



یازدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین‌المللی علوم دامی ایران

© دانشگاه رازی، کرمانشاه ۲۶ و ۲۷ شهریور ماه ۱۴۰۴

محورهای کنگره



پرورش زنبور عسل،
خرم ابریشم و آبریان



مدیریت و
بهداشت



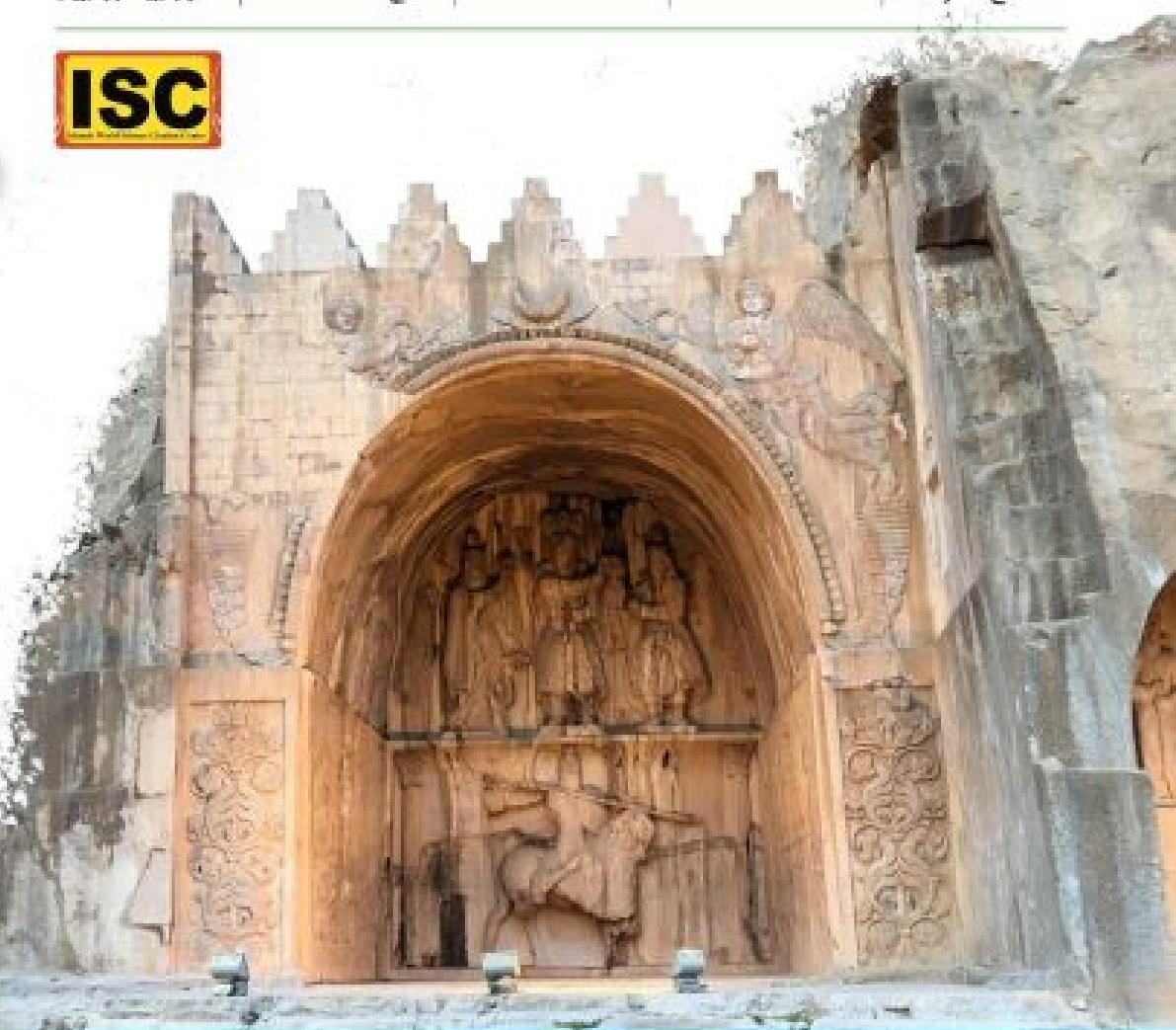
فیزیولوژی



تغذیه



ژنتیک و
اصلاح نژاد



دکتر محمدحسین مرادی

رئیس کنگره



به نام آن که جان را فکرت آموخت"
دروذ بی پایان بر یاران پرتلاش عرصه علوم دامی

با سربلندی و امیدواری، فرارسیدن یازدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین المللی علوم دامی ایران را در شهریور ماه ۱۴۰۴، در دامن کهن دیار کرمانشاه، مزده می‌دهیم. این گردهمایی بزرگ، تبلور همدلی و خردورزی تمامی استادان، پژوهشگران، کارشناسان، دانشجویان و فعالان سخت‌کوش عرصه علوم دامی میهن عزیزمان خواهد بود. این کنگره فرصتی است تا با هم‌نوایی، گام‌های استواری در مسیر پیشرفت این صنعت برداریم.

علوم دامی، ستون استوار کشاورزی و مایه‌دار امنیت غذایی و آبادانی این سرزمین، در گرو توجه به ارکان حیاتی آن یعنی صنعت دام و طیور کشور است. امروزه، علوم دامی نه تنها ضامن تأمین امنیت غذایی، بلکه محرکی برای توسعه اقتصادی و خوداتکایی ملی است. این کنگره با شعار "علوم دامی: محور امنیت غذایی و توسعه اقتصادی"، بستری برای ارائه آخرین دستاوردهای علمی و فناوری در این حوزه خواهد بود و می‌کوشد تا با نگاهی جامع، به چالش‌ها و فرصت‌های این عرصه حیاتی بپردازد. پس بیایید با هم بیاموزیم و بیافرینیم که امنیت غذایی مهمترین ستون در عمارت صلح جهانی و پیشرفت اقتصادی است. ما برآنیم تا با گردهم آوردن بزرگترین اندیشمندان و فعالان این عرصه، گامی بلند در جهت امنیت غذایی و توسعه اقتصادی کشور که در این برهه زمانی یک ضرورت آنی و نیاز آتی است، برداریم.

در کتاب زرین آفرینش آمده است: "وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنْفَعٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ" (سوره نحل، آیه ۵). این آیه نورانی، گواهی بر پیوند ناگسستنی انسان و دام در نظام حکیمانه خلقت است.

