Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

An investigation on the relationship between food additives and fish stress

Valiollah Jafari[*1], Mohammad Mehdi Rezaei[2]

1. Corresponding Author, Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: vjafarish110@gmail.com
2. Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: m.rezai.1979@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Extension Paper

Article history:
Received: 01.05.2022
Revised: 02.07.2022
Accepted: 02.13.2022

Keywords:
Dietary supplement,
Nutrition,
Stress reduction,
Survival and safety

ABSTRACT

Proper nutrition is one of the most important pillars of success in the aquaculture industry, which accounts for about 50% of costs and on the other hand ensures survival, proper growth and aquatic health. The aquaculture industry always has stressors such as high density, transportation, manipulation and changes in water quality that have an adverse effect on fish health and growth. In fish, stressors initiate hormonal cascades along the hypothalamic-pituitary-internal (HPI) and hypothalamic-sympathetic-chromaffin (HSC) axes to trigger several physiological reactions to regulate and maintain homeostasis and adversely affect various fish physiological processes such as Grows growth, reproduction and immunity. In fish farming, several ways are used to prevent the negative effects of stress and achieve maximum animal health without affecting production performance, and the use of new feeding strategies is an easy and practical way to improve the health of fish. Changes in the ratio of proteins, fats and carbohydrates in the diet, the use of vitamins, especially ascorbic acid, new substances in biotechnology such as probiotics, nucleotides and polysaccharides have been studied. Fatty acids, probiotics and minerals. Immunosuppressants are prescribed as food additives, which usually increase innate (non-specific) defense mechanisms and resistance to certain pathogens, and increase inhibition of stress-induced immune suppression. In this review, different physiological responses were assessed among fish species fed stress-reducing diets.

Cite this article: Jafari, Valiollah, Rezaei, Mohammad Mehdi. 2022. An investigation on the relationship between food additives and fish stress. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 11 (2), 11-35.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.19819.1627
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

بررسی ارتباط بین افزودنی‌های خوراکی با میزان استرس ماهی

ولی‌اله جعفری*[۱]، محمدمهدی رضایی[۲]

۱. نویسنده مسئول، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: vjafarish110@gmail.com

۲. گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: m.rezai.1979@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- ترویجی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۱۰/۱٥
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۱۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱۱/۲٤

واژه‌های کلیدی:
بازماندگی و ایمنی،
تغذیه،
کاهش استرس،
مکمل غذایی

چکیده

تغذیه صحیح از مهم‌ترین ارکان موفقیت در صنعت آبزی‌پروری است که حدود ۵۰ درصد هزینه‌ها را شامل شده و از طرف دیگر تضمین‌کننده بقاء، رشد مناسب و سلامت آبزیان می‌باشد. صنعت آبزی‌پروری همواره دارای عوامل استرس‌زا مانند تراکم بالا، حمل و نقل، دستکاری و تغییر کیفیت آب است که باعث اثرات نامطلوب بر سلامتی و رشد ماهیان می‌شود. در ماهی، عوامل استرس‌زا آبشار هورمونی را در محورهای هیپوتالاموس–هیپوفیز– اینترنال (HPI) و هیپوتالاموس–سمپاتیک–کرومافین (HSC) آغاز می‌کند تا چندین واکنش فیزیولوژیکی را برای تنظیم و حفظ هموستاز ایجاد کند و تأثیرات منفی بر فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی ماهی مانند رشد، تولیدمثل و ایمنی را ایجاد می‌کند. در پرورش ماهی، چندین راه برای جلوگیری از بروز تأثیرات منفی استرس و دستیابی به حداکثر سلامتی حیوان بدون تأثیر بر عملکرد تولید، به‌کار گرفته می‌شود که استفاده از استراتژی‌های جدید تغذیه، روشی آسان و عملی برای بهبود وضعیت سلامتی ماهی است. تغییرات نسبت پروتئین، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها در رژیم غذایی، استفاده از ویتامین‌ها به‌ویژه اسید اسکوربیک، مواد جدید حاصل علم بیوتکنولوژی مانند انواع پروبیوتیک‌ها، نوکلئوتیدها و پلی‌ساکاریدها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که بیش‌ترین مطالعات به ترتیب در رابطه با افزودن اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب، پروبیوتیک‌ها و مواد معدنی بوده است. برخی از مکمل‌ها و متابولیت‌های آن‌ها در مسیرهای سوخت و ساز بدن تنظیم‌کننده هستند که برای رشد، سیستم ایمنی، رفتار، تولیدمثل و مقاومت به تنش‌های محیطی در ماهی لازمند. هم‌چنین مواد تحریک‌کننده ایمنی به‌صورت افزودنی به مواد غذایی تجویز می‌شوند که معمولاً مکانیسم‌های دفاعی ذاتی (غیراختصاصی) و مقاومت را در برابر عوامل بیماری‌زای خاص افزایش می‌دهند و ممانعت از سرکوب سیستم ایمنی ناشی از استرس را افزایش می‌دهند. در این بررسی مروری، پاسخ‌های مختلف فیزیولوژیکی در میان گونه‌های ماهی که با رژیم‌های غذایی کاهش‌دهنده تنش تغذیه می‌شوند، ارزیابی شده است.

استناد: جعفری، ولی‌اله، رضایی، محمدمهدی (۱۴۰۱). بررسی ارتباط بین افزودنی‌های خوراکی با میزان استرس ماهی. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۱ (۲)، ۳۵-۱۱.

DOI: 10.22069/japu.2022.19819.1627

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

آبزی‌پروری به لحاظ بهبود سطح کیفی تغذیه جوامع انسانی، سوددهی بالا، کسب درآمدهای ارزی (صادرات) و ایجاد فرصت‌های شغلی در بسیاری از کشورها نقش حیاتی ایفا می‌کند. با این وجود باید اذعان کرد که در حال حاضر ضعف اطلاعاتی در زمینه تغذیه آبزیان پرورشی در ایران چه از نظر علمی و چه از جنبه عملی، به‌طور کامل محسوس است. تغذیه صحیح از مهم‌ترین ارکان موفقیت در صنعت آبزی‌پروری است چرا که حدود ۵۰ درصد هزینه‌ها را شامل شده و از طرف دیگر تضمین‌کننده بقا، رشد مناسب و سلامت آبزی می‌باشد (۱) از طرف دیگر در صنعت آبزی‌پروری همواره عوامل استرس‌زا مانند تراکم بالا، حمل و نقل، دستکاری و تغییر کیفیت آب وجود دارد که موجب اثر نامطلوب بر سلامتی و رشد ماهیان می‌شود (۲، ۳). این استرس‌های ناگزیر نقش مهمی در مهره‌داران شامل ماهی‌ها برای انجام عملکردهای مختلف زندگی و تولیدمثل دارد. کلمه استرس در فیزیولوژی معنی‌های خود را دارد. استرس پاسخ غیراختصاصی بدن به هرگونه کنش محیطی که وارد می‌شود، است.

استرس و تأثیرات آن: تاکنون تعریف‌های مختلفی برای استرس ارائه گردیده است. می‌توان گفت که استرس پاسخ فیزیولوژیکال به کنشی است که واردکننده استرس ایجاد می‌کند. عوامل استرس‌زای فیزیکی و شیمیایی می‌توانند پاسخ‌های غیر اختصاصی در ماهی ایجاد کنند که به عنوان سازگاری در نظر گرفته می‌شود تا ماهی بتواند با این اختلال کنار بیاید و حالت هموستاتیک[1] خود را حفظ کند. یعنی پاسخ به استرس تلاشی است که ماهی در زمان بروز اتفاقات ناخواسته برای جلوگیری از مرگ یا حفظ بقا انجام می‌دهد و مکانیسمی است که به ماهی‌ها اجازه می‌دهد تا با عوامل استرس‌زا مقابله کنند تا حالت طبیعی یا تعادل خود را حفظ کنند. رهاشدن هورمون‌ها در خون منجر به جابجائی انرژی از بخش‌های رشد و تولیدمثل و صرف آن‌ها در راه سازگاری و خوگرفتن با شرایط استرس می‌شود. استرس را می‌توان به‌عنوان حالت هموستاز تهدید شده در نظر گرفت که با مجموعه‌ای پیچیده از پاسخ‌های انطباقی دوباره برقرار می‌شود (٤).

مطالعه استرس در ماهی در سال‌های گذشته به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است، دلیل اصلی آن ارتباط نزدیک استرس با سلامتی ماهی است. به طور حتمی پذیرفته شده است که سلامتی ماهی، پرورش موفقیت‌آمیز در مزارع را تضمین می‌کند. زیرا مشخص شده که بقا و رشد، در شرایط محیطی ضعیف کاهش می‌یابد. به‌طورکلی، ماهی‌ها سازگاری‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تکامل‌یافته‌ای تحت عنوان پاسخ استرس برای مقابله با این چنین محدودیت‌ها دارند که مانع اثرات زیان‌آور می‌شود و یا آن‌ها را به حداقل می‌رساند. پاسخ استرس به‌طورمعمول، توسط طیف وسیعی از مکانیسم‌های فیزیولوژیکی به منظور جبران فشار تولید شده توسط عامل استرس‌زا و بازیابی وضعیت هموستاز ماهی‌ها ایجاد می‌شود.

سیستم هورمونی پاسخ به استرس: پاسخ فیزیولوژیکی استرس با شناسایی یک تهدید قابل درک توسط سیستم عصبی مرکزی یا CNS آغاز می‌شود (۵). رشته‌های عصبی سمپاتیک که سلول‌های کرومافین را عصب‌رسانی می‌کنند، آزادسازی کاتکول آمین‌ها را از مسیر گیرنده‌های کولینرژیک[2] تحریک می‌کنند. بافت

۱- هم‌ایستایی یا هومئوستازی، به معنای حفظ شرایط پایدار و ثابت در محیط داخلی بدن می‌باشد و ویژگی یک ارگانیزم زنده است که محیط داخلی خود را تنظیم می‌کند و تمایل به حفظ وضعیت ثابت و پایدار دارد.

۲- هر گیرنده عصبی که از استیل کولین به عنوان پیام‌رسان عصبی استفاده کند، گیرنده کولینرژیک نام دارد.

کرومافین[1] (بخش مدولای آدرنال) عمدتاً در ناحیه قدامی کلیه در ماهیان استخوانی[2] قرار دارد. عمدتاً در ماهی‌های استخوانی، اپی‌نفرین در سلول‌های کرومافین ذخیره می‌شود و ترشح آن سریع است و سطح این هورمون‌ها در گردش خون بلافاصله با استرس افزایش می‌یابد. ترشح کورتیزول در ماهی‌های استخوانی نسبت به ترشح کاتکول آمین با تأخیر صورت می‌گیرد. مسیر آزادسازی کورتیزول در محور HPI[3] با ترشح هورمون آزادکننده کورتیکوتروپین CRH[4] (یا CRF)، عمدتاً از هیپوتالاموس آغاز می‌شود که سلول‌های کورتیکوتروفیک، هیپوفیز قدامی را برای ترشح هورمون آدرنوکورتیکوتروپین ACTH[5] تحریک می‌کنند. ACTH در گردش خون، به نوبه خود سلول‌های بخش قشری را تحریک می‌کند و کورتیکواستروئیدها را برای توزیع در بافت‌های هدف، در گردش خون آزاد می‌کند. سنتز و ترشح کورتیزول از سلول‌های اینترنال کلیه، برخلاف سلول‌های کرومافین، چند دقیقه زمان نیاز دارد و کنترل ترشح آن نیز از طریق بازخورد منفی هورمون انجام می‌شود. سایر هورمون‌ها نیز می‌توانند در هنگام استرس افزایش پیدا کنند، از جمله تیروکسین، پرولاکتین و سوماتولاکتین. هم‌چنین، استرس ممکن است هورمون‌های تولیدمثل در گردش را سرکوب کند.

۱- غده فوق کلیه یا آدرنال، غده درون ریز است که در قسمت قدامی کلیه قرار گرفته و دارای یک بخش خارجی یا قشری و یک بخش داخلی یا مدولا می‌باشد که بخش قشری هورمون‌های استروئیدی شامل مینرالوکورتیکوئید (مانند آلدوسترون)، گلوکوکورتیکوئید (مانند کورتیزول) و آندروژن‌ها را می‌سازد و بخش مغزی یا مدولا که توسط بخش قشری احاطه شده است، حاوی سلول‌های کرومافین می‌باشد که کاتکول آمین‌ها مانند اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین را ترشح می‌کنند. قسمت مدولا توسط دستگاه عصبی سمپاتیک کنترل می‌شود.

