential fatty acid nutrition and defence



- HUFA on immune responses and resistance to *Edwardsiella tarda* challenge in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*, Temminck and Schlegel). *Aquaculture Research*, 37, 681-692.
- Welker, T. L., Lim, C., Yildirim Aksoy and Klesius, P., H. 2011.** Effects of dietary supplementation of a purified nucleotide mixture on immune function and disease and stress resistance in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture Research*, 42, 1878-1889.
- Zhang, C. N., Li, X. F., Xu, W. N., Jiang, G. Z., Lu, K. L., Wang, L. N. and Liu, W. B., 2013.** Combined effects of dietary fructooligosaccharide and *Bacillus licheniformis* on innate immunity, antioxidant capability and disease resistance of triangular bream (*Megalobrama terminalis*). *Fish & Shellfish Immunology*, 36, 1380-1386.
- Zuo, R., Ai, Q., Mai, K. and Xu, W., 2013.** Effects of conjugated linoleic acid on growth, non-specific immunity, antioxidant capacity, lipid deposition and related gene expression in juvenile large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) fed soyabean oil-based diets. *British Journal of Nutrition*, 110, 1220-1232.
- Zuo, R., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Wang, J., Xu, H. and Zhang, Y., 2012.** Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth, nonspecific immunity, expression of some immune related genes and disease resistance of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) following natural infestation of parasites (*Cryptocaryon irritans*). *Fish & Shellfish Immunology*, 32, 249-258.
- relevant genes in gilthead seabream leucocytes. *Fish & Shellfish Immunology*, 30, 248-254.
- Reyes-Becerril, M., Guardiola, F., Rojas, M., Ascencio-Valle, F. and Esteban, M. Á., 2013.** Dietary administration of microalgae *Navicula* sp. affects immune status and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish & Shellfish Immunology*, 35, 883-889.
- Tachibana, K., Yagi, M., Hara, K., Mishima, T. and Tsuchimoto, M., 1997.** Effects of feeding of  $\beta$ -carotene-supplemented rotifers on survival and lymphocyte proliferation reaction of fish larvae (Japanese parrotfish (*Oplegnathus fasciatus*) and Spotted parrotfish (*Oplegnathus punctatus*)): preliminary trials. *Hydrobiologia*, 358, 313-316.
- Tahmasebi Kohyani, A., Keyvanshokoh, S., Nematollahi, A., Mahmoudi, N. and Pasha Zanoosi, H., 2011.** Dietary administration of nucleotides to enhance growth, humoral immune responses, and disease resistance of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Fish & Shellfish Immunology*, 30, 189-193.
- Talpur, A. D., Munir, M. B., Mary, A. and Hashim, R., 2014.** Dietary probiotics and prebiotics improved food acceptability, growth performance, haematology and immunological parameters and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in snakehead (*Channa striata*) fingerlings. *Aquaculture*, 426-436.
- Wang, Z., Mai, K., Liufu, Z., Ma, H., Xu, W., Ai, Q., Zhang, W., Tan, B. and Wang, X., 2006.** Effect of high dietary intakes of vitamin E and n-3