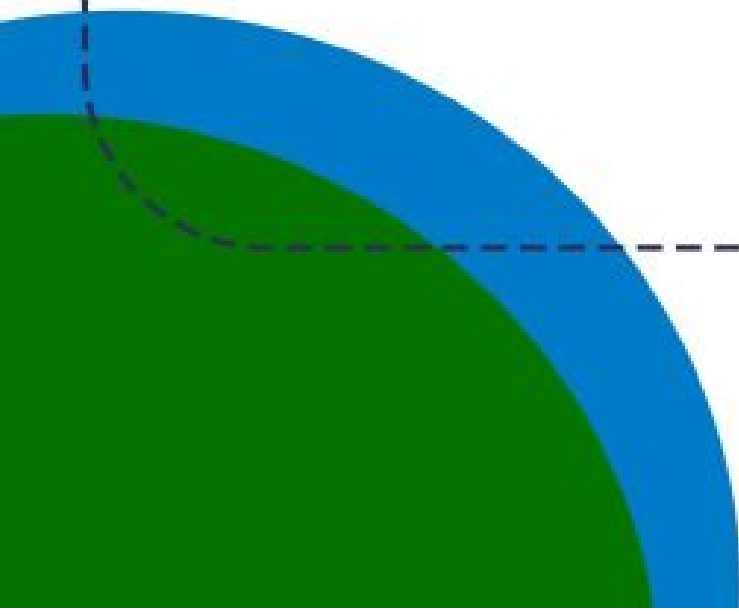
کرمانشاه، نگین درخشان تاریخ و طبیعت ایران، با تاریخ پربار و طبیعت بکر خود، گواهی زنده بر پیوند دیرینه انسان و دام در این دیار است. انتخاب کرمانشاه به عنوان میزبان این کنگره، ادای دینی است به این پیشینه غنی و فرصتی برای تلفیق دانش نوین با تجربیات بومی. امید که میزبانی این دیار، علاوه بر غنای علمی، خاطره ای به یادماندنی برای میهمانان گرامی باشد.

یازدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین المللی علوم دامی ایران نماد خودباوری و حرکت به سوی مرزهای دانش در حوزه مهندسی علوم دامی است. از همه پیشکسوتان، اندیشمندان، پژوهشگران، دانشجویان، کارشناسان، مراکز علمی، دستگاه های اجرایی، شرکت ها، هلدینگ های اقتصادی و صنایع مرتبط و سایر همراهانی که در این مسیر ما را یاری می کنند، سپاسگزاریم. به امید آن که با هم فکری و همکاری، صنعت دام و طیور ایران را به جایگاهی شایسته در جهان برسانیم. بی گمان با همتی بلند، می توان قله ها را فتح کرد و آینده متعلق به کسانی است که امروز آماده می شوند و بیشترین بهره را از فرصت ها می برند.

با سپاس و احترام

محمدحسین مرادی

رئیس یازدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین المللی علوم دامی ایران



دکتر علیرضا عبدالمحمدي

دبير اجرايي کنگره



بنام ایزد یکتا که هر چه داریم از اوست

با کمال افتخار و سرور، از حضور ارزشمند شما در بازدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین‌المللی علوم دامی ایران در دانشگاه رازی استقبال می‌نمایم. این کنگره به عنوان یکی از مهم‌ترین و معتبرترین رویدادهای علمی در حوزه علوم دامی، بستری مناسب برای گردهمایی پژوهشگران، استادان و کارشناسان برجسته این رشته فراهم می‌آورد.

یکی از اهداف مهم این کنگره، ایجاد ارتباط مؤثر و سازنده بین جامعه علمی و صنعت دامپروری است. در دنیای امروز، همکاری نزدیک میان دانشگاه‌ها و صنایع مرتبط می‌تواند به تحول و بهبود مستمر در کیفیت و بهره‌وری محصولات دامی منجر شود. از این رو، اهمیت توجه به نیازهای صنعت و انتقال دانش علمی به عرصه عمل، امری انکارناپذیر است.

در این کنگره، با برگزاری پنل‌های تخصصی و سخنرانی‌های ارتباط با صنعت، فرصتی فراهم خواهد شد تا نمایندگان صنعت و محققان با یکدیگر به بحث و تبادل نظر بپردازند و راهکارهای مؤثری برای ایجاد هم‌افزایی و همکاری‌های مشترک شناسایی گردد. این تعامل می‌تواند به ارتقای سطح فناوری‌های مورد استفاده در صنعت و بهبود کیفیت محصولات دامی کمک شایانی نماید. امید است در این کنگره با ارائه مقالات علمی، نشست‌های تخصصی و کارگاه‌های آموزشی، فرصتی فراهم آید تا اعضای محترم جامعه علمی بتوانند از یکدیگر بیاموزند و با توجه به پیشرفت‌های جهانی، راهکارهای مؤثری برای توسعه پایدار صنعت دامپروری ارائه دهند.

از تمامی شما عزیزان به خاطر همکاری‌ها و حمایت‌های ارزشمندتان در برگزاری این کنگره ابراز سپاس و قدردانی نموده، امیدوارم این رویداد به نقطه عطفی در تحقیقات و نوآوری‌های علمی در حوزه علوم دامی تبدیل گردد.

با آرزوی موفقیت و سربلندی برای همه شما عزیزان
با احترام

علیرضا عبدالمحمدي

دکتر هادی حجاریان

دبیر علمی کنگره



به نام خداوند دانایی و اندیشه

با کمال احترام و افتخار، از سوی کمیته علمی یازدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین المللی علوم دامی ایران، مقدم فرهیختگان، استادان گرامی، پژوهشگران ارجمند، دانشجویان پرتلاش و فعالان عرصه دامپروری کشور را به این گردهمایی علمی و تخصصی گرامی می‌دارم.

علوم دامی، به‌مثابه یکی از ارکان اساسی تأمین امنیت غذایی، سلامت جامعه، و توسعه پایدار کشاورزی، امروز بیش از هر زمان دیگری نیازمند بازنگری، نوسازی و بهره‌گیری از ظرفیت‌های علمی و فناورانه نوین است. دگرگونی‌های سریع در عرصه فناوری، از جمله هوش مصنوعی، کلان‌داده‌ها، اینترنت اشیا، سامانه‌های دقیق مدیریتی، و زیست‌فناوری، افق‌های تازه‌ای را فراروی پژوهشگران و تصمیم‌سازان این حوزه گشوده است.

کنگره علوم دامی ایران با هدف ایجاد بستری پویا برای تبادل اندیشه‌ها، ارائه یافته‌های نوین، و تعامل میان دانشگاه، مراکز پژوهشی و صنایع مرتبط، تلاش دارد چشم‌اندازی روشن از مسیر آینده ترسیم نماید. در این راستا، محورهای مختلف این رویداد شامل اصلاح نژاد و ژنتیک، تغذیه دام و طیور، فیزیولوژی و رفتارشناسی، بهداشت و بیماری‌های دام، مدیریت دامپروری و فناوری‌های نوین در تولیدات دامی با نگاهی آینده‌نگر و بین‌رشته‌ای تعریف شده‌اند.

بدین‌وسیله از تمامی صاحب‌نظران، پژوهشگران، فناوران و دانشجویان عزیز دعوت می‌نمایم با ارسال دستاوردهای علمی، یافته‌های کاربردی، طرح‌های نوآورانه و مشارکت در پنل‌ها و نشست‌های تخصصی، در شکوفایی این رویداد علمی نقش‌آفرین باشند.