2- Teleostean
3- Hypothalamus-Pituitary-Interrenal
4- Corticotropin Releasing Hormone
5- Adrenocorticotropic Hormone

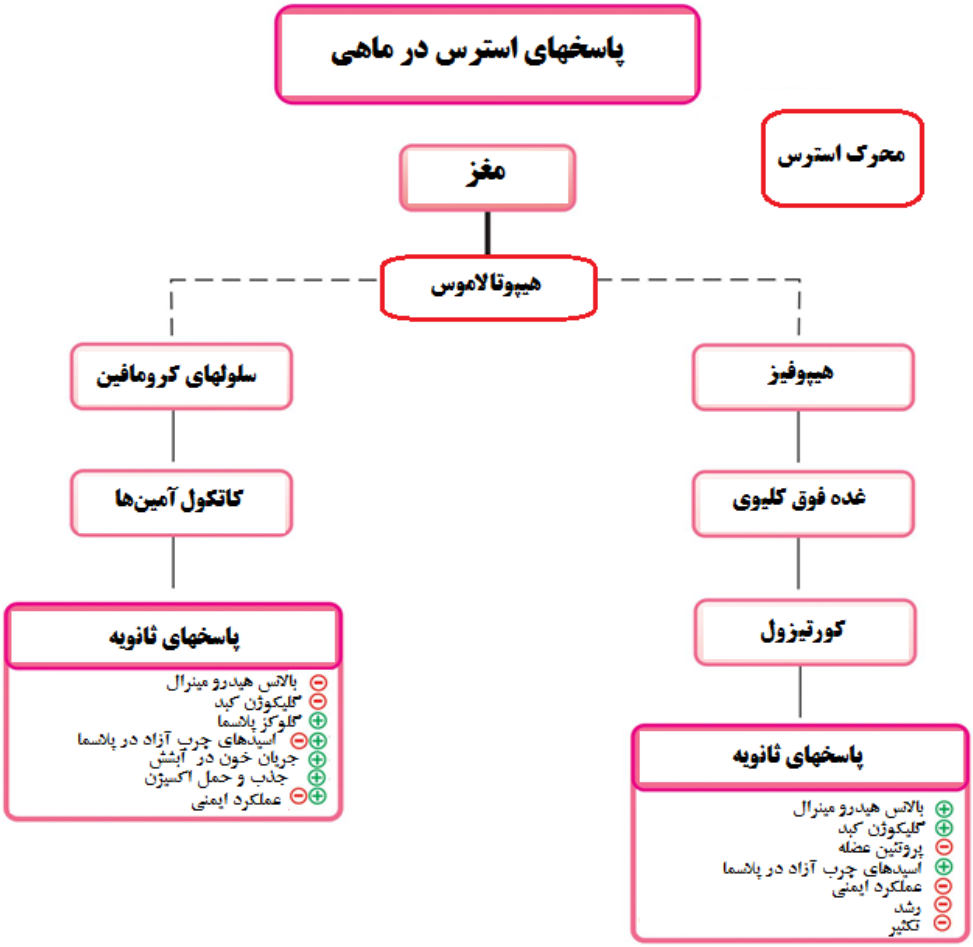
واکنش‌های مونوآمین‌های مغز مرکزی، به‌ویژه سروتونین در تنظیم اپی‌نفرین و کورتیزول در ماهی در هنگام استرس نیز نقش مهمی دارند (٦).

در حقیقت، آدرنالین هورمون استرس و کورتیزول هورمون سازگاری در نظر گرفته می‌شود. اثرات کورتیزول بر متابولیسم انرژی و سایر عملکردهای فیزیولوژیکی در حال حاضر در ماهی بسیار بررسی شده است، در واقع این ماده مسئول آزاد شدن مواد حاوی انرژی به جریان خون، تحریک گلیکولیز و سایر مسیرهای متابولیکی است. نقش کاتکول آمین‌ها در پاسخ متابولیک استرس در ماهی کم‌تر شناخته شده است، در عین‌حال مشخص شده است که بر متابولیسم کربوهیدرات و لیپیدها تأثیر می‌گذارند (٤).

به لطف توسعه ابزارهای قدرتمند زیست‌شناسی مولکولی، اطلاعات در مورد سیگنال‌های HPI در ماهیان استخوانی پیشرفت چشمگیری داشته است. بسیاری از پیش‌سازها و گیرنده‌های کورتیکواستروئید قبلاً در چندین گونه مشخص شده‌اند و داده‌های ارزشمندی در این زمینه وجود دارد. در گذشته تصور می شد که بازخورد تنظیم ترشح کورتیزول در هر سطح از محور HPI رخ می‌دهد ولی امروزه مشخص شده است ترشح کورتیزول پس از استرس از طریق بازخورد منفی کورتیزول در سطح هیپوفیز تنظیم می‌شود و تنظیم کورتیزول در استرس حاد به غلظت گلوکز در گردش نیز بستگی دارد (٧).

برای غلبه بر استرس ایجاد شده، ماهی با تغییرات رفتاری از جمله تغییرات ژنی، متابولیکی، انرژی‌زایی، ایمنی، غدد درون‌ریز و عصبی و چندین واکنش به عوامل استرس زا پاسخ می‌دهد (٦)؛ (شکل ١). پاسخ استرس شامل پاسخ اول، دوم و پاسخ سوم می‌باشد. پاسخ اول شامل دریافت یک تغییر حالت توسط سیستم عصبی مرکزی و آزادسازی هورمون‌های استرس، کورتیزول و کاتکولامین‌ها توسط سیستم غدد درون ریز به جریان خون می‌باشد که در مطالب فوق

شرح داده شد. پاسخ‌های دوم به‌عنوان نتیجه‌ای از استرس رخ می‌دهد که منجر به تغییر در خون، شیمی بافت و تغییرات هماتولوژی مانند قند خون می‌شود. پاسخ سوم در وضعیت رشد فیزیکی، مقاومت به بیماری و ظرفیت تولیدمثلی جاندار آشکار می‌شود (۸). البته علی‌رغم تأثیرات منفی گزارش شده در مورد استرس، باید اشاره نمود که استرس، در سطوح کم، منجر به یک پاسخ لازم و مناسب برای سازگاری ارگانیسم‌ها با شرایط محیطی و تغییرات آن می‌شود که اصطلاحاً مقاومت ماهی افزایش می‌یابد و سیستم ایمنی آن قویتر می‌گردد که این پدیده را هورمسیس[1] می‌نامند ولی در مقابل، شرایط استرس‌زای شدیدتر باعث آشفتگی و پریشانی می‌شود که دارای اثرات سرکوبگر بر سیستم ایمنی بدن بوده و عملکردهای فیزیولوژیکی را مختل می‌کند (۹) که در شکل ۱ هم اثر استرس بر سیستم ایمنی ماهی دارای دو علامت کاهش و افزایش می‌باشد یعنی هم می‌تواند باعث افزایش قدرت ایمنی شود و هم باعث کاهش آن.



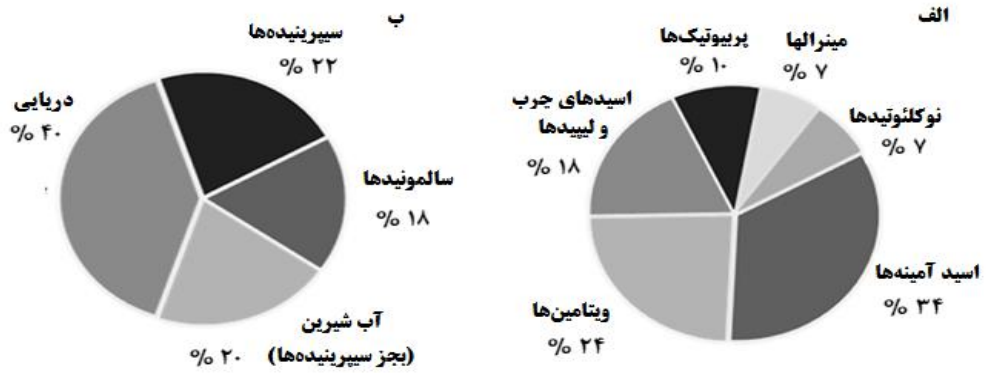
شکل ۱- پاسخ به استرس در ماهی. فعال‌سازی محورهای هیپوتالاموس- سمپاتیک-کرومافین و هیپوتالاموس- هیپوفیز- اینترنال به‌ترتیب در انتشار کاتکول آمین‌ها و کورتیزول به اوج خود می‌رسد. این هورمون‌ها چندین واکنش ثانویه استرس ایجاد کردند (۲). (+) نشان‌دهنده فعال شدن یا افزایش و (-) نشان‌دهنده مهار یا کاهش است.

1- Hormesis

باید گفت چندین متغیر برای دستیابی به حداکثر سلامتی ماهی پرورشی بدون تأثیر بر عملکرد تولید، می‌توان به‌کار گرفت. برای موفقیت عملیات پرورش تجاری ماهی و بازسازی ذخایر، می‌توان تحمل استرس در ماهی را افزایش داد (۱۰) که علاوه بر فن‌آوری‌های نوین، استفاده از راهبردهای جدید تغذیه، روشی آسان و عملی برای بهبود وضعیت سلامتی ماهی است (۱۱). در این زمینه، مفهوم غذای کاربردی (تأمین اثرات مفید بر ارگانیسم با استفاده از مکمل‌ها در کنار مواد مغذی ضروری) به عنوان یک روش جدید برای بهبود وضعیت سلامت عمومی به وجود آمده است. به همین دلیل، چندین کار در زمینه پرورش ماهی بر اساس افزودن مواد با فعالیت بیولوژیکی خاص به خوراک ماهی‌های تجاری معمول است تا بتواند پاسخ استرس را تعدیل یا کاهش دهد و از این‌رو، سلامتی را بهبود بخشد. این بررسی‌ها پس از آزمایش آن‌ها به روش‌های تنش‌زا مانند دستکاری، قرار گرفتن در معرض هوا، تراکم ذخیره بالا، تعقیب و غیره، بر پاسخ استرس در ماهی‌های خوراکی تأیید شده‌اند. هدف نهایی یافتن مناسب‌ترین راهبرد افزودنی خوراکی (به‌عنوان مثال نوع مکمل، زمان مصرف و غلظت) برای جلوگیری از بروز پاسخ شدید استرس در ماهی‌ها در زمان بروز استرس مانند رقم‌بندی، واکسیناسیون، دستکاری، حمل و غیره می‌باشد. تغذیه مناسب به عنوان یک فاکتور حیاتی در ارتقاء رشد طبیعی و سالم نگهداشتن ماهی شناسایی شده است و امروزه در صنعت آبزی‌پروری برای بهبود سلامت و افزایش مقاومت آبزیان در برابر بیماری‌ها استفاده از مکمل‌های غذایی جهت ارتقاء رشد و ایمنی متداول گردیده است (سامع و همکاران، ۲۰۱۶).

اولین مطالعاتی که در زمینه تأثیر تغییرات نوع غذا بر پاسخ استرس انجام شد به‌صورت تغییر نسبت پروتئین، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها در رژیم غذایی ماهی بوده است سپس استفاده از ویتامین‌ها به ویژه اسید اسکوربیک مطالعه گردیدند. سرانجام در سال‌های اخیر مواد جدید حاصل علم زیست‌فناوری مانند انواع پریبیوتیک‌ها، نوکلئوتیدها و پلی‌ساکاریدها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در بررسی نوع مواد مورد استفاده به عنوان مکمل در خوراک آبزیان می‌توان گفت بیش‌ترین مطالعات به‌ترتیب در رابطه با افزودن اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب، پریبیوتیک‌ها و مواد معدنی بوده است و در مورد گونه مورد بررسی می‌توان گفت بیش‌ترین مطالعات به‌ترتیب برای ماهیان دریایی، کپور ماهیان و آزاد ماهیان بوده است (۱).

قرار گرفتن اسیدهای آمینه در جایگاه اول به این دلیل است که برخی از اسیدهای آمینه به‌طور مستقیم به عنوان هورمون در غدد درون ریز نقش دارند (۱۲).



شکل ۲- درصد تحقیقات انجام شده برای هر نوع افزودنی (الف) و برای هر گروه از گونه‌های ماهی (ب) در منابع مربوط به تضعیف استرس از طریق مواد افزودنی به خوراک در ماهی‌ها (۱۳).

عملکرد فیزیولوژیک مواد افزودنی غذایی: مکمل‌ها به مواد غذایی افزوده می‌شوند تا هم تأثیرات فیزیولوژیکی را بر مصرف‌کننده بهبود بخشند (مانند پروبیوتیک‌ها، پری بیوتیک ها، روغن‌های ضروری و ...) و هم برخی خصوصیات غذایی فیزیکی (بافت، طعم، رنگ و غیره) را فراهم یا اصلاح کنند. گروه اول شامل موادی است که باعث کاهش استرس می‌شوند و در کنار آن اتفاقات دیگری نیز در زمینه سلامتی و رشد بیش‌تر برای ماهی خواهند داشت. با توجه به این‌که تأثیر منفی استرس بر سیستم ایمنی بدن به‌طور کامل اثبات شده است (١٤)، اغلب، مواد تحریک‌کننده ایمنی به‌صورت افزودنی به مواد غذایی تجویز می‌شوند که مکانیسم‌های دفاعی ذاتی (غیراختصاصی) و مقاومت را در برابر عوامل بیماری‌زای خاص افزایش می‌دهند و ممانعت از سرکوب سیستم ایمنی ناشی از استرس را افزایش می‌دهند (١٥).

در مطالب ذیل یک بازبینی دقیق‌تر بسته به هر گروه افزودنی و اثرات اصلی فیزیولوژیکی آن‌ها اشاره می‌گردد.