امید آن دارم که به یاری پروردگار و با همراهی اندیشمندان فرهیخته، این کنگره گامی مؤثر در مسیر ارتقای علوم دامی کشور، توسعه دانش‌بنیان، و دستیابی به امنیت غذایی پایدار بردارد.

با احترام و آرزوی توفیق



آسیا پارس اسپاد (پارس هلدینگ)

Asia Pars Spaad Private and Confidential

شرکت آسیا پارس اسپاد

با سال‌ها تجربه و همکاری با معتبرترین برندهای جهانی همچون **Semex Alliance, Ai Total, Swissgenetics, BSG, Glazway** به عنوان نماینده رسمی و انحصاری این شرکت‌ها در ایران، پیشرو در ارائه محصولات و خدمات نوین صنعت دامپروری فعالیت دارد. هدف ما ارتقاء بهره‌وری و کیفیت در دامپروری کشور از طریق به‌کارگیری دانش روز، تکنولوژی‌های پیشرفته و تیمی متخصص است.

خدمات و محصولات:

- تامین مواد ژنتیکی باکیفیت (اسپرم منجمد، جنین)
- تامین دام مولد برتر با شاخص‌های ژنتیکی مطلوب
- مشاوره تخصصی اصلاح نژاد و بهبود رانندگی تولید
- برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی دامپروری
- تامین تجهیزات هویت‌گذاری، پلاک‌های شناسایی RFID، میکروچیپ و پایش دقیق گله
- بهینه‌سازی مدیریت گله با نرم‌افزارهای پیشرفته مانند Semex Solution

تعهد ما:

ما متعهدیم با ارائه محصولات و خدماتی مطابق با استانداردهای بین‌المللی، کیفیت، بهره‌وری و سودآوری را افزایش دهیم و نقش مؤثری در توسعه پایدار صنعت دامپروری کشور ایفا کنیم.



📍 آدرس دفتر مرکزی: تهران، شهرک غرب، بلوار دریا، نبش خیابان رامشه، پلاک ۵۴، طبقه دوم شرقی، واحد ۵

🌐 وب سایت: www.AsiaParsSpaad.com

✉️ آدرس ایمیل: Info@AsiaParsSpaad.com

📠 کد پستی: ۱۴۶۶۹۸۳۵۶۶

☎️ تلفن تماس: ۰۲۱۸۸۵۹۰۶۲۹-۳۰



❶ نشان: تهران، آویان، شیخ فضل الله نوری، جنوبه
ایندی جمال آل احمد غربه پلاک ۱۷۷

❷ تلفن: +۹۱-۸۱۱۱۱۶۶۰

❸ info@mehrpaya.com



پروتئاز ویژه طیور **Enzynat**

POULTRYGROW 250™

محرك رشد و
تقویت کننده سیستم ایمنی طیور

GALLINAT+™



ایده پردازان خوراک ایران
آدرس: تهران، خیابان ولیعصر،
خیابان سید جمال الدین اسکاتری
کوچه دوم، پلاک ۱۸ واحد ۴
کد پستی: ۱۹۳۹۷۳۵۵

تلفن: ۰۲۱-۸۸۹۹۹۶۰۷
فکس: ۰۲۱-۸۸۹۹۹۶۹۱



PATHWAY
INTERMEDIATES



endophos
فیتاز اندوفوس

KA
Science Meets Art
www.ikafeed.com

تلفن: ۰۲۱-۸۸۹۹۹۶۰۷
فکس: ۰۲۱-۸۸۹۹۹۶۹۱



هلدینگ سبز دشت

Sabzdasht Holding

«Pure Protein in Your Hands»
"An Egg a Day, Keeps Health on the Way"

«پروتئین ناب در دستان شما»
«یک تخم مرغ در روز، سلامتی همیشه به روز»



**اتحادیه مرغداران مرغ
تخمگذار استان کرمانشاه**

خدمات

ارتقاء تولید و افزایش بهره وری
مدیریت صادرات و واردات محصولات مرغداری
پیگیری مشکلات تولیدکنندگان با مراکز تصمیم گیری

کارکرد و مسئولیت

اطلاع رسانی به موقع - تنظیم و تثبیت بازار
مدیریت بحران - ایجاد پل ارتباطی بین تولید
کننده و مصرف کننده - کاهش واسطه های غیر
ضروری - انتقال پیام تولید کنندگان - تضمین
امنیت شغلی مرغدار - تقویت زمینه های افزایش
بهره وری - ایجاد شرایط تولید پایدار

راه های ارتباطی

hen.union@yahoo.com

۰۹۱۸۳۲۰۶۶۰۶ _ ۰۸۳۳۸۳۵۱۳۲۷

کرمانشاه، شهرک حافظیه، جنب میدان شهید بروجردی



Sepehr Saman Fartak

شرکت افزودنی های سپهر سامان فرتاک

تولید کننده تخصصی افزودنی های خوراک دام، طیور و آبزیان

فرتاک ایستاده در آینده



فرتاک



افزودنی های سپهر سامان

مشهد، بلوار دانشجو، دانشجو ۸، عقدائی ۸، پلاک ۵۲، طبقه اول

fartakadd.com | info@fartakadd.com | ۰۵۱-۳۸۹۰۸۲۴۴ | ۰۵۱-۳۸۹۰۷۸۴۹

KimiaZyme

Functional Feed For Better Food

••• شرکت دانش بنیان کیمیازیم •••

تولید کننده انواع افزودنی های بر پایه زیست فناوری

پست بیوتیک، پری بیوتیک، توکسین بایندر، اسیدیفایر، پروتئین هیدرولیز

● حمایت از عملکرد و سلامت حیوانات

● راه حلی برای چالش مقاومت میکروبی

● ارتقای سلامت محصولات دامی



+۹۸ ۲۱۴۶۰۵۳۰۱۶



info@kimiazyme.com

www.kimiazyme.com

شرکت دانش بنیان بامداد رَسپینا

تولید کننده افزودنی های دام، طیور و آبزیان



دفتر مرکزی
شرکت بامداد رَسپینا



آزمایشگاه های تخصصی



محصولات شرکت بامداد رَسپینا

رَسپینا، آهنگ سلامتی گله شما

تولید کننده افزودنی های خوراک دام، طیور و آبزیان

آدرس کارخانه: نیشابور، شهرک صنعتی عطار

تلفن های تماس و راه های ارتباطی:

۰۵۱-۳۶۱۸۱۵۸۵ ۰۵۱-۳۶۶۷۷۹۴۶

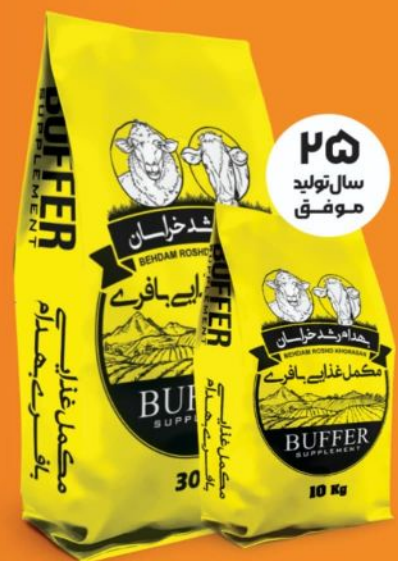
📞 bamdadraspina 🌐 www.raspinaadditives.com

شرکت بهدام رشد خراسان

تاسیس ۱۳۹۷

- مکمل بافـری
- انواع مکمل های مخصوص گوسفند و گاو با فسفرهای مختلف
- انواع پیش مخلوط های گوسفند پروراری و داشتی
- انواع پیش مخلوط های مخصوص گاو پر تولید، متوسط تولید و پرور
- پیش مخلوط های ۳.۵ درصد گوسفندی فلاشینگ و آبستن سنگین
- پرمیکس سفارشی AD3+Se پوشش دار و پرمیکس سفارشی E+Se

بهترین جایگزین جوش شیرین



📞 behdamroshd
www.behdamroshd.com

۰۵۱۳۷۵۱۴۳۱۴-۰
۰۹۳۳۸۹۹۱۴۱۰

مشهد، بزرگراه پیامبر اعظم، رو به روی پیامبر اعظم ۷۹

مجتمع کشت و صنعت اشراق (سهامی خاص)

دامداری صنعتی پرورش گاو شیری با ژنتیک مناسب

دامداری صنعتی گوسفند با 6 نژاد اصیل و برتر

تولید محصولات متنوع زراعی با مدیریت علمی منابع

دارای باغ های پسته با ظرفیت صادرات

تیم متخصص و حرفه ای و آموزش دیده در حوزه کشاورزی و

دامپروری



اشراق نبض تولید در زنجیره غذایی کشور

021-66891449

021-66872297

021-66875597



www.Eshraghks.ir



keshtosanaat_eshragh

شرکت طیور بهاران

کیفیت پایدار، طعم ناب، برند بهاران

راههای ارتباطی



شرکت طیور بهاران با بیش از سه دهه تجربه درخشان، به عنوان یکی از پیشگامان صنعت پرورش و فرآوری طیور کشور، نقش آفرینی چشمگیری در زنجیره تأمین گوشت مرغ و جوجه یکروزه داشته است. این مجموعه به عنوان نخستین واحد صنعتی زنجیره تولید گوشت مرغ در استان کرمانشاه، با نگرشی نوین و رویکردی دانش محور، گام های مؤثری در جهت ارتقاء کیفی این صنعت برداشته است

زنجیره تولید شرکت، شامل ۶ واحد مرغ مادر گوشتی، ۲ کارخانه جوجه کشی پیشرفته، و کشتارگاه مدرن با ظرفیت فرآوری ۴۰۰۰ قطعه در ساعت می باشد. به استناد آمار، این مجموعه سالانه بالغ بر دو میلیون قطعه مرغ گوشتی پرورش داده و بیش از ۵۰۰۰ تن گوشت مرغ ممتاز روانه بازار می کند؛ همچنین تولید جوجه یکروزه این شرکت در بازه ۱۵ تا ۲۰ میلیون قطعه در سال متغیر است.

طیور بهاران، افزون بر بهره گیری از فناوری های به روز، مفتخر به استفاده از سرمایه انسانی متخصص و متعهد در حوزه های گوناگون علوم و فنون مرتبط با صنعت طیور کشور است. این هم افزایی میان تجربه و دانش، شرکت را به الگویی شایسته در توسعه پایدار این صنعت بدل ساخته است

دفتر تهران:

خیابان توحید، کوچه ی نادر،
پلاک چهار، طبقه دوم
۰۲۱-۶۶۴۳۰۷۱
۰۲۱-۶۶۴۳۰۷۵

دفتر کرمانشاه:

کرمانشاه خیابان برق، خیابان ویلا،
ساختمان کایکو طبقه سوم
۰۹۱۰۸۶۴۳۰۹۵
۰۸۳۴-۸۲۱۴۸۱۵

اتحادیه شرکت های تعاونی کشاورزی دامداران کرمانشاه

پشتیبان دامداران حامی تولید ملی



۱. تولید خوراک و کنسانتره دامی
از طریق کارخانه جات سطح
استان

۲. خرید و تأمین نهاده های دامی

آدرس: کرمانشاه، خیابان شهید رجایی، ساختمان اتحادیه دامداران

۰۸۳۳۸۲۲۴۵۵۵



شورای سیاست گذاری کنگره

دکتر هادی حجاریان
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر علیرضا عبدالمحمدي
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر صاحب فروتنی فر
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر سودابه مرادی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر فردین هژبری
هیات علمی دانشگاه رازی



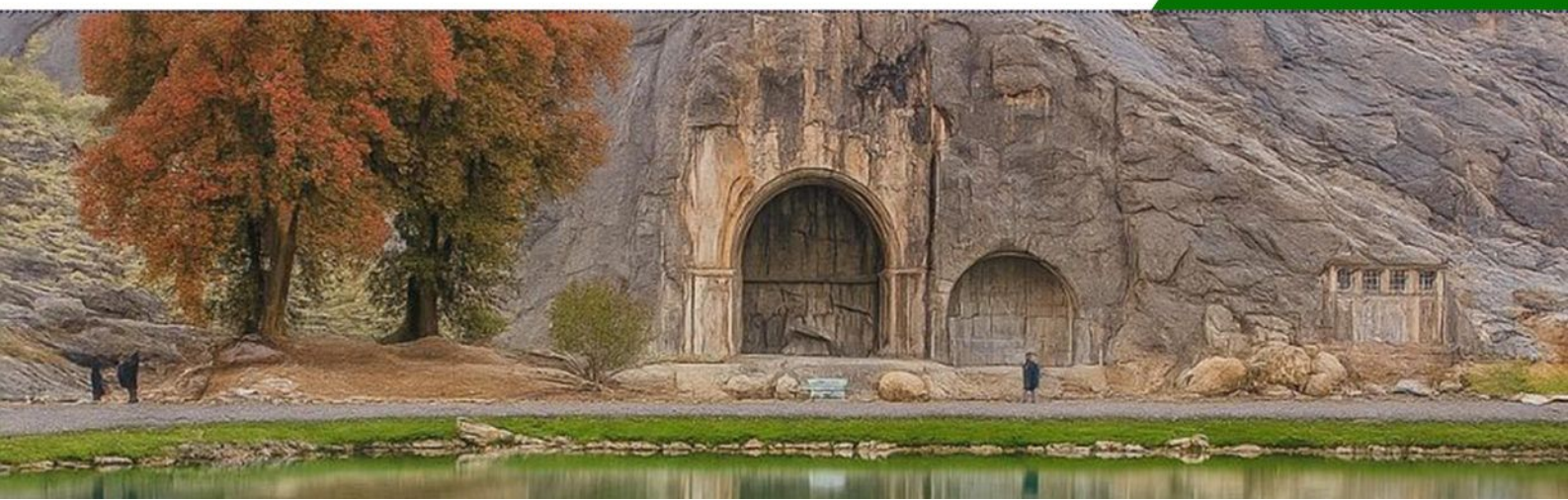
دکتر علی حسین پیرای
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر رضا مهدوی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر گناز تاسلي
هیات علمی مرکز تحقیقات
شهرکرد