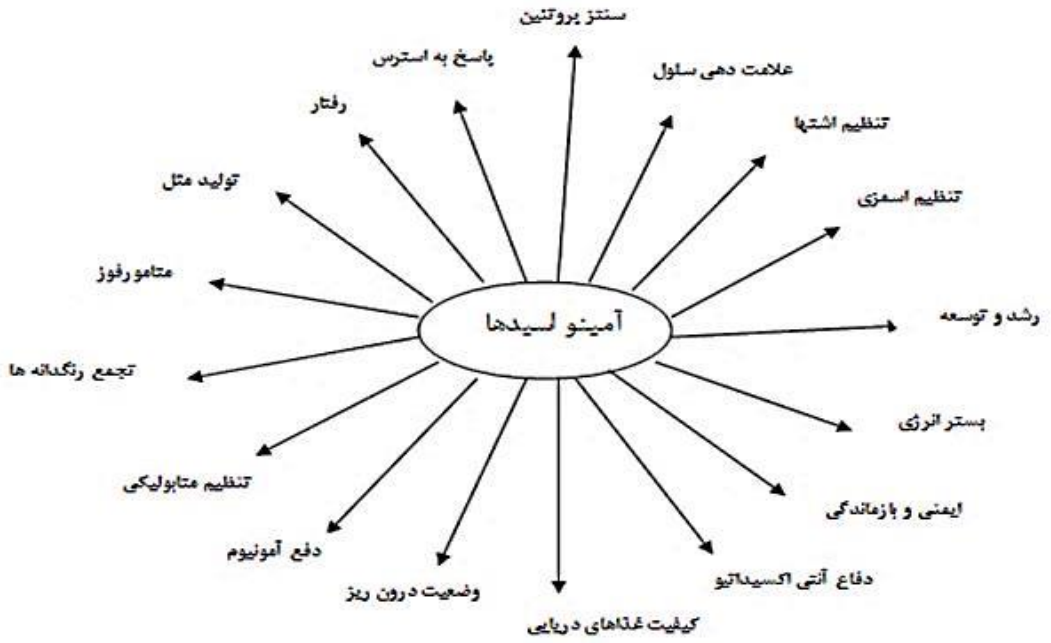
اسیدهای آمینه: اسیدهای آمینه مولکول‌هایی هستند که عملکردهای هر دو گروه آمین‌ها و کربوکسیلیک‌ها را شامل می‌شوند. عملکرد اصلی آن‌ها در ساخت پروتئین می‌باشد. بیست عدد از ٨٠ اسیدآمینه طبیعی در ساختن پروتئین نقش دارند که نیمی از آن‌ها به‌عنوان محدودکننده یا ضروری تلقی می‌شوند که باید در جیره غذایی فراهم شوند زیرا زنجیره کربنی آن‌ها توسط بدن حیوانات قابل ساختن نیستند (١٦). لاکسمن (١٩٩١) مهم‌ترین فاکتور در غذای ماهی که باعث رشد می‌شود را پروتئین عنوان نموده و میزان جذب پروتئین غذا را وابسته به میزان کالری غذا، وجود سایر نوترینت‌ها در غذا، شرایط محیطی و شرایط فیزیولوژیک ماهی دانسته است (١٧). در جیره غذایی آبزیان پروتئین از مواد مغذی بسیار مهم به‌شمار می‌رود. پروتئین‌ها بخش اصلی اعضای بدن، بافت‌های نرم و مایعات بدن را تشکیل می‌دهند و حدود ٦٥ تا ٧٥ درصد از کل وزن بدن (ماده خشک) را شامل می‌شوند (١٨). پودر ماهی به دلیل این که یک منبع متعادل از اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی است، از منابع اصلی پروتئین خوراکی در غذاهای فرموله تجاری برای گونه‌های ماهیان گوشتخوار محسوب می‌شود. با گسترش صنعت آبزی‌پروری، تقاضا برای پودر ماهی جهت تغذیه آبزیان افزایش یافت و عرضه نامتعادل و افزایش قیمت پودر ماهی، سبب استفاده از منابع پروتئین گیاهی ارزان‌تر در فرمولاسیون جیره شده است (١٩). منابع پروتئین گیاهی به دلیل ناکارآمد بودن ترکیب اسیدهای آمینه ضروری، هنگامی‌که در فرمولاسیون جیره جایگزین پودرماهی می‌شوند باعث کاهش رشد و کارایی تغذیه می‌گردند. منبع پروتئین گیاهی نسبت به پودر ماهی به دلیل حضور فاکتورهای ضدتغذیه‌ای و عدم داشتن پروفایل اسیدآمینه ضروری کافی برای تغذیه موجودات آبزی از اهمیت کم‌تری برخوردار است. به‌طورکلی افزایش استفاده از منابع پروتئین گیاهی در غذای ماهی به‌دلیل گران بودن و در دسترس نبودن پودرماهی، سبب ضرورت استفاده از مکمل‌های غذایی اسیدهای آمینه در جیره غذایی آبزیان شده است. اسیدهای آمینه دو راه مختلف را طی می‌کنند. در درجه اول ممکن است به پروتئین‌های مورد نیاز برای رشد بدن تبدیل شوند (مسیر آنابولیسم) و یا در صورت کافی نبودن انرژی جیره غذایی برای فعالیت‌های حیاتی ماهی به عنوان منبع تولید انرژی به‌کار روند (مسیر کاتابولیسم) (٢٠).

شواهد اخیر نشان می‌دهد که برخی از اسیدهای آمینه و متابولیت‌های آن‌ها در مسیرهای سوخت و ساز بدن تنظیم‌کننده‌های مهمی هستند که برای رشد، نگهداری، مصرف غذا، استفاده از مواد مغذی، سیستم ایمنی، رفتار و تولیدمثل و هم‌چنین مقاومت به تنش‌های محیطی و ارگانیسم‌های بیماری‌زا در ماهی‌های مختلف لازمند که نیازهای اسیدآمینه‌ای گونه‌های مختلف ماهی عمدتاً از طریق آزمایش‌های رشد و تغذیه تعیین شده‌اند (۱). در بسیاری از موارد، مقدار اسیدهای آمینه جیره را نمی‌توان مستقل از غلظت سایر اسیدهای آمینه و مواد مغذی آن جیره در نظر گرفت. از حالت‌های کلاسیک و قدیمی این پدیده می‌توان به وابستگی لیزین با آرژینین، لیزین با برخی الکترولیت‌ها و نیز بین اسیدهای آمینه دارای زنجیره‌های شاخه‌دار لوسین، ایزولوسین و والین اشاره کرد. ولی به‌طورکلی می‌توان گفت در صورت ایجاد افزایش نسبت اسیدهای آمینه ضروری به غیرضروری به صورت آگاهانه، می‌توان باعث افزایش رشد در ماهی گردید (۱۸) که در این زمینه مطالعات بسیاری انجام شده و در اکثر مطالعات نتایج به‌دست آمده بیانگر این موضوع می‌باشد. به‌عنوان مثال گومزرکوینی و همکاران (۲۰۰۳) با اضافه کردن اسید آمینه غیرضروری گلوتامیک اسید[1] نسبت اسیدهای آمینه ضروری به اسیدهای آمینه غیرضروری را در جیره‌ای از ماهی سیم دریایی که ۳۳ تا ۳۵ درصد پودرماهی آن با منابع پروتئینی گیاهی جایگزین شده بود (۲۱)، از ۱/۱۳–۰/۸ تغییر دادند و ماهی‌ها را تا حد سیری تغذیه نمودند که در نهایت میزان رشد در تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت ولی میزان FCR و ضریب نگهداری نیتروژن با کاهش نسبت فوق آسیب دید. هم‌چنین میزان آمونیاک آب با افزایش اسیدهای آمینه غیرضروری بدون توجه به خصوصیات اسیدهای آمینه ضروری، افزایش یافت. در این بررسی میزان هورمون رشد و IGF-I بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. در نتیجه‌گیری کلی این بررسی، میزان اسید آمینه‌های ضروری مشابه ترکیبات ماهیچه ماهی و هم‌چنین بالا بودن نسبت اسیدهای آمینه ضروری به اسیدهای آمینه غیرضروری در تغذیه ماهی، دو فاکتور مهم شناخته شدند.

شرایط استرس‌زا موجب تأثیر بر متابولیسم اسید آمینه در ماهی می‌شود و در برخی از شرایط استرس‌زا افزایش نیاز به اسیدهای آمینه ضروری رخ می‌دهد که به احتمالی با سنتز پروتئین‌ها و سایر ترکیبات در زمان پاسخ به استرس مرتبط است. نقش اسیدهای آمینه خاص و متابولیت‌های آن‌ها در مسیرهای متابولیکی کلیدی که برای رشد، ایمنی یا مقاومت در برابر عوامل استرس‌زا و عوامل بیماری‌زا لازم هستند، بسیار در ماهی‌ها بررسی شده است. بنابراین، اسیدهای آمینه نه تنها به‌عنوان ترکیبات پروتئین‌ها و منابع انرژی عمل می‌کنند، بلکه می‌توانند در داخل بدن به مواد مهم بیوشیمیایی فعال تبدیل شوند (۲۲).

اسیدهای آمینه آزاد از محرک‌های بویایی و چشایی بوده که می‌توانند باعث افزایش مصرف و سرعت مصرف غذا شوند. افزایش سرعت مصرف غذا باعث خواهد شد که پلت‌های غذایی مدت کم‌تری درآب بماند و از فروپاشی یا از دست رفتن مواد سازنده آن جلوگیری شود. مواد جاذب و محرک‌های تغذیه‌ای از مهم‌ترین ابزارها برای کاهش معلق ماندن پلت غذا بوده که منجر به بهبود تغذیه آغازین و جذابیت غذایی می‌شوند (۱).

1- Glutamic acid



شکل ۳- وظایف اسیدهای امینه در رشد، توسعه و سلامت ماهی (۱).

آرژنین حاوی نیتروژن بسیار زیادی بوده که شامل آنزیم‌های کلیدی مانند آرژیناز، آنزیم نیتریک اکساید سنتتاز می‌باشد. بنابراین، آرژنین به‌عنوان پیش‌ماده برای سنتز کراتین، اورنیتین، پرولین، گلوتامات، پلی‌نیتریک اکسید و تطبیق‌پذیری تعدیلی در سلول‌های ماهی عمل می‌کند و یکی از قوی‌ترین اسیدهای آمینه در زمینه افزایش سوخت و ساز و رشد می‌باشد. حتی گزارش شده است که تأثیر آرژنین بر رشد از گلوکز نیز بیش‌تر می‌باشد و می‌تواند به عنوان یک مکمل قوی جهت افزایش طول عمر ماهی و استقامت آن در برابر تنش در جیره غذایی استفاده شود (۲۰). آرژنین پیش‌ساز سنتز اکسید نیتریک (NO) و پلی‌آمین‌ها در مهره‌داران عالی‌تر است. در ماهی، تولید NO نقش مهمی در مکانیسم‌های دفاعی سلولی دارد و در ماکروفاژهای تحریک شده در ماهی اثبات شده است (۱۸). علاوه بر این، آرژنین رژیم غذایی می‌تواند برخی از مکانیسم‌های ایمنی ذاتی و مقاومت در برابر بیماری ماهی‌ها را در پی درگیری با Phdp[1] افزایش دهد. اسیدآمینه آرژنین واجد نقش بسیار مهم تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی می‌باشد و در رژیم تغذیه‌ای بسیاری از گونه‌های ماهیان ضروری می‌باشد. در عین‌حال آرژنین یکی از پرکاربردترین اسیدهای آمینه در سلول‌های حیوانی است که نه تنها به عنوان پیش‌ساز برای سنتز پروتئین‌ها عمل می‌نماید، بلکه برای سنتز پلی‌آمین‌ها، گلوتامات و کراتین نیز عمل می‌کند (۲۰). مطالعات نشان می‌دهند که ویتامین C در ترکیب با آرژنین، نسبت به آرژنین به تنهایی، اثرات بیش‌تری بر افزایش نیتریک اکسید دارد و ویتامین C با خنثی کردن رادیکال‌های آزادی که مخرب بوده و باعث تجزیه NO می‌شوند، باعث می‌شود تا سطح NO در بدن افزایش یابد (۲۳).

۱- یا *Photobacterium damselae piscicida* یک باکتری گرم منفی میله‌ای است که باعث بیماری در ماهی می‌شود.

نتایج مطالعه جعفری و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی تأثیر اسیدآمینه آرژنین بر شاخص‌های رشد و مقاومت در مواجهه با تنش شوری در ماهی کپور معمولی نشان داد که وجود اسیدآمینه آرژنین در جیره غذایی کپور ماهی می‌تواند تأثیر چشمگیری بر مقاومت و بقای آن داشته باشد به‌طوری‌که تیمارهای تغذیه شده با ۱/۵ و ۲ درصد آرژنین در طی ۷۲ ساعت تلفاتی نداشتند (۲۰). بنابراین ایشان استفاده از جیره غذایی حاوی ۲ درصد اسید آمینه ال-آرژنین را در جیره ماهی کپور معمولی پیشنهاد نموده‌اند.

اسیدهای آمینه زنجیره‌ای (شاخه‌دار) یا BCAA[1] (مانند لوسین، ایزولوسین و والین) نقش مهمی در تنظیم سنتز پروتئین در عضله اسکلتی دارند و لوسین مؤثرترین نقش را در این فرآیند دارد. در شرایط استرس‌زا معمولاً یک فعالیت پروتئولیز شدید در ماهی همراه با کاهش سطح اسیدهای آمینهی زنجیره‌ای (BCAA) پلاسما مشاهده می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد مکمل غذایی اسیدهای آمینهی زنجیره‌ای، به‌ویژه لوسین، ابزاری مفید برای کاهش اثرات منفی استرس در ماهی می‌باشد (۱۳).

تریپتوفان (Trp) نیز یک اسیدآمینه ضروری است که نقش مهمی در تنظیم پاسخ استرس دارد و می‌تواند به سروتونین، ملاتونین، نیاسین، پیروات و استیل کوآنزیم-آ تبدیل شود. سروتونین مغز در کنترل محور HPI در ماهی نقش دارد و ارتباطی بین فعالیت سروتونین مغز و سطح کورتیزول پلاسما مشاهده شده است. در حقیقت، تریپتوفان به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در مجموعه وسیعی از مسیرهای فیزیولوژیکی مرتبط با استرس شرکت می‌کند. در حقیقت، ماهی‌ها تحت شرایط پر استرس، سطح تریپتوفان را در مقایسه با نمونه‌های شاهد در پلاسما کاهش می‌دهند. بنابراین، به‌نظر می‌رسد مکمل غذایی تریپتوفان یک راهبرد تغذیه‌ای مفید برای مدیریت استرس در پرورش آبزیان باشد.