اعضا کمیته علمی

دکتر سودابه مرادی
هیات علمی دانشگاه رازی
(دبیر کمیته های علمی)



دکتر هادی حجاریان
هیات علمی دانشگاه رازی
(دبیر علمی کنگره)



دکتر محمد مهدی معینی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر گلناز تاسلی
هیات علمی مرکز تحقیقات شهر کرد



دکتر فردین هژبری
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر شهاب قاضی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر علی حسین پیرای
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر علیرضا عبدالمحمدی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر لیلا سلطانی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر صاحب فروتنی فر
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر لیلی جمشیدی
پژوهشگر پسادکتری



دکتر رضا مهدوی
هیات علمی دانشگاه رازی



اعضا کمیته علمی

دکتر علی اصغر ساکی
هیات علمی دانشگاه بوعلی سینا



دکتر مجتبی زاغری
هیات علمی دانشگاه تهران



دکتر محمد مرادی شهر بابک
عضو هیات علمی دانشگاه تهران



دکتر علی پیشنهادی
پژوهشگر دانشگاه آلبرتا - کانادا



دکتر سارا میرزایی گودرزی
هیات علمی دانشگاه بوعلی سینا



دکتر حسین جانمحمدی
هیات علمی دانشگاه تبریز



دکتر ایوب فرهادی
هیات علمی دانشگاه ساری



دکتر محمد حسین مرادی
هیات علمی دانشگاه تهران



دکتر رامین عبدلی
مرکز تحقیقات کرم ابریشم کشور



دکتر محمد رزم کبیر
هیات علمی دانشگاه کردستان



دکتر سونیا زکی زاده
موسسه تحقیقات علوم دامی کشور



دکتر حسین بنابازی
محقق دانشگاه علوم کشاورزی
اوپسالا - سوئد



اعضا کمیته علمی



دکتر اسعد وزیری
هیات علمی دانشگاه کردستان



دکتر سید رضا هاشمی
هیات علمی دانشگاه گرگان



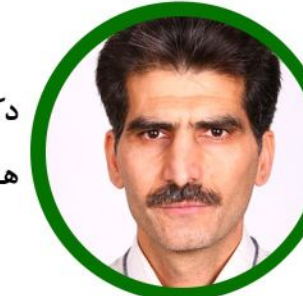
دکتر رضا عبداللهی
هیات علمی دانشگاه ساری



دکتر مهدی گنج خانلو
هیات علمی دانشگاه تهران



دکتر امیر فدایی فر
هیات علمی دانشگاه لرستان



دکتر حسن علی عربی
هیات علمی دانشگاه بوعلی سینا



دکتر مهدی ژندی
هیات علمی دانشگاه تهران



دکتر داریوش علیپور
هیات علمی دانشگاه بوعلی سینا



دکتر فرشید فتاح نیا
هیات علمی دانشگاه ایلام



دکتر محمد حسن فتحی نسری
هیات علمی دانشگاه بیرجند



دکتر شهریار کارگر
هیات علمی دانشگاه شیراز



دکتر عیسی دیرنده
هیات علمی دانشگاه ساری

اعضا کمیته علمی

دکتر حمید دلدار
هیات علمی دانشگاه ساری



دکتر حسین جهانی عزیز آبادی
هیات علمی دانشگاه کردستان



دکتر مجید خان سفید
پژوهشگر دانشگاه لاتروب - ملبورن



دکتر زربخت انصاری پیرسرایی
هیات علمی دانشگاه ساری



دکتر علیرضا احسانی
هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس



دکتر آرش جوانمرد
هیات علمی دانشگاه تبریز



دکتر رستم عبداللهی آرپناهی
شرکت اویاژن - ایالات متحده
آمریکا



اعضا کمیته اجرایی

دکتر صاحب فروتنی فر
هیات علمی دانشگاه رازی
(دبیر کمیته های اجرایی)



دکتر علیرضا عبدالمحمدی
هیات علمی دانشگاه رازی
(دبیر اجرایی کنگره)



دکتر سعید جلالی هنرمند
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر فردین هژبری
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر عباسعلی زمانی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر علی آرمان
هیات علمی دانشگاه رازی



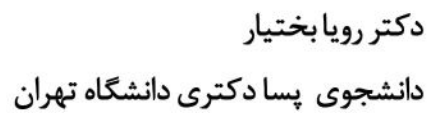
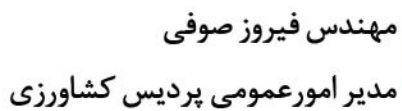
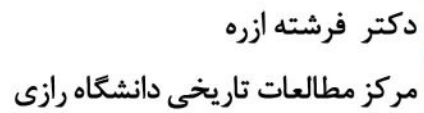
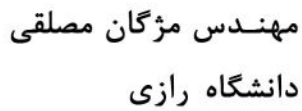
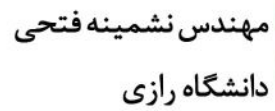
دکتر آنیتا یاقوتی پور
دانشگاه رازی



دکتر آرش جوانمرد
هیات علمی دانشگاه تبریز



اجرائی



اعضا کمیته ارتباط با صنعت

دکتر سودابه مرادی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر رضا مهدوی
هیات علمی دانشگاه رازی
(دبیر ارتباط با صنعت)