تیروزین پیش ماده مشترک هورمون‌های مهم و انتقال‌دهنده‌های عصبی از جمله تیروکسین، تری‌یدوتیرونین، اپی‌نفرین، نوراپی نفرین، دوپامین و ملانین است. این مولکول‌ها نقش مهمی در پاسخ به استرس در ماهی دارند. هم‌چنین تیروزین می‌تواند بر افزایش رنگدانه‌ها، مصرف خوراک، عملکرد رشد، ایمنی و بقای ماهی‌ها تأثیر زیادی بگذارد. گزارش شده است که غلظت تیروزین آزاد در پلاسما در طی پاسخهای استرس حاد افزایش می‌یابد، که نشان‌دهنده اهمیت تیروزین در پاسخ استرس است.

محدودکننده‌ترین اسیدهای آمینه در ماهی‌ها، متیونین و لیزین می‌باشند و استفاده از اسیدهای آمینه متیونین و لیزین در جیره غذایی ماهیان منجر به تحریک سیستم چشایی و افزایش نرخ کارایی سایر اسیدهای آمینه، افزایش رشد، کاهش ضایعات و کاهش هزینه‌های غذا افزایش کارایی ضریب تبدیل غذا و وزن می‌شوند و متیونین به‌عنوان پیش ماده سیستئین، که برای سنتز گلوتاتیون و تورین مورد نیاز است، در تولید آنتی‌اکسیدان‌ها و ایمنی ماهی نقش مهمی دارد (۲٤).

مطالعات متعدد در مورد تورین، پرولین، گلوتامین و گلیسین ثابت کرده‌اند که رشد، نمو و سلامت حیوانات آبزی را بهبود بخشیده و تعاریف مرسوم در اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری را برای ماهی و میگو به چالش کشیده‌اند. چند اسید آمینه غیرضروری در پودر ماهی غنی هستند، اما منابع پروتئینی گیاهی از این نظر کمبود دارند، به‌طوری‌که جیره غذایی بر پایه آرد ذرت یا بر پایه سویا ممکن است به کمبود دچار شود به‌ویژه زمانی که سرعت سنتز آن‌ها در بدن نمی‌تواند نیاز سوخت‌وساز بدن حیوان را برآورده کند

1- Branched-Chain Amino Acids

(۱). بنابراین نوع پروتئین و اسید آمینه‌های موجود در غذا به عنوان منبع کلیدی برای تامین اسیدهای آمینه، نقش کلیدی در پاسخ به استرس دارد (۲٤).

جعفری و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی اثرات اسیدآمینه گلیسین بر درصد بازماندگی بچه ماهیان ماهی کپورمعمولی *Cyprinus carpio* در مواجهه با تنش شوری نشان دادند اسیدآمینه گلیسین اثر معنی‌داری بر افزایش بقاء و مقاومت به تنش شوری در بچه‌ماهیان کپورمعمولی داشت (۱). سوداگر و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر مواد جاذب اسید آسپارتیک و آلانین جهت افزایش خوش خوراکی و غذاگیری در تغذیه فیل‌ماهیان جوان (*Huso huso*)، مواد جاذب (اسید آسپارتیک و آلانین) را در سه سطح مختلف ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد به جیره غذایی اضافه نمودند و روزانه در ٤ وعده تا حد سیری کامل ماهی‌ها را خوراک‌دهی کردند. نتایج ایشان نشان داد که افزودن ماده جاذب اسید آسپارتیک در جیره غذایی بچه فیل‌ماهیان سبب افزایش وزن، درصد افزایش وزن، ضریب رشد ویژه (SGR)، فاکتور وضعیت (CF)، رشد روزانه، شاخص رشد روزانه و کاهش شاخص قیمت نسبت به تیمار شاهد و کاهش ضریب تبدیل غذایی (FCR) شده است. در این بررسی، بهترین شاخص‌های رشد در تیمارهای اسید آسپارتیک مشاهده گردید و نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری را از خود نشان داد ولی در جیره حاوی آلانین تفاوت معنی‌دار نبوده است. در مورد افزایش بازماندگی، اختلاف معنی‌داری در میزان بقاء بین تیمارها مشاهده نگردیده است.

جعفری شموشکی و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر محلول‌های حاوی اسیدآمینه‌های آزاد بر رفتار تاس ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) جوان، پاسخ‌های جاذب، دافع یا خنثی بچه‌ماهیان را به ۲۰ محلول اسید آمینه آزاد مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند (۲۵). در بررسی ایشان در طول هر آزمایش، جریان آب تمیز از یک طرف آکواریوم آزمایشی و محلول آزمایشی اسیدهای آمینه آزاد از طرف مقابل همان آکواریوم آزمایشی به مدت ۳ دقیقه جریان می‌یافتند. در نتایج به‌دست آمده محلول‌های آلانین و گلیسین قوی‌ترین پاسخ‌های جستجوی غذا را برانگیختند و لوسین، هیستیدین، سیستئین، ایزولوسین و پرولین پاسخ‌های مثبت پایینی را به وجود آورند و اسید آسپارتیک، تیروزین و اسید گلوتامیک پاسخ‌های منفی (یا دافع) را سبب شدند و بقیه اسیدهای آمینه نقش خنثی داشتند. تازیکی و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی اثر مکمل‌سازی جیره با سطوح مختلف اسیدهای آمینه ال-پرولین و ال-آلانین بر ایمنی، شاخص‌های خونشناسی و بازماندگی در مواجهه با تنش شوری در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، بالاترین مقدار گلبول قرمز خون، MCV، لنفوسیت و درصد بازماندگی در زمان بروز استرس شوری را در تیمارهای ترکیبی حاوی ۰/۷۵+۰/۷۵ و ۰/۵+۰/۵ پرولین-آلانین مشاهده نمودند (۲٦).

ویتامین‌ها: ویتامین‌ها مولکول‌های آلی هستند که به‌عنوان مواد اولیه (کوآنزیم) برخی از واکنش‌های متابولیکی عمل می‌کنند. ویتامین‌ها به مقدار کمی در جیره غذایی مورد نیازند که البته مقدار ناکافی آن‌ها در جیره باعث بروز بیماری‌های تغذیه‌ای و افزایش ابتلا به بیماری‌های عفونی می‌گردد. اختلال در تغذیه از لحاظ مواد معدنی- ویتامینی منجر به اختلال عمیق و کلی در متابولیسم می‌گردد (۱۸). در جیره غذائی آبزیان یازده نوع ویتامین محلول در آب و چهار نوع ویتامین محلول در چربی یافت می‌شود. مواد غذایی طبیعی ممکن است در تراکم پایین و شرایط پرورش غیرمتراکم بتوانند نسبت‌های مناسب و یا تمامی ویتامین‌های مورد نیاز ماهی و میگو را تامین نمایند

ولی در تراکم‌های بالا افزودن ویتامین به جیره از اهمیت زیادی برخوردار می‌گردد و دانستن میزان مناسب مصرف آن‌ها با توجه به آثار آنتاگونیستی احتمالی این مواد بر رشد و سیستم ایمنی نیز ضروری است (۲۷). ویتامین‌های محلول در آب نقش اصلی را در رشد، فیزیولوژی و متابولیسم ماهی دارند به‌ویژه کولین، اینوزیتول و ویتامین C در مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای در جیره غذایی مورد نیاز هستند و بعضی مواقع به عنوان ویتامین مطرح نیستند بلکه مواد مقوی از لحاظ تغذیه‌ای محسوب می‌شوند (۱۸). ویتامین C یکی از مواد مغذی ضروری مورد نیاز برای رشد، پاسخ ایمنی و حفظ فرایندهای فیزیولوژیکی ماهی‌ها می‌باشد (۲۸)؛ که میتواند به غذای ماهی اضافه شود. ویتامین C به‌عنوان یک ماده مغذی ضروری در آبزی‌پروری مطرح است که برای حفظ فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند رشد مطلوب، ایمنی بدن و تکثیر جانوران مختلف مانند ماهی مورد نیاز است. این ویتامین به‌عنوان آنتی‌اکسیدان نیز عمل می‌کند (۲۹) بیش‌تر جانوران و گیاهان قادرند این ترکیب شیمیایی را از اسید گلوکورونیک بیوسنتز کنند (شادهی و همکاران، ۲۰۱۳) ولی ماهی‌ها به‌دلیل این‌که فاقد آنزیم ال- گلونولاکتون اکسیداز می‌باشند، نمی‌توانند گلوکز را به اسید اسکوربیک تبدیل کنند و بیش‌تر ماهی‌ها برای حفظ میزان بهینه رشد خود نیازمند منابع غذایی با ویتامین C می‌باشند (۳۰).

مطالعات نشان داده است ویتامین C از تأثیرات منفی استرس جلوگیری می‌کند و نقش حفاظتی این ویتامین در برابر استرس می‌تواند به دلیل جلوگیری از تبدیل اسیدهای چرب غیراشباع به استرهای کلسترول باشد که ترکیب مهمی در ساخت کورتیزول هستند و به این طریق از افزایش کورتیزول در بدن جلوگیری می‌کند و باعث افزایش مقاومت ماهی در برابر تنش‌های محیطی می‌شود (۱۳) هم‌چنین پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند ویتامین C بر روی پارامترهای خونی مؤثر است و اخیراً نشان داده‌اند که ویتامین C یک مکمل غذایی مفید برای بهبود عملکرد رشد، بقا، رشد اسکلت و مقاومت در برابر تنش در ماهی است و هیچ مطالعه‌ای پیامدهای منفی این مکمل غذایی را نشان نمی‌دهد (۳۱).

شادهی و همکاران (۲۰۱۳) در سنجش تأثیر سطوح متفاوت پریمیکس ویتامین C جیره بر برخی از شاخص‌های رشد، بقاء و مقاومت در برابر برخی از عوامل محیطی (دما و شوری) بر بچه‌ماهی سفید *Rutilus frisii kutum*، چهار جیره غذایی شامل؛ میزان‌های ۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم پریمیکس ویتامین C در کیلوگرم غذا را بررسی نمودند که شاخص‌های رشد نشان داد که درصد افزایش وزن[1] ضریب رشد ویژه[2] ضریب تبدیل غذایی[3] و بقاء در ماهیان تغذیه شده با پریمیکس ویتامین C هزار میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره به طور معنی‌داری بالاتر از دیگر تیمارها بوده است ($P<۰/۰۵$). نتایج استرس دمایی و شوری نشان داد که ماهیان تغذیه شده با سطوح متفاوت پریمیکس ویتامین C بازماندگی بیش‌تری نسبت به ماهیان تغذیه شده بدون پریمیکس ویتامین C داشتند. براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود که پریمیکس ویتامین C می‌تواند نقش مهمی را در افزایش عملکرد رشد و مقاومت در برابر عوامل محیطی (دما، شوری) در بچه ماهی سفید ایفا نماید.

ویتامین E نیز از ویتامین‌های محلول در چربی است که نام شیمیایی آن توکوفرول می‌باشد که شامل آلفا، بتا، گاما و لاندا می‌باشد (۲۷) و مانند ویتامین C به‌عنوان یک ماده آنتی‌اکسیدان خارج و داخل سلولی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و ویتامین‌های قابل اکسیداسیون و اسیدهای چرب غیراشباع را محافظت می‌کند. اولین علامت کمبود شامل قطعه قطعه شدن اریتروسیت‌ها و به‌دنبال آن آنمی، آسیت، خشکی ملتحمه چشم، کاهش رشد، کاهش هضم غذا، ظهور

1- PBWI
2- SGR
3- FCR

رنگدانه سروئید در کبد و طحال و دیستروفی عضلانی می‌باشد. از طرفی نیز افزایش ویتامین E با علائم کاهش رشد، واکنش سمی کبد و مرگ همراه است. مقدار مورد نیاز برای ماهی ۳۰۰-۳۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم جیره خشک روزانه می‌باشد (۱۸، ۳۲). این ویتامین به‌عنوان بازدارنده ترشح کورتیزول شناسایی شده است. بنابراین، به نظر می‌رسد که ویتامین E می‌تواند تسکین‌دهنده استرس بهتری نسبت به ویتامین C باشد (۳۳)، اگرچه فعل و انفعال هر دو ویتامین با سیستم استرس و ترشح کورتیزول و کاتکول آمین‌ها (غدد درون‌ریز و پاسخ اولیه) هنوز به‌صورت کامل مشخص نیست.

صیادبورانی و همکاران (۲۰۱٤) اثر استفاده از ویتامین C در کنار ویتامین E در جیره ماهی آزاد دریای خزر را مورد بررسی قرار دادند و اثر هم‌افزایی میان دو ماده ویتامین C و ویتامین E را در جیره غذایی مشاهده نمودند (۲۷).