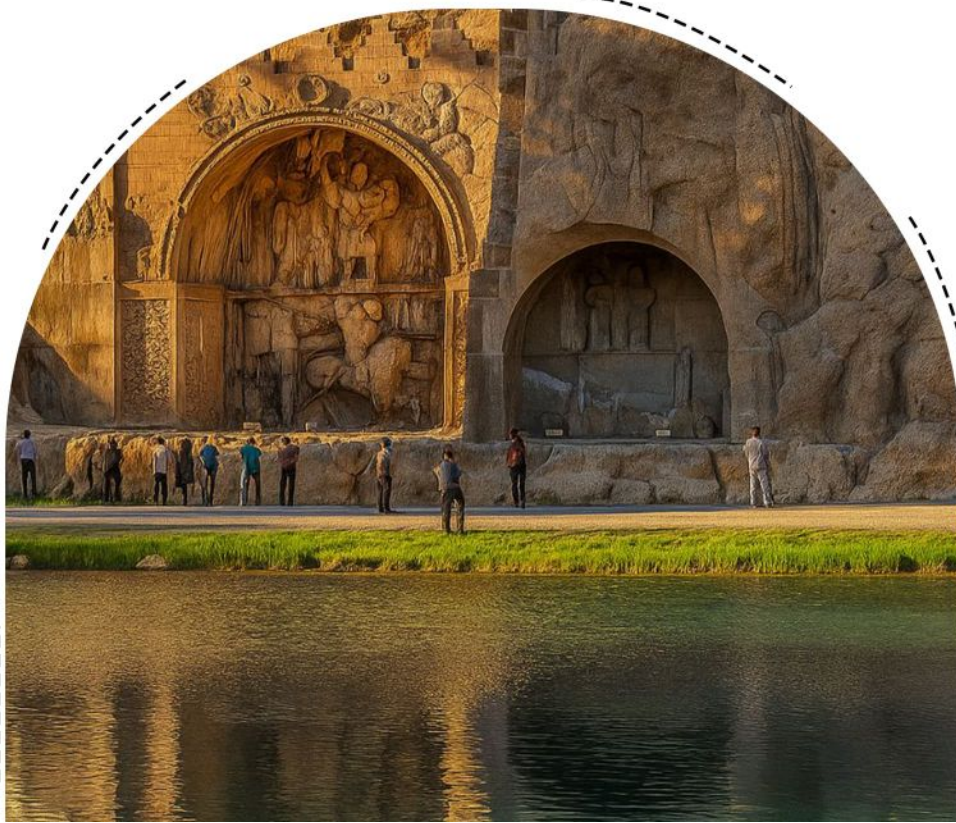
دکتر علیرضا عبدالمحمدی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکترهادی حجاریان
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر محمد ابراهیم نوریان سرور
هیات علمی دانشگاه بوعلی سینا



اعضا کمیته روابط بین الملل

دکتر سودابه مرادی
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر گلناز تاسلی
هیات علمی مرکز تحقیقات
شهر کرد
(دبیر بین الملل)



دکتر علی پیشنهادی
پژوهشگر دانشگاه آلبرتا - کانادا



دکتر صاحب فروتنی فر
هیات علمی دانشگاه رازی



دکتر مجید خان سفید

پژوهشگر دانشگاه لاتروب - ملبورن



دکتر محمد حسین مرادی
هیات علمی دانشگاه تهران



دکتر محمد رزم کبیر
هیات علمی دانشگاه کردستان



دکتر آرش جوانمرد
هیات علمی دانشگاه تبریز



دکتر زربخت انصاری پیرسرایي
هیات علمی دانشگاه ساری



دکتر رستم عبداللہی آرپناہی
شرکت اویازن - ایلات متحده
آمریکا



اعضا کمیته روابط بین الملل

دکتر علیرضا احسانی
هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس



دکتر سید رضا هاشمی
هیات علمی دانشگاه گرگان



دکتر عیسی دیرنده
هیات علمی دانشگاه ساری



دکتر حسین بنابازی
محقق دانشگاه علوم کشاورزی
اوپسالا - سوئد



دکتر عبدالرضا سلیمانی فرجام
محقق دانشگاه UPM - مالزی



اعضا کمیته دانشجویی

مهندس لعلیا رستگاری پویانی
دانشگاه رازی



مهندس پژمان مردانی
دبیر کمیته دانشجویی
دانشگاه رازی



مهندس مجتبی تمدنی آرانی
دانشگاه کردستان



مهندس صبا خدایاری
دانشگاه رازی



مهندس مرصاد شهیدی
دانشگاه رازی



مهندس تینا بگرضایی
دانشگاه رازی



مهندس داود شلالوند
دانشگاه رازی



مهندس حدیث امیری
دانشگاه رازی



مهندس علی مرادی
دانشگاه رازی



مهندس لیلا اله دانه
دانشگاه رازی



محمد رضا محمدی
دانشجوی دکتری دامپزشکی دانشگاه رازی



مهندس دانیال زرین کلک
دانشگاه رازی



اعضا کمیته دانشجویی

مهندس الناز شاه ماری
دانشگاه رازی



مهندس مهین دارابی
دانشگاه رازی



مهندس طنناز سلیمی
دانشگاه رازی



مهندس فریبا سهرابی فخر
دانشگاه رازی



مهندس آیناز رنجبر اکبری
دانشگاه رازی



مهندس فاطمه بیگلری
دانشگاه رازی



مهندس نرگس مصطفایی
دانشگاه رازی



هیات مدیره انجمن علوم دامی ایران



دکتر محمد حسین مرادی
هیات علمی دانشگاه تهران
(رئیس)



دکتر ایوب فرهادی
هیات علمی دانشگاه ساری
(نایب رئیس)



دکتر حسین جانمحمدی
هیات علمی دانشگاه تبریز



دکتر رامین عبدلی
مرکز تحقیقات کرم ابریشم کشور



دکتر محمد رزم کبیر
هیات علمی دانشگاه
کردستان



دکتر سونیا زکی زاده
موسسه تحقیقات علوم دامی کشور



دکتر حسین بنابازی
محقق دانشگاه علوم کشاورزی
اوپسالا - سوئد



دکتر آرش آذرفر
هیات علمی دانشگاه لرستان



دکتر بهروز محمدنظری
مرکز اصلاح نژاد کشور



دکتر آرمین توحیدی
هیات علمی دانشگاه تهران



دکتر علی صادقی سفیدمزی
هیات علمی دانشگاه تهران

پیشکسوتان

دکتر سید محمد طباطبایی

- دکتری تغذیه دام
- مرتبه: دانشیار گروه علوم دامی
- محل خدمت: دانشگاه بوعلی سینا



دکتر محمد مهدی معینی

- دکتری تغذیه دام
- مرتبه: دانشیار گروه علوم دامی
- محل خدمت: دانشگاه رازی



دکتر علی اصغر ساکی

- دکتری تغذیه طیور استرالیا
- مرتبه: استاد تمام گروه علوم دامی
- محل خدمت: دانشگاه بوعلی سینا همدان



پیشکسوتان

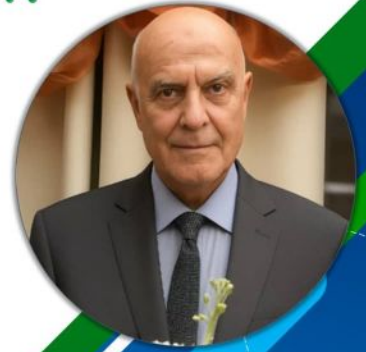
دکتر مجتبی زاغری

- دکتری تغذیه طیور دانشگاه تهران
- مرتبه: استاد تمام گروه علوم دامی
- محل خدمت: دانشگاه تهران
- تخصص: تغذیه و پرورش مرغ لاین، اجداد، مادر و جوجه گوشتی



مهندس محمدرضا زندگندمی

- محل خدمت: بخش خصوصی، مدیر عامل
- زنجیره ارزش مرغ گوشتی بهاران کرمانشاه
- تخصص: مرغ مادر و جوجه کشی



مهندس محمد باقر صیادنژاد

- کارشناس ارشد ژنتیک و اصلاح نژاد
- محل خدمت: مرکز اصلاح نژاد دام کشور



پیشکسوتان

دکتر سید رضا میرائی آشتیانی

- دکتری ژنتیک و اصلاح نژاد
- مرتبه : استاد تمام گروه علوم دامی
- محل خدمت: دانشگاه تهران



دکتر محمد مرادی شهر بابک

- دکتری ژنتیک و اصلاح نژاد
- مرتبه : استاد تمام گروه علوم دامی
- محل خدمت: دانشگاه تهران



دکتر امیر رشیدی

- دکتری ژنتیک و اصلاح نژاد
- مرتبه : استاد تمام گروه علوم دامی
- محل خدمت: دانشگاه کردستان



اعضا کمیته داوران علمی

نام و نام خانوادگی	موسسه
دکتر ابراهیم قاسمی	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر احسان زایرزاده	پژوهشگاه استاندارد
دکتر احمد زارع شحنه	دانشگاه تهران
دکتر احمد ریاسی	دانشگاه اصفهان
دکتر احمد احمدی	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر احمد کریمی	دانشگاه کردستان
دکتر اشکان بنان	دانشگاه لرستان
دکتر اعظم یوسفی قمشلو	دانشگاه لرستان
دکتر افروز شریفی	مرکز تحقیقات خوزستان
دکتر اکبر تقی زاده	دانشگاه تبریز
دکتر اکبر یعقوبفر	تحقیقات علوم دامی کشور
دکتر امجد فرزین پور	دانشگاه کردستان
دکتر امید دیانی	دانشگاه کرمان
دکتر امیر موسائی	دانشگاه جیرفت
دکتر امیر فدایی فر	دانشگاه لرستان
دکتر امیر رشیدی	دانشگاه کردستان
دکتر امیرحسین علیزاده قمصری	تحقیقات علوم دامی کشور
دکتر امیرحسین فراهانی	دانشگاه اراک
دکتر امین خضری	دانشگاه کرمان
دکتر امین جایدری	دانشگاه لرستان
دکتر ایمان حاج خدادادی	دانشگاه اراک
دکتر ایوب فرهادی	دانشگاه ساری
دکتر ایوب عزیزی	دانشگاه لرستان
دکتر ارش آذرفر	دانشگاه لرستان
دکتر ارش جوانمرد	دانشگاه تبریز
دکتر آزاده فروغی	دانشگاه رازی
دکتر بابک ماسوری	دانشگاه لرستان
دکتر بهاره اختر شناس	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر بهرام محنتشمی	دانشگاه ارومیه، شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان
دکتر بهزاد خرمی	دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان دانشگاه تهران
دکتر بهمن پری زادپان	دانشگاه لرستان
دکتر بهمن نویدشاد	دانشگاه اردبیل
دکتر بهنام احمدی پور	دانشگاه شهرکرد
دکتر پوریا حشمت زاد	دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر پویا زمانی	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر پیمان خادمی	دانشگاه لرستان
دکتر پیمان داوودی	دانشگاه کردستان
دکتر جمیل بهرام پور	دانشگاه جیرفت
دکتر جواد حبیبی زاد	دانشگاه یاسوج
دکتر حسن علی عربی	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر حسن صالح	دانشگاه سراوان

اعضا کمیته داوران علمی

دکتر حسن شیرزادی	دانشگاه ایلام
دکتر حسنی حاجتی	موسسه تحقیقات علوم دام ایران
دکتر حسین عیدی	دانشگاه اردبیل
دکتر حسین محمدی	دانشگاه اراک
دکتر حسین محب الدینی	دانشگاه اردبیل
دکتر حسین جهانی	دانشگاه کردستان
دکتر حسینعلی قاسمی	دانشگاه اراک
دکتر حمید پایا	دانشگاه تبریز
دکتر حمید دلدار	دانشگاه ساری
دکتر حمید رضا طاهری	دانشگاه زنجان
دکتر حیدر زرقي	دانشگاه مشهد
دکتر حیدر رحیمی	دانشگاه سمنان
دکتر حیدر قیاسی	دانشگاه پیام نور قزوین
دکتر خلیل زابلی	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر داریوش علیپور	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر داود زحمت کش	دانشگاه زنجان
دکتر داوود ضرغام	علوم شیلاتی کشور
دکتر رامین عبدلی	مرکز تحقیقات ابریشم کشور
دکتر ربیع رهبر	دانشگاه پیام نور
دکتر رحیم محمدی	دانشگاه ارومیه
دکتر رسول پیرمحمدی	دانشگاه ارومیه
دکتر رضا لطفی	وزارت علوم
دکتر رضا میر شکار	دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر رضا بهرام	دانشگاه اردبیل
دکتر رضا ناصری هرسینی	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان
دکتر رضا مهدوی	دانشگاه رازی
دکتر روح الله میرمحمدی	دانشگاه جبرفت
دکتر روح الله کیانفر	دانشگاه تبریز
دکتر ریحانه ناطقی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر زربخت انصاری	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
دکتر زهرا رودباری	دانشگاه جبرفت
دکتر زهرا پتی آبادی	دانشگاه کردستان
دکتر سارا میرزائی گودرزی	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر سعید محمدزاده	دانشگاه لرستان
دکتر سعید زره داران	دانشگاه مشهد
دکتر سعید خلجی	دانشگاه ملایر
دکتر سمیرا زنگنه	بخش خصوصی
دکتر سمیه سالاری	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
دکتر سمیه میرزایی چشمه گچی	دانشگاه رازی
دکتر سودابه مرادی	دانشگاه رازی
دکتر سونیا زکی زاده	موسسه تحقیقات علوم کشور
دکتر سیدامین مرتضوی	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان کهگیلویه و بویراحمد