تعداد کمی از مطالعات، تأثیرات سایر ویتامین‌ها را در پاسخ به استرس بررسی کرده‌اند، اما هیچ نتیجه روشنی در مورد کاهش استرس وجود ندارد. به عنوان مثال، ویتامین A در متابولیسم نقش دارد و به عنوان یک هورمون استروئیدی در تنظیم رشد عمل می‌کند (۱۳). میائو و همکاران (۲۰۱۵) نشان داده‌اند که بر خلاف انتظار، دوزهای طولانی مدت ویتامین D3 منجر به استرس مزمن و تضعیف مقاومت در برابر بیماری می‌شود و بیان نموده‌اند که نقش و یا تأثیرات ویتامین‌های متفاوت با C و E در پاسخ به استرس ماهی هنوز ناشناخته است (۳٤).

لیپیدها و اسیدهای چرب: لیپیدها در ساختمان غشاهای بیولوژیکی شرکت می‌کنند، ماده ذخیره‌ای جهت تأمین انرژی می‌باشند، بهترین حلال برای ویتامین‌های محلول در چربی هستند، اسیدهای چرب ضروری بدن را تامین می‌کنند، در پدیده شناسایی سلول نقش مهمی دارند و در بیوسنتز ترکیبات شبه‌هورمون به‌خصوص پروستاگلندین‌ها شرکت می‌کنند (۱۸). اهمیت لیپیدها در پاسخ به استرس بر اساس تشکیل ایکوزانوئیدها، به‌ویژه پروستاگلاندین‌ها است. به‌طور مشخص، اسید آراشیدونیک می‌تواند به ایکوزانوئیدها تبدیل شود و به‌عنوان تعدیل‌کننده غدد درون‌ریز پاراکرین یا اتوکرین مکانیسم‌های ترشحی در اندام‌های مختلف عمل کند (۳۵). پروستاگلاندین‌ها می‌توانند حساسیت محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- آدرنال HPA در پستانداران را تعدیل کرده و انتشار کورتیزول و کورتیکوسترون را در پاسخ استرس تغییر دهند (۳٦). در ماهی نیز تعامل بین محور HPI هیپوتالاموس- هیپوفیز- اینتررنال (معادل محور HPA پستانداران) و اسید آراشیدونیک رژیم غذایی نشان داده شده است (۳۷). این دلیلی است که بیش‌تر مطالعات در مورد لیپیدها و استرس در زمینه اسید آراشیدونیک رژیم غذایی متمرکز شده است.

عمدتاً به دلیل نقش اصلی اسیدهای چرب در تغذیه، سایر اسیدهای چرب مانند اسیدهای دوکوزاهگزانوئیک (DHA) و ایکوزاپنتانوئیک (EPA) نیز بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است و بر فرایندهایی مانند تغییر در خصوصیات غشایی، انتقال سیگنال سلولی، رشد، مقاومت در برابر استرس و برخی پاسخ‌های ایمنی مؤثر می‌باشند (۳۸). میزان و ماندگاری سطح بالای کورتیزول پلاسما پس از قرار گرفتن در معرض تراکم به منبع روغن‌های غذایی بستگی دارد (۳۹).

یکی از بهترین راه‌های انتقال اسیدهای چرب EPA و DHA به ماهی با هدف افزایش مقاومت در برابر استرس و سایر عملکردها، غنی‌سازی آرتمیا با استفاده از این مواد می‌باشد. غنی‌سازی آرتمیا با

اسیدهای چرب غیراشباع بلندزنجیره و خوراندن آن‌ها به لاروها و بچه‌ماهیان، می‌تواند مکانیسم غیراختصاصی مقاومت عمومی در ماهیان را افزایش دهد بنابراین مقاومت آن‌ها در برابر بیماری‌ها، غیرطبیعی شدن بدن و تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر غنی‌سازی با اسیدهای چرب غیراشباع بلندزنجیره باعث افزایش رشد و بازماندگی در برخی از گونه‌های آبزیان می‌شود (٤٠). آرائوجو و رزا (٢٠١٦) در مورد اثرات اسید دوکوزاهگزانوئیک[1] در تغذیه لاروهای *Prochilodus lineatus* با آرتمیا غنی شده با مکمل اسید دوکوزاهگزانوئیک بیان نمودند که خوراندن مکمل خوراک زنده غنی از این ماده به لاروهای *P. lineatus* می‌تواند باعث کاهش پاسخ کورتیزول به یک عامل استرس‌زای حاد مانند قرار گرفتن در معرض هوا در هنگام صید، زمانی که مرگ و میر بالاتری انتظار می‌رود، در لاروها شود (٤١).

اسید بوتریک و اسید پروپیونیک از اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه فرار (C1-C7) و اسیدهای کربوکسیلیک ضعیف می‌باشند که در ساختار آن‌ها بیش از چند گروه کربوکسیل وجود دارد و اثرات مهارکنندگی بر رشد کپک‌ها، قارچ‌ها و باکتری‌ها دارند مازندرانی و همکاران (٢٠١٧) و مازندرانی و همکاران (٢٠١٨) به ترتیب در بررسی تأثیر اسید بوتریک و اسید پروپیونیک خوراکی بر شاخص‌های رشد و مقاومت در برابر استرس شوری غیرکشنده در ماهی کلمه خزری (*Rutilus caspicus*) بچه‌ماهیان را در سطوح مختلف صفر یا گروه کنترل، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد هرکدام از این اسیدهای آلی تغذیه نمودند و در نتایج اعلام کردند که در تمامی گروه‌های تغذیه شده با اسید بوتریک و اسید پروپیونیک میانگین وزن، ضریب رشد ویژه و درصد افزایش وزن بدن در مقایسه با ماهیان گروه شاهد به‌طور معنی‌دار کم‌تر بوده است و هورمون کورتیزول به عنوان شاخص استرس در گروه‌های تغذیه شده با اسید بوتریک و اسید پروپیونیک بالاتر از گروه شاهد بوده است (٤٢).

هم‌چنین علاوه بر موارد فوق در مورد چربی‌ها، استفاده از روغن‌های ضروری[2] حاصل از گیاهان به‌دلیل خواص متنوع آن‌ها (مانند بیهوشی، آنتی‌اکسیدان و ضد میکروبی)، مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که ترکیبات بیوژنیک جدا شده از روغن‌های ضروری مختلف، فعالیت‌های بیولوژیکی بسیار خوبی دارند و فرم نانوکپسوله شده آن‌ها ممکن است اثرات موردنظر را تقویت کند. به‌طورکلی، روغن‌های ضروری عوارض جانبی کم‌تری نسبت به ترکیبات مصنوعی دارند، اما اثرات کاهش‌دهنده استرس آن‌ها به ترکیب شیمیایی، غلظت یا خصوصیات شیمیایی ماده مورد استفاده مربوط است (٢).

روغن‌های ضروری استخراج شده از گیاهان حاوی ترکیباتی هستند که در طی متابولیسم ثانویه گیاه تولید می‌شوند. آن‌ها یکی از مهم‌ترین گروه‌های مواد اولیه غذایی و بهداشتی برای صنایع دارویی، عطر سازی و سایر محصولات هستند. آن‌ها مخلوط‌های پیچیده‌ای از مواد با وزن مولکولی کم (٤٣)، با تنوع گسترده‌ای در خصوصیات شیمیایی آن‌ها هستند (٤٤). چندین مطالعه نشان می‌دهد که برخی از روغن‌های ضروری که به‌عنوان بی‌حس‌کننده و یا آرام‌بخش استفاده می‌شوند، سطح کورتیزول پلاسما را کم‌تر کرده و پاسخ استرس را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، برخی از روغن‌های ضروری هنگامی که به حمام‌های درمانی اضافه می‌شوند قادر به جلوگیری از تنش

1- DHA

۲- روغن‌های ضروری یا Essential Oils (Eos) به زبان ساده، عصاره یک گیاه است که بر اساس تقطیر بخار یا آب آن، یا به کمک فشار سرد به‌دست می‌آید.

اکسیداتیو هستند. مطالعات اخیر نشان داده است که روغن‌های ضروری قادر به کاهش یا جلوگیری از استرس ناشی از تراکم‌های مختلف ذخیره‌سازی هستند. در مطالعه سوزا و همکاران (۲۰۱۷) افزودن روغن گیاه *Linalool chemotype* به میزان ۰/۵ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم رژیم غذایی گربه‌ماهی نقره‌ای که در یک شرایط استرس‌زا با تراکم بالا ذخیره شده بود، از افزایش سطح کورتیزول جلوگیری کرد (٤٥).

آستاگزانتین (کاروتنوئید) به‌عنوان هیدروکربن غیراشباع محلول در چربی نیز در تعدیل استرس ماهی مورد بررسی قرار گرفته است و گزارش شده است که باعث افزایش مقاومت در برابر ازدحام جمعیت می‌شود (٤٦). ربانی‌نژاد و اکبری (۱۳۹۵) افزودن ۱۰۰ میلی‌گرم به کیلوگرم مکمل غذایی آستاگزانتین به جیره غذایی ماهی طلال را باعث بهبود شاخص‌های رشد و مقاومت در برابر استرس عنوان نموده‌اند (٤٧). لیو و همکاران (۲۰۱٦) نیز بیان نمودند که مکمل آستاگزانتین به میزان ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌تواند توانایی ضداکسیداتیو و مقاومت در برابر فشار شدید حاد در گربه‌ماهی زرد *Pelteobagrus fulvidraco* را بهبود بخشد و باعث کاهش استرس شود (٤٦).

پروبیوتیک و پریبیوتیک: امروزه با توجه به اهمیت پیشگیری در مقایسه با درمان و به ویژه بروز مشکلات عدیده درخصوص استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها به صورت افزودنی‌های خوراکی به‌دلیل افزایش مقاومت باکتریایی و سایر عوارض ناخواسته، استفاده از یک جایگزین مناسب پیشگیری‌کننده ضروری می‌باشد. در این خصوص محرک‌های رشد پروبیوتیکی و پری‌بیوتیکی گزینه‌هایی بسیار مناسب هستند (۱۸). فلور روده ماهی‌ها حاوی انواع مختلفی از باکتری‌ها است. بسیاری از این باکتری‌ها برای گوارش بهینه غذا مفیدند و تاثیرات سودمندی بر سلامت روده دارند (٤٨) دسته‌ای از این باکتری‌ها که به باکتری‌های پروبیوتیک معروف هستند، علاوه بر کمک به گوارش، مولکول‌های پیچیده و ترکیباتی مانند ویتامین‌ها و آنتی‌بیوتیک‌های مختلف را تولید می‌کنند که برای بدن مفید است. هم‌چنین پروبیوتیک‌ها بر تعادل باکتری‌های مفید و مضر روده تأثیر می‌گذارند و این تعادل را به نفع افزایش جمعیت باکتری‌های مفید تغییر می‌دهند بنابراین هضم و جذب مواد غذایی را افزایش می دهند و موجب بهره‌برداری بیش‌تر بدن از مواد غذایی خورده شده می‌شوند که به رشد و تولید بیش‌تر می‌انجامد (٤٩)، در حقیقت پروبیوتیک‌ها از همین طریق اثرات سلامت بخش خود را در بدن آبزیان القا می‌کنند. به‌ویژه باکتری‌های پروبیوتیکی مانند لاکتوباسیلوس‌ها با تحریک سیستم ایمنی میزبان موجب افزایش مقاومت در برابر استرس‌های محیطی شده و درصد بازماندگی را بالا می‌برند (۵۰).

پربیوتیک‌ها (یا پری‌بیوتیک‌ها) به عنوان ترکیبات غذای غیرقابل هضمی هستند که به‌طور انتخابی باعث تحریک رشد و یا فعالیت یک یا تعداد محدودی از باکتری‌های روده (پروبیوتیک‌ها) و بهبود و تعادل میکروفلور روده و افزایش مکانیسم دفاعی میزبان می‌شوند بنابراین اثرات سودمندی بر میزبان داشته و سلامتی آن را بهبود می‌بخشند (سامع و همکاران، ۲۰۱٦). ترکیب تلفیقی از پروبیوتیک و پریبیوتیک را به دلیل ایجاد اثرات همافزایی، سین‌بیوتیک مینامند (٤٨، ۵۱) که امروزه در بسیاری از مطالعات نتایج حاصله از عملکرد سین‌بیوتیک‌ها بسیار موفقیت‌آمیزتر از پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها به‌صورت جداگانه بوده است. البته دستیابی به این اثر سینرژیک نیازمند بررسی اولیه و استفاده از پروبیوتیک و پربیوتیک سازگار با هم می‌باشد.

پربیوتیک‌ها باید خواص ویژه‌ای داشته باشند، از جمله این که در بخش‌های فوقانی دستگاه گوارش نباید هضم و جذب شوند و توسط یک یا تعدادی از

باکتری‌های مفید روده به‌صورت گزینشی تخمیر شوند و جمعیت میکروبی غالب روده را به تولید ترکیبات سالم‌تر سوق دهند. علاوه بر این مهم‌ترین محصول حاصل از متابولیسم پربیوتیک‌ها، اسیدهای چرب زنجیره کوتاه یا SCFA[1] هستند که از طریق اپیتلیوم روده جذب می‌شوند و به عنوان یک منبع انرژی مهم برای میزبان تلقی شده و سبب تقویت انتروسیت‌ها و بهبود جذب مواد غذایی می‌شوند (اکرمی و همکاران، ۱۳۸۹).

در بین پربیوتیک‌های مورد استفاده در تغذیه انسان و سایر جانوران، کربوهیدرات‌ها بیش‌تر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. مشخص شده است که در میان کربوهیدرات‌ها اینولین، ترانس گالاکتوالیگوساکارید، الیگوفرکتوز و لاکتوز را می‌توان به عنوان پربیوتیک استفاده کرد. در بین انواع مختلف پربیوتیک، اثرات فروکتو، گالاکتو، گلیگو و مانان‌الیگوساکاریدها روی سلامتی انسان و سایر جانوران اهلی بیش‌تر مطالعه شده است و رشد، تبدیل غذا، مقاومت در برابر استرس و عملکرد ایمنی را بهبود می‌بخشند. اثری که بسیاری از این پربیوتیک‌ها بر محور HPI می‌گذارند کاملاً مشخص نیست ولی یکی از عملکردهای کاهش استرس این دسته از مکمل‌ها، در نتیجه بهبود عمومی سلامتی ماهی می‌باشد. بنابراین، احتمال دارد که کاهش پاسخ استرس ارتباط مستقیمی با مصرف این مواد افزودنی یا مولکول‌های زیستی مشتق شده از آن‌ها نداشته باشد (۱۳).

مرادزاده و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر پروبیوتیک پریمالاک در افزایش میزان مقاومت میگوی پا سفید غربی (*Litopemeaus vannamei*) در مقابل استرس شوری پایین به این نتیجه رسیدند که استفاده از سطوح مختلف پروبیوتیک پریمالاک توان مقاومت میگوی پاسفید غربی را در برابر استرس بالا برده و اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی با گروه شاهد مشاهده کردند. بنابراین ایشان اضافه کردن این پروبیوتیک به جیره غذایی بچه‌میگوها را توصیه نموده‌اند (۵۰).

نتایج سامع و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی اثرات کیتوزان بر عملکرد رشد، برخی شاخص‌های خون شناسی، بازماندگی و مقاومت در برابر تنش شوری بچه‌ماهیان کپور معمولی نشان داد که در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی کیتوزان، وزن نهایی و افزایش وزن، به‌طور معنی‌داری افزایش و ضریب تبدیل غذا و میانگین هموگلوبین در سلول (MCH) ماهیان تیمار شده با کیتوزان در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی‌دار داشت.

طالبی حقیقی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر سطوح مختلف سین‌بیوتیک بایومین ایمبو[2] بر رشد و بازماندگی بچه‌ماهیان سفید (*Rutilus frisian kutum*) به این نتیجه رسیدند که ماهی‌هایی که از جیره‌های فاقد مکمل سین‌بیوتیک تغذیه شدند، عملکرد تولیدی کم‌تری نسبت به سایر تیمارها داشتند و افزودن سینبیوتیک به جیره‌های غذایی بر روی پارامترهای رشد (وزن نهایی، درصد افزایش وزن، میزان رشد ویژه، میزان بازده پروتئین، بازده غذایی و میزان جذب غذای روزانه) تأثیر مثبت و معنی‌داری دارد (۵۲).

نوکلئوتیدها: نوکلئوتیدها به گروهی از مواد بیوشیمیایی درون سلولی با وزن مولکولی کم (شامل یک پایه پورین یا پیریمیدین، یک قند ریبوز یا دی اکسی‌ریبوز و یک یا چند گروه فسفات) با نقش‌های مختلف فیزیولوژیکی و عملکردهای بیوشیمیایی اطلاق می‌شود که در عملکرد سلول نقش حیاتی دارند. نوکلئوتیدها در تقویت سیستم ایمنی،

۱- Short-Chain Fatty Acids شامل اسیدهای چرب با دنباله‌های آلیفاتیک و با حداکثر ۵ اتم کربن هستند.

2- Biomin Imbo

بهبود وظایف کبد، افزایش سطح جذب در روده، افزایش رشد و متابولیسم چربی و پروتئین نقش دارند. این ترکیبات هم‌چنین در ساختار بسیاری از کوآنزیم‌ها مانند فلاوین آدنین دی نوکلئوتید و نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید که در بعضی از مسیرهای متابولیک نقش ایفا می‌کنند، شرکت دارند. به‌دلیل این‌که بعضی از بافت‌ها ظرفیت محدودی برای سنتز این ترکیبات دارند و انرژی زیادی صرف ساختن این ترکیبات در بدن می شود، تقریباً در تغذیه اکثر گونه‌ها تأمین این ترکیبات نیمه ضروری است (۵۳) یعنی در شرایط معمولی برای ماهی کافی هستند. اما در شرایط استرس‌زا تولید نوکلئوتید کافی نبوده و نوکلئوتید خارجی اضافه شده به‌صورت مکمل به غذا می‌تواند مفید باشد (٥٤).

نقش نوکلئوتیدها و متابولیت‌ها در رژیم‌های غذایی ماهیان تقریباً ۲۰ سال است که مورد مطالعه قرار گرفته است و بیش‌تر پژوهش‌ها نتایج مفید و منسجم را در مدیریت سلامتی ماهیان دریایی و آب‌های شیرین نشان داده‌اند. نوکلئوتیدها پتانسیل زیادی به عنوان مکمل‌های غذایی برای افزایش ایمنی و مقاومت در برابر بیماری ماهی‌های تولید شده در آبزی‌پروری نشان داده‌اند. در مطالعه خندان بارانی و همکاران (۲۰۱٦) نتایج نشان داد که پس از انجام استرس دستی، میزان کورتیزول و گلوکز به‌طور معنی‌داری نسبت به قبل از استرس در تمام تیمارها افزایش یافت و در تیمارهای تغذیه شده با نوکلئوتید میزان کورتیزول به‌طور معنی‌داری کم‌تر از گروه شاهد بود و کم‌ترین میزان کورتیزول در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۵۰ درصد نوکلوتید مشاهده شد (٥٤). بهمنی و همکاران (۲۰۱۱) نیز در بررسی اثر سطوح مختلف نوکلئوتید جیره بر ماهی هامور معمولی *Epinephelus coioides* سطح ۰/۳۵ درصد از نوکلئوتید جیره برای استفاده در جیره ماهی هامور معمولی پیشنهاد نمودند (۵۵).

پژوهش‌ها در مورد نوکلئوتیدهای غذایی در ماهی نشان داده است که آن‌ها ممکن است باعث بهبود رشد در مراحل اولیه رشد، تغییر ساختار روده، افزایش تحمل استرس و هم‌چنین تعدیل پاسخ‌های ایمنی ذاتی و سازگاری شوند و می‌توان گفت در مطالعات انجام شده، رژیم‌های غذایی حاوی مکمل‌های نوکلئوتیدی به‌طورکلی مقاومت بالایی در برابر عفونت ویروسی، باکتریایی و انگلی نشان داده‌اند (٥٦).

مواد معدنی: به‌طورکلی ارزیابی احتیاجات عناصر معدنی ماهیان برخلاف موجودات خشکی‌زی به دلیل تعاملات با محیط آبی بسیار پیچیده‌تر می‌باشد (۵۷). این عناصر بر اساس ضرورت یا عدم ضرورت، میزان نیازمندی یا مقادیر آن‌ها در بدن، به دو دسته عناصر معدنی ماکرو و عناصر معدنی میکرو تقسیم شده‌اند. عناصر معدنی ماکرو شامل کلسیم، پتاسیم، منیزیم، سدیم و فسفر و دسته دیگر که عناصر معدنی میکرو نامیده شده در برگیرنده مس، آهن، ید، منگنز، سلنیوم و روی هستند (۵۸) مواد معدنی در ساختمان ملکول آدنوزین تری فسفات (ATP) و انتقال انرژی، ثبات فشار اسمزی و تعادل اسیدی قلیائی مایعات داخلی، در متابولیسم غذا، استحکام اسکلت و شرکت در ساختمان عوامل ضروری و اصلی آنزیم‌ها، ویتامین‌ها و هورمون‌ها نقش ایفا می‌کنند. این مواد هر چند به‌میزان اندک اما در تداوم حیات موجود ضروری بوده، در غیر این صورت سلامتی ماهی به خطر می‌افتد. توجه به نیازمندی‌های مواد معدنی ماکرو و میکرو در کنار سایر اجزای جیره غذایی، می‌تواند منجر به تولید محصولی با کیفیت بالاتر شود (۱۹).

بیش‌تر پژوهش‌های انجام شده موجود در مورد استفاده از مواد معدنی در تغذیه آبزیان با هدف تعیین سطح مطلوب این مواد در رژیم‌های غذایی انجام شده

است و تأکید ویژه‌ای در مورد تغذیه زودهنگام بچه‌ماهی‌ها با مکمل‌های معدنی شده است (۵۹). بنابراین، برای بهینه‌سازی سودآوری آبزی‌پروری، تلاش زیادی باید انجام شود تا نیازهای معدنی خاص در شرایط نامساعد کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد. عناصری همچون کلسیم، فسفر، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر و گوگرد که مقدار متوسط آن‌ها به‌ازای هر کیلوگرم ماده بدن به ۵۰ میلی‌گرم بالغ می‌شود را مواد معدنی پرمصرف یا ماکروالمنت گویند و سایر عناصر هم‌چون آهن، مس، کبالت، منگنز، روی، ید و سلنیوم که مقدار متوسط آن‌ها به‌ازای هر کیلوگرم خوراک مصرفی از ۵۰ میلی‌گرم تجاوز نمی‌کند را عناصر میکروالمنت گویند (۱۸). به‌نظر می‌رسد که سلنیوم آلی و غیرآلی بیش‌ترین مواد معدنی مورد سنجش به‌منظور کاهش استرس در ماهی است (۶۰). سلنیوم یکی از مواد کم نیاز برای حیوانات بوده که به‌عنوان کوفاکتور در ساختار آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نقش اساسی را در مهار اثرات تخریبی رادیکال‌های آزاد و تنش اکسیداتیو[1] در سلول‌های بدن ایفاء می‌نماید (۶۱) بنابراین، در این زمینه مطالعات به جای پاسخ غدد درون ریز بر پاسخ استرس اکسیداتیو متمرکز شده است. همه اثرات مفید مکمل‌های سلنیوم را بر مقاومت به استرس به‌دلیل عملکرد آنتی‌اکسیدانی آن بیان کرده‌اند. منگنز و روی نیز مشابه سلنیوم به عنوان کوفاکتور در چندین آنزیم اساسی مربوط به کنترل پارامترهای استرس به‌ویژه استرس اکسیداتیو عمل می‌نمایند.

عنصر منیزیم چهارمین کاتیون فراوان در موجودات زنده و دومین کاتیون مهم داخل سلولی محسوب می‌شود که برای فعالیت بیش از ۳۰۰ آنزیم حیاتی کاربرد دارد و وجود آن‌ها برای واکنش‌های آنزیمی و متابولیک بدن مانند واکنش‌های آنزیمی در ساخت پروتئین‌ها، عملکرد سیستم عصبی مانند نقل و انتقال یونهای پتاسیم و کلسیم به داخل و خارج سلول جهت هدایت پیام عصبی، انقباض عضلانی و هم‌چنین تنفس سلولی و تولید انرژی ضروری است (۶۲). ترکیبات مختلف منیزیم شامل سیترات منیزیم، کلرید منیزیم، گلوکونات منیزیم است که به‌دلیل نفوذپذیری بسیار کم این ترکیبات، نانوذرات آن‌ها کاربرد بیش‌تری دارد (۶۳).

نتایج مطالعه افسردیر و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی تأثیر سطوح مختلف نانو ذرات اکسید منیزیم بر رشد، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و فاکتورهای ایمنی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) نشان داد که ماهیان تغذیه شده با ۲۵ میلی‌گرم نانومنیزیم بر کیلوگرم غذا افزایش معنی‌داری در وزن نهایی، میانگین رشد روزانه و نرخ رشد ویژه و کاهش معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با تیمار شاهد داشتند و طی ۱۴ روز ایجاد استرس مزمن توسط علف‌کش گالیفوزیت در پایان دوره آزمایش، بیش‌ترین فعالیت لیزوزیم و کم‌ترین میزان هورمون کورتیزول در رژیم حاوی این میزان نانومنیزیم در غذا مشاهده شد (۶۲).

با این‌حال با گسترش تکنولوژی در سال‌های اخیر، افزایش بیش از حد بسیاری از فلزات و مواد معدنی در محیط و ورود آن‌ها به آب‌های محل زندگی آبزیان باعث بروز مسمومیت شده است به عنوان مثال، استفاده بیش از حد از نانوذرات اکسیدروی (ZnO NPs) در تولید مواد آرایشی، داروی و صنعتی (۶۴) یا نانوذرات مس که در سنسورهای گازی، کاتالیست‌ها، باطری‌ها، مواد ضدباکتریایی کاربرد گسترده‌ای دارند (۶۵) که همین مواد عاملی برای بروز استرس در آبزیان خواهند بود (۱۱).

۱- استرس اکسیداتیو فرآیندی است که از طریق رادیکال‌های آزاد در سطح غشای سلول ایجاد شده و سبب آسیب به غشای سلول و غشای اندامک‌های داخل سلولی به‌خصوص میتوکندری‌ها می‌شود.

افزودنی‌های عصاره گیاهی: برخی مطالعات نشان داده‌اند که عصاره گیاهان مختلف می‌تواند باعث بهبود ضریب تبدیل غذایی، کاهش زمان دوره پرورش برای عرضه به بازار و در نتیجه کاهش هزینه‌های پرورشی شود (رضاقلی‌تبار و همکاران، ۲۰۱۹) و بسیاری از عصاره‌های گیاهی می‌توانند هم‌زمان باعث افزایش فراسنجه‌های رشد و سلامت ماهیان شوند که این را آبزی‌پروری موفق می‌توان نامید (دوروجان و همکاران، ۲۰۱۵). سازمان بهداشت جهانی استفاده از گیاهان دارویی را جهت جایگزینی یا به حداقل رساندن استفاده از مواد شیمیایی را در درمان آبزیان تشویق می نماید. بنابراین سال‌هاست که گیاهان دارویی جهت افزایش کارایی انرژی، بهبود عملکرد رشد و نیز به عنوان منبع جدیدی از پروتئین برای حیوانات به کار می‌روند و عصاره گیاهان دارویی به‌عنوان ضد استرس، محرک رشد و اشتها، ضد میکروب و محرک ایمنی استفاده می‌شود و مزیت مهم آن‌ها این است که به‌صورت طبیعی هستند و محدودیتی برای سلامتی انسان، ماهیان و محیط زیست ندارند (۱۰).

آویشن *Thymus vulgaris* یکی از گیاهان تیره نعناعیان *Lamiaceae* است که مواد مؤثره آن شامل کاراکول، پاراسیمول، لینالول و تیمول که مهم‌ترین آن تیمول می‌باشد و مطالعات زیادی در زمینه تأثیر این عصاره بر فراسنجه‌های رشد، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی و سیستم ایمنی انجام شده است که در اکثر این پژوهش‌ها عصاره این گیاه خاصیت تحریک ایمنی داشته است (رضاقلی‌تبار و همکاران، ۲۰۱۹).

شریف روحانی و همکاران (۲۰۰۷) استفاده از غلظت ۱۵ تا ۲۰ میلی‌گرم در لیتر آویشن به عنوان آرام‌بخش جهت کاهش استرس به هنگام هر نوع دستکاری ماهی را پیشنهاد نموده‌اند (٦٦). نتایج مطالعه زارعی نوذری و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان داد که استفاده از ۱ درصد پودر زنجبیل و اسانس آویشن باعث تحریک سیستم ایمنی و افزایش مقاومت بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در برابر عوامل بیماری‌زا می‌گردد (٦٧).

روحی و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی اثر تنش شوری بر بقاء، پارامترهای بیوشیمیایی و خونی کپور معمولی تغذیه شده با مکمل غذایی دانه شنبلیله، اعلام نموده‌اند که شنبلیله دارای دانه‌های غنی از پروتئین و برگ‌های سرشار از ویتامین‌ها و مواد معدنی است و غنی از فلاوونوئیدها و ساپونین‌ها است که عملکردهای حفاظتی برای آسیب اکسیداتیو و خواص ایمنی دارد و هم‌چنین دارای لکتین و کولین است که به حل شدن کلسترول و ترکیبات چربی، مواد معدنی، آهن، فسفات و ویتامین A و D کمک می‌کند و اثرات مثبت این گیاه بر رشد و پاسخ ایمنی ماهی تأیید شده است و در مطالعه ایشان نیز نتایج نشان داد که مکمل غذایی شنبلیله ۱ درصد اثر مثبتی بر گلوکز، کلسترول، هماتوکریت و مقاومت کپور معمولی نسبت به تنش شوری دارد (٦٨).

روحی و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی اثر استفاده از پودر زیره سیاه به عنوان افزودنی طبیعی غذایی بر رشد و برخی پارامترهای خونی ماهی کپور معمولی به این نتیجه رسیدند که زیره سیاه باعث بهبود معنی‌دار رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود و مطالعه ایشان نشان داد که افزودن یک درصد زیره سیاه به جیره ماهی می‌تواند عملکرد رشد و سلامتی ماهی را ارتقا بخشد (۱۰).

نژادمقدم و همکاران (۲۰۱۸) در ارزیابی اثر عصاره هیدروالکلی گزنه (*Urtica dioica*) بر برخی شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی خون ماهی قرمز (*Carassius auratous*) نتیجه گرفتند که غلظت‌های بالای گزنه می‌تواند موجب بهبود عملکرد برخی شاخص‌های فیزیولوژیک ماهی قرمز گردد (٦٩).

رضایی و مهری خوانساری (۲۰۱۰) بهترین داروی بیهوشی برای مولدین قزل‌آلا را مقدار ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم پودر گل میخک معرفی نموده‌اند که برخلاف داروهای شیمیایی بیهوشی، تغییر در میزان دوز مصرفی باعث تلفات نخواهد شد هم‌چنین ایشان استفاده از مقدار ۲۰ تا ۴۰ میلی‌گرم در لیتر پودر گل میخک در آب در زمان حمل بچه‌ماهی را جهت کاهش استرس ماهی پیشنهاد نموده‌اند (۱۹).

در کل می‌توان گفت گیاهان دارویی بسیار زیادی وجود دارند که می‌توانند به کاهش استرس و افزایش مقاومت و رشد آبزیان کمک نمایند و مطالعات بسیار زیادی در این خصوص منتشر شده است که گنجاندن همه موارد در این مقاله مقدور نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

در فرایند تولید ماهی، تغذیه بیش از نیمی از هزینه‌های تولید را به خود اختصاص می‌دهد و مهم‌ترین عاملی است که کیفیت ماهی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، تنها یک رژیم غذایی کامل و با کیفیت می‌تواند تمام عناصر و ویتامین‌های مورد نیاز بدن ماهی را تأمین کرده و سلامت آن را در درازمدت تضمین کند و در مقابل استرس، بیماری و بروز تلفات که مانع از رسیدن به رشد و تولید مناسب خواهند بود، ماهی را مقاوم نماید (۱۸). یک جیره مناسب دارای توان ایجاد حداکثر رشد، حداکثر تولید مثل، مقاومت به استرس، حداکثر کیفیت ماهی از جنبه‌های ظاهر، تخم و لارو، حداقل قیمت تمام شده، حداقل آلودگی‌های زیستی، حداقل اتلاف مواد غذایی در مراحل مختلف و حداقل نیروی مورد نیاز برای ساخت غذا است. به‌طورکلی جیره مناسب حداکثر کیفیت و حداقل قیمت تمام شده را به‌دنبال دارد. یک جیره گران‌قیمت ممکن است حداکثر تولید را موجب شود، ولی با آن قیمت جیره به‌ازای هر واحد تولید، اقتصادی نباشد. به همین ترتیب، ارزان‌ترین جیره همیشه اقتصادی‌ترین جیره نخواهد بود. بنابراین قیمت به‌ازای هر واحد تولید، تعیین‌کننده نهایی مواد غذایی و مکمل‌های موجود در یک جیره می‌باشد (۱۱). به‌طورکلی، احتمال کاهش اثرات منفی استرس و حساسیت به بیماری ماهی از طریق مکمل‌های افزودنی غذایی، به‌ویژه در مورد اسیدهای آمینه کاربردی، اسیدهای چرب و مواد معدنی واقع‌بینانه به‌نظر می‌رسد. با این وجود، این راهبردهای تغذیه‌ای باید چندین عامل خارجی (به‌عنوان مثال، سیستم‌های پرورش، دما، شوری و غیره) و ذاتی (به‌عنوان مثال؛ سن، زمینه ژنتیکی و غیره) را نیز در نظر بگیرند که در برخی موارد به فرمولاسیون سفارشی نیاز می‌باشد (۱۳).

در هر صورت باید عنوان نمود استفاده از افزودنی‌های خوراکی جهت کاهش استرس در آبزیان به‌ویژه در زمان‌هایی که ماهی دارای حساسیت‌های ویژه است مانند دوران لاروی یا در زمان تکثیر برای مولدین بسیار ضروری می‌باشد و می‌تواند تولید بیش‌تر را تضمین نموده و تلفات را کاهش دهد ولی برای تأیید راهبرد تغذیه‌ای به‌منظور بهبود سلامتی و بقا در ماهی‌های تحت استرس مزمن، مطالعات بیش‌تری مورد نیاز است. هر دو پاسخ استرس و عملکرد ایمنی با توجه به نوع عوامل استرس‌زا و مدت زمان استرس متفاوت است. بنابراین، هنگامی که سطح بهینه مکمل برای یک ماده افزودنی خاص و برای یک گونه خاص بررسی می‌شود، اثرات مفید آن باید در طی شرایط تنش‌زای مختلفی که معمولاً در آبزی‌پروری وجود دارد، تأیید شود.

منابع

1.Jafari, V.A., Nourqholipour, S., Imanpour, M.R., and Hosseini Far, S.H. 2020. Effects of different levels of the amino acid glycine on growth indices, feed intake, survival rate and salinity stress resistance in common carp *Cyprinus carpio*. Journal of Animal Environment. Eleventh Year, No. 2. Summer. pp. 197-204.

2.Freitas Souza, C.D., Dellaméa Baldissera, M., Baldisserotto, B., Heinzmann, B., M., Martos-Sitcha A.J., and Mancera, J.M. 2019. Essential Oils as Stress-Reducing Agents for Fish Aquaculture: A Review. Front. Physiol. https://doi.org/10.3389/ fphys.2019.00785.

3.Rohi, Z., Imanpour, M.R., Jafari, V.A., and Taghizadeh, V. 2015. The effect of different levels of black cumin on growth performance and some blood parameters in common carp. Journal of Animal Environment. Seventh year. No. 1. Spring. pp. 112-105.

4.Jafari, V.A. 2021. The effect of stress on fish reproduction. Aquatic Physiology textbook for PhD students. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

5.Martos-Sitcha, J.A., Wunderink, Y.S., Straatjes, J., Skrzynska, A.K., Mancera, J.M., and Martinez-Rodriguez, G. 2014. Different stressors induce differential responses of the CRH-stress system in the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. 177: 49-61. 10.1016/ j.cbpa.2014.07.021

6.Schreck, C.B., and Tort, L. 2016. The concept of stress in fish, in Biology of Stress in Fish - Fish Physiology, Vol. 35, eds. Schreck, C.B., Tort, L., Farrell, A.P., Brauner C.J. (Cambridge, MA: Academic Press). pp. 1-34.

7.Conde-Sieira, M., Muñoz, J.L.P., López-Patiño, M.A., Gesto, M., Soengas, J.L., and Míguez, J.M. 2014. Oral administration of melatonin counteracts several of the effects of chronic stress in rainbow trout. Domest Anim Endocrinol. 46: 26-36.

8.Koeypudsa, W., and Jongjareanjai, M. 2011. Impact of water temperature and sodium chloride (NaCl) on stress indicators of hybrid catfish (*Clarias gariepinus* × *Clarias Macrocephalus*). Songklanakarin Journal of Science and Technology. 33: 4. 369-378.

9.Schreck, C.B. 2010. Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis. General and Comparative Endocrinology. 165: 549-556.

10.Roohi, Z., Imanpoor, M.R., Jafari, V.A., and Taghizadeh, V. 2015. The use of fenugreek seed meal in fish diets: growth performance, haematological and biochemical parameters, survival and stress resistance of common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture Research, pp. 1-7.

11.Rezaei, M.M., Salehi, M., Akbari, H., and Chamani, M. 2012. Fish farming in agricultural water storage ponds. Promotional booklet. Agricultural Jihad Organization of Markazi Province. Management of agricultural jihad in Khondab city. 25p.

12.Fu, M., Collins, S.A., Anderson, D.M., and Maxi-Gen, P. 2017. A nucleotide-containing product that reduces stress indicators and improves growth performance during smoltification in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 473: 20-30.

13.Herrera, M., Miguel Mancera, J., and Costas, B. 2019. The Use of Dietary Additives in Fish Stress Mitigation: Comparative Endocrine and Physiological Responses.

14.Tort, L. 2011. Stress and immune modulation in fish. Dev. Comp. Immunol. 35: 1366-1375.

15.Barman, D., Nen, P., Mandal, S.C., and Kumar, V. 2013. Immunostimulants for aquaculture health management. J. Mar. Sci. Res. Dev. 3: 134.

16.Yaghoubi, M., Ghafleh Mormazi, J., and Safari, A. 2016. Negative effects of amino acid deficiency of elysine and methionine in the diet on growth performance and body chemical composition of young sparid

(*Sparidentex hasta*). Journal of Marine Biology. Islamic Azad University, Ahvaz Branch. Year 8, No. 30, Summer. pp. 38-27.

17. Laxman, J.B. 1991. Studies on the effect of steroid hormones on the growth and biochemical composition of the Mullet Ciza Darsia (Wamilion). Thesis for degree of PhD. Cochin university of science and technology. 220p.
18. Rezaei, M.M. 2017. Investigation of nutritional needs of ornamental fish and feasibility study of food production with appropriate quality with emphasis on Green Terror and Severum species. Final report of the research project. Ornamental fish knowledge-based research company. 61p.
19. Rezaei, M.M., and Mehri Khansari, D. 2010. A practical guide to raising rainbow trout. Agricultural Jihad Organization of Markazi Province. Agricultural Jihad Management of Arak. Promotional booklet. 19p.
20. Jafari, V.A., Bahri, A., Mazandarani, M. and Haji Begloo, A.A. 2021. The effect of different levels of amino acid L-arginine on growth indices and resistance of common carp fish *Cyprinus carpio* in the face of salinity stress. Journal of Animal Environment. Twelfth Year, No. 1. Spring. pp. 268-261.
21. Gómez-Requeni, P., Mingarro, M., Kirchner, S., Calduch-Giner, J.A., Médale, F., Corraze, G., Panserat, S., Martin, S.A.M., Houlihan, S.J., Kaushik, D.F., and Pérez-Sánchez, J. 2003. Effects of dietary amino acid profile on growth performance, key metabolic enzymes and somatotropic axis responsiveness of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture. 220: 1-4. 14. 749-767.
22. Conceição, L.E.C., Aragão, C., Dias, J., Costas, B., Terova, G., and Martins, C. 2012. Dietary nitrogen and fish welfare. *Fish Physiol Biochem*. 38: 119-41.
23. Böger, R.H. 2007. The Pharmacodynamics of l-Arginine. American Society for Nutrition. Clinical Pharmacology Unit, Institute of Experimental and Clinical Pharmacology, University Hospital Hamburg-Eppendorf, Germany. 8p.
24. Poor Ali Fashtami, H.R. 2016. Investigation of the effect of food sorbents (methionine, lysine and alanine) on the growth and survival of larvae and juveniles of Iranian sturgeon (*Acipenser persicus*). Ministry of Jihad Agriculture, Agricultural Research, Training and Extension Organization. Caspian Sea Sturgeon International Research Institute, Registration No. 47214, 62p.
25. Jafari Shamushaki, V.A., Kasumyan, A.O., Abedian, A., and Abtahi, B. 2007. Behavioural responses of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) juveniles to free amino acid solutions. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology. 40: 3. 1-6.
26. Taziki, T., Jafari, V.A., Mazandarani, M., and Hosseini Far, S.H. 2021. The effect of dietary supplementation with amino acids L-proline and L-alanine on safety, hematological indices and survival in the face of salinity stress in *Cyprinus carpio*. Journal of Applied Fisheries Research. 8: 4. 86-77.
27. Sayadborani, M., Sayadborani, M., Khara, H., and Ismail Fakharzadeh, S.M. 2014. The effect of different levels of vitamin C and vitamin E in the diet on growth parameters and immune system of Caspian salmon. Iranian Journal of Fisheries. Twenty-third year. number 4. winter. pp. 96-85.
28. Vasudhevan, I., and James, R. 2011. Effect of optimum *Spirulina* along with different levels of vitamin C incorporated diets on growth, reproduction and coloration in goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758). Indian Journal Fisheries. 58: 101-106.
29. Rahimi, M., Soodagar, M., Oraji, H., Hosseini, S.A., and Taghizadeh, V. 2012. The effect of vitamin C on blood parameters, growth and response to temperature stress in rainbow trout fry. Journal of Veterinary Research. 67: 4. 380-373.
30. Velasco-Santamaría, Y., and Corredor Santamaría, W. 2011. Nutritional requirements of freshwater ornamental fish. a review. Revista MVZ Córdoba. 16: 2458-2469.

31. Imanpoor, M., Imanpoor, M.R., and Roohi, Z. 2017. Effects of dietary vitamin C on skeleton abnormalities, blood biochemical factors, haematocrit, growth, survival and stress response of *Cyprinus carpio* fry. *Aquacult Int*. 25: 793-803.
32. Traber, M.G., and Atkinson, J. 2007. Vitamin E, antioxidant and nothing more. Free Radical Biology and Medicine. 43: 4-15.
33. Belo, M.A.A., Schalch, S.H.C, Moraes, F.R., Soares, V.E., Otoboni, A.M.M.B., and Moraes, J.E.R. 2005. Effect of dietary supplementation with vitamin E and stocking density on macrophage recruitment and giant cell formation in the teleost fish, *Piaractus mesopotamicus*. J. Comp Pathol. 133: 146-54.
34. Miao, L.H., Xie, J., Ge, X.P., Wang, K.B., Zhu, J., and Liu, B. 2015. Chronic stress effects of high doses of vitamin D3 on *Megalobrama amblycephala*. Fish Shellfish Immunol. 47: 205-13.
35. Van-Anholt, R.D., Spanings, F.A.T., Koven, W.M., Nixon, O., and Wendelaar-Bonga, S.E. 2004. Arachidonic acid reduces the stress response of gilthead seabream *Sparus aurata* L. J Exp Biol. 207: 3419-30.
36. Wang, H., Walker, S.W., Mason, J.I., Morley, S.D., and Williams, B.C. 2000. Role of arachidonic acid metabolism in ACTH-stimulated cortisol secretion by bovine adrenocortical cells. Endocrinol Res. 26: 705-9.
37. Montero, D., Terova, G., Rimoldi, S., Tort, L., Negrin, D., and Zamorano, M.J. 2015. Modulation of ACTH-induced expression of stress-related genes by polyunsaturated fatty acids in interrenal cells from European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. J. Nutr. Sci. 4:e16 10.1017/jns.2015.6.
38. Liu, J., Caballero, M.J., Izquierdo, M.S., El-Sayed, A.T., Hernández-Cruz, C.M., and Valencia, A. 2002. Necessity of dietary lecithin and eicosapentaenoic acid for growth, survival, stress resistance and lipoprotein formation in gilthead sea bream *Sparus aurata*. Fisher Sci. 68: 1165-72.
39. Ganga, R., Montero, D., Bell, J.G., Atalah, E., Ganuza, E., and Vega-Orellana, O. 2011. Stress response in sea bream (*Sparus aurata*) held under crowded conditions and fed diets containing linseed and/or soybean oil. Aquaculture. 311: 215-23.
40. Zahedi, M.R., Bahri, A.H., Yahyawi, M., Mohammadizadeh, F., and Yasemi, M. 2016. The effect of enriching Franciscana Artemia with long chain fatty acids and vitamin E on growth rate, survival and resistance to temperature and salinity stress in squid larvae (*Pharaonis Sepia*). Journal of Aquaculture Development, Year 10, Issue 4, Winter. pp. 61-51.
41. Araújo, F.G., and Rosa, P.V. 2016. Docosahexaenoic acid (C22:6n-3) alters cortisol response after air exposure in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) larvae fed on enriched *Artemia Aquacult Nutr*. 22: 170-80.
42. Mazandarani, M., Sodagar, M., Jafari, V.A., Jaferrnoodeh, A., Bezi, F., and Sarpanah, A.N. 2018. Effects of oral propionic acid on growth indices and resistance to salinity stress (*Rutilus caspicus*) in the Caspian Roach. Journal of Ornamental Aquaculture. Fifth year. No. 1: 8-1.
43. Morais, L.A.S. 2009. Influence of abiotic factors on the chemical composition of essential oils. Hort. Bras. 27: 4050-4063.
44. Hussain, A.I., Anwar, F., Sherazi, S.T.H., and Przybylski, R. 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chem.* 108: 986-995.
45. Souza, C.F., Baldissera, M.D., Salbego, J., Lopes, J., Vaucher, R.A., and Mourão, R. 2017. Physiological responses of silver catfish to anesthesia with essential oils from two different chemotypes of *Lippia alba*. Neotrop. Ichthyol. 15: e160083. doi: 10.1590/ 1982-0224-20160083.

46. Liu, F., Shi, H. Z., Guo, Q.S., Yu, Y.B., Wang, A.M., and Lv, F. 2016. Effects of astaxanthin and emodin on the growth, stress resistance and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). Fish Shellfish Immunol. 51: 125-35.
47. Rabbani Nejad, F., and Akbari, P. 2015. The effect of astaxanthin dietary supplement on stress response and density of Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). National Conference on Aquaculture and Sustainable Aquatic Ecosystem. Article COI Code: ASAE01_137.
48. Montajami, S., Hajiahmadyan, M., Forouhar-Vajargah, M., Sadat-Hosseini-Zarandeh, A., Shirood Mirzaie, F., and Hosseini, S.A. 2012. Effect of Synbiotic (*Biomin imbo*) on Growth Performance and Survival Rate of Texas Cichlid (*Herichthys cyanoguttatus*) Larvae. Global Veterinaria. 9: 358-361.
49. Heydari Baladehi, M., and Firoozbakhsh, F. 2019. The effect of synbiotic dietary supplement on blood indices and growth of young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Aquatic Ecology. 8: 1. 143-138.
50. Moradzadeh, M., Jafari, V.A., Haji Moradloo, A., and Ali Mohammadi, S.A.A. 2013. Evaluation of resistance of Western white shrimp (Boone, 1931 *Litopemeaus vannamei*) to low salinity stress, fed a diet containing Primalak probiotic. The Second National Conference on Fisheries and Aquaculture of Iran. Article COI Code: CFAAI02_064.
51. Ghasempour Dehaghani, P., Javaheri Baboli, M., Ziaeinejad, S., Taghvi Moqhaddam, A., and Pourfarhadi, M. 2013. The effect of biomine imbo synbiotic dietary supplement as a dietary supplement on growth performance, survival and bacterial flora of common carp (*Cyprinus carpio*) intestine. Journal of Aquaculture Development, Year 7. Number three. pp. 52-43.
52. Talebi Haghighi, D., Fallahi, M., and Tabar-Seyed-Yasar, A. 2010. Effects of different levels of Biomin Imbo Synbiotic on the growth and survival of whitefish (*Rutilus frisian kutum*). New technologies in aquaculture development. Volume 4. Number 3. Consecutive 15. pp. 14-1.
53. Sarsangi Aliabad, H. 2017. The effect of nucleotide use on growth performance and stress resistance and Infectious diseases in aquatic animals. Reproductive and Aquaculture Science Quarterly. Fifth year. Issue Fourteen. Fall. pp. 30-21.
54. Khandan Barani, H., Rahdari, A., and Sancholi, N. 2016. The effect of nucleotides in the diet on some growth indices, stalk composition and some stress indices in Sistan whitefish. Journal of Veterinary Research. 71: 2. 152-145.
55. Bahmani, M., Zarif Fard, A., Khodadadi, M., Mahmoudi, N., and Ouji Fard, A. 2011. The effect of different levels of dietary nucleotides on the carcass composition of common grouper (*Epinephelus coioides*). Iranian Journal of Fisheries. Volume 19, June and July 2011. pp. 11-20.
56. Ringø, E., Olsen, R.E., Vecino, J.L.G., Wadsworth, S., and Song, S.K. 2012. Use of immunostimulants and nucleotides in aquaculture: a review. J. Marine Sci. Res. Develop. 2: 1.
57. Mortezaei, F., and Falahatkar, B. 2017. A review of mineral requirements in the nutrition of rainbow trout Oncorhynchus mykiss. Quarterly Journal of Advanced Aquaculture. First Year, No. 2, Fall. pp. 57-43.
58. NRC. 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press, Washington, DC. 376p.
59. Izquierdo, M.S., Ghrab, W., Roo, J., Hamre, K., Hernández-Cruz, C.M., and Bernardini, G. 2017. Organic, inorganic and nanoparticles of Se, Zn and Mn in early weaning diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*; Linnaeus, 1758). *Aqua Res*. 48: 2852-67.
60. Long, M., Lin, W., Hou, J., Guo, H., Li, L., and Li, D. 2017. Dietary supplementation with selenium yeast and tea polyphenols improve growth performance and nitrite tolerance of Wuchang bream (*Megalobrama amblycephala*). Fish Shellfish Immunol. 68: 74-84.

61. Nazari, K., Shamsaei Mehrjan, M., Ila, N., Sharifpour, A., and Kamali, A. 2017. Effects of organic and inorganic selenium on growth factors, blood parameters and immunology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Iranian Journal of Fisheries. Twenty-six years. 3: 138-129.
62. Afsardir, S., Kashiri, H., Adineh, H., Bouzarpour, S., and Hedayati, S.A.A. 2021. Effect of different levels of magnesium oxide nanoparticles on growth, activity of digestive enzymes and immune factors of common carp (*Cyprinus carpio* 1758) in the face of glyphosate toxin. Journal of Applied Fisheries Research. 8: 3. 82-73.
63. Slutsky, I., Abumaria, N., Wu, L.J., Huang, C., Zhang, L., L.i.B., Zhao, X., Govindarajan Zhao, A., Zhuo, M.G., Tonegawa, S., and Liu, G. 2010. Enhancement of learning and memory by elevating brain magnesium. Neuron, 65: 2. 165-177.
64. Karimzadeh, K., Zahmatkesh, A., and Sharifi, A. 2017. The effect of different levels of zinc oxide nanoparticles on oxidative stress enzymes in Roach (*Rutilus rutilus caspicus*). Journal of Animal Biology. Volume 10, Number 2. Serial Issue 38. Winter. pp. 70-61.
65. Aghamir Karimi, S., Machianchian Moradi, A., Sharifpour, E., Jamili, S., and Ghavam Mostafavi, P. 2019. The effect of copper nanoparticles on Caspian roach *Caspicus rutillus rutillus*, changes in antioxidant enzymes and liver tissue damage. Iranian Journal of Fisheries. Twenty-seven years. 5: 134-125.
66. Sharif Rouhani, M., Haghighi, M., Asaian, H., and Lashto-Aghaei, G. 2007. The effect of thyme essential oil on anesthesia of Caspian salmon and farmed rainbow trout. Iranian Journal of Fisheries. Volume 16, Number 4 February and March. pp. 106-99.
67. Zarei Nozari, A., Gholipour Kanani, H., Jafarian, H.A., and Harsij, M. 2020. The effect of *Zataria multiflora* essential oil and Ginger powder (*Zingiber officinale*) separately on growth indices, safety and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against *Yersinia ruckeri*. Animal Environment Quarterly. Twelfth year. No. 3. pp. 292-283.
68. Rohi, Z., Imanpour, M.R., Jafari, V.A., and Taghizadeh, V. 2016. Effect of salinity stress on survival, biochemical and blood parameters of common carp *Cyprinus carpio* fed with fenugreek seed supplement. Journal of Animal Research. Volume, Number 29 1. pp. 55-48.
69. Nejad Moghaddam, S., Imanpour, M.R., Jafari, V.A., and Safari, R. 2018. Evaluation of the effect of hydroalcoholic extract of nettle *Urtica dioica* on some hematological and biochemical indicators of goldfish *Carassius auratus* blood. Journal of Animal Environment. Tenth Year, Issue, 2 Summer. pp. 196-189.