اعضا کمیته داوران علمی

دکتر سید عبدالله حسینی	تحقیقات علوم دامی کشور
دکتر سیدعلی جوهری	دانشگاه کردستان
دکتر سید محمد ابراهیم جلیل ذریه زهرا	موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور
دکتر سید مهدی قریشی	دانشگاه شیراز
دکتر سید همایون فرهنگ فر	دانشگاه بیرجند
دکتر سیدرضا هاشمی	دانشگاه گرگان
دکتر سیدمجتبی موسوی	دانشگاه لرستان
دکتر سیدهادی ابراهیمی	دانشگاه مشهد
دکتر سینا پیوستگان	دانشگاه ارومیه
دکتر شاهین اقبال سعید	دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)
دکتر شهریار کارگر	دانشگاه شیراز
دکتر شیدا ورکوهی	دانشگاه رازی
دکتر شیرین هنربخش	دانشگاه ابوریحان
دکتر صادق علیجانی	دانشگاه تبریز
مهندس صبا خدایاری	دانشگاه رازی
دکتر طاهر بلچی	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر طاهره محمدآبادی	دانشگاه اهواز
دکتر طاهره امیرآبادی فراهانی	دانشگاه شهرکرد
دکتر طوبی ندری	دانشگاه ارومیه
دکتر عادلہ ذبیحی	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر عاطفه بابایی	دانشگاه رازی
دکتر عباس فرح آور	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر عباس رئیسی	دانشگاه لرستان
دکتر عبدالحکیم توغدری	دانشگاه گرگان
دکتر عثمان عزیزی	دانشگاه کردستان
دکتر علی مقصودی	دانشگاه تربیت مدرس
دکتر علی کیانی	دانشگاه لرستان
دکتر علی کهیانی	دانشگاه شیراز
دکتر علی حسین خانی	دانشگاه تبریز
دکتر علی پیشنهادی	مجموعه ساوانا
دکتر علی اسدی الموتی	دانشگاه ابوریحان
دکتر علی سروری	پژوهشگاه فن آوری های نوین علوم زیستی جهاد دانشگاهی - ابن سینا
دکتر علی جوادمنش	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علی اصغر میرک زاده	دانشگاه رازی
دکتر علی اکبر محمدی	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان
دکتر علی حسین پیرای	دانشگاه رازی
دکتر علی رضا جولازاده	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد-دزفول
دکتر علیرضا مرادی	دانش آموخته دانشگاه بوعلی مدرس حق التدریس پ زنبور عسل
دکتر علیرضا نظری	دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان
دکتر علیرضا اشکوار	موسسه تحقیقات علوم دامی کشور- دانشگاه تربیت مدرس
دکتر علیرضا عبدالمحمدی	دانشگاه رازی

اعضا کمیته داوران علمی

دکتر عیسی دیرنده	دانشگاه ساری
دکتر غلامرضا داشاب	دانشگاه زابل
دکتر غلامعلی مقدم	دانشگاه تبریز
دکتر فاطمه غازیانی	دانشگاه تهران
دکتر فردین هژبری	دانشگاه رازی
دکتر فرزاد هاشم زاده	دانشگاه اصفهان
دکتر فرزاد میرزایی	دانشگاه اردبیل
دکتر فرزاد قنبری	دانشگاه گنبد کاووس
دکتر فرشید فتاح نیا	دانشگاه ایلام
دکتر فروغ محمدی	دانشگاه آزاد کرمانشاه
دکتر فرهاد غفوری	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر فرید رضایی	دانشگاه رازی
دکتر کامران طاهرپور	دانشگاه ایلام
دکتر کیانوش زرین کاویانی	دانشگاه ایلام
دکتر کیومرث سهیلی	دانشگاه رازی
دکتر گلناز تاسلی	مرکز تحقیقات شهرکرد
دکتر لیلا لطفی	دانشگاه تهران
دکتر لیلا سلطانی	دانشگاه رازی
دکتر لیلی جمشیدی	دانشگاه رازی
دکتر مجتبی دشتی زاد	مرکز ملی ژنتیک و زیست فناوری ایران
دکتر مجتبی پوریا	اداره کل شیلات استان کرمانشاه
دکتر مجتبی گلی تربه بر	دانشگاه رازی
دکتر مجید علیانی	دانشگاه تبریز
دکتر مجید منقی طلب	دانشگاه گیلان
دکتر مجید خالداري	دانشگاه لرستان
دکتر محسن افشارمنش	دانشگاه کرمان
دکتر محسن دانشپار	دانشگاه ارومیه
دکتر محمد دادپسند	دانشگاه شیراز
دکتر محمد حیدری	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان کرمانشاه
دکتر محمد هوشمند	دانشگاه یاسوج
دکتر محمد ابراهیم نوریان سرور	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر محمد امیر کریمی ترشیزی	دانشگاه تربیت مدرس
دکتر محمد جواد آگاه	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان فارس
دکتر محمد حسن فتحی نسری	دانشگاه بیرجند
دکتر محمد مهدی شریعتی	دانشگاه مشهد
دکتر محمد مهدی معینی	دانشگاه رازی
دکتر محمد مهدی شریفی حسینی	دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر محمد وحید کیمیائی طلب	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان یزد
دکتر محمدباقر زندی	دانشگاه زنجان
دکتر محمد رضا اکبری	شهرکرد

اعضا کمیته داوران علمی

دکتر محمدرضا بحرینی بهزادی	دانشگاه یاسوج
دکتر محمدرضا بختیاری زاده	دانشگاه ابوریحان
دکتر محمدعلی نوروزیان	دانشگاه ابوریحان
دکتر محمود دشتی زاده	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان بوشهر
دکتر محمود قزاقی	دانشگاه زابل
دکتر مختار غفاری	دانشگاه ارومیه
دکتر مختار خواجهی	دانشگاه یاسوج
دکتر مراد رحیمی	دانشگاه رازی
دکتر مرتضی چاجی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
دکتر مرتضی مختاری	دانشگاه جیرفت
دکتر مریم رهروانی	دانشگاه رازی
دکتر مسعود احمدنژاد	دانشگاه رازی
دکتر مصطفی ملکی	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر مهدی افتخاری	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی قزوین
دکتر مهدی وفایی واله	دانشگاه زابل
دکتر مهدی زندی	دانشگاه تهران
دکتر مهدی بهرامی	موسسه تحقیقات علوم دامی کشور
دکتر مهدی مخبر	دانشگاه ارومیه
دکتر مهرانگیز عباسی	دانشگاه بوعلی سینا
دکتر مهرانگیز پیری	دانشگاه صنعتی اصفهان
دکتر مهرداد معمار	دانشگاه یاسوج
دکتر مهناز قوسی	دانشگاه رازی
دکتر نادر پایی	موسسه تحقیقات علوم دامی کشور
دکتر ناصر تاج آبادی	موسسه تحقیقات علوم دامی کشور
دکتر نجمه اسلامیان فارسونی	مرکز تحقیقات استان کهگیلویه و بویراحمد
دکتر نعمت هدایت	دانشگاه اردبیل
دکتر نوید قوی حسین زاده	دانشگاه گیلان
دکتر وحید واحدی	دانشگاه دشت مغان
دکتر هادی حجاربان	دانشگاه رازی
دکتر هادی آتشی	دانشگاه شیراز
دکتر هوشنگ افروزان	موسسه تحقیقات علوم دامی کشور
دکتر یاسر شهبازی	دانشگاه رازی
دکتر یاسر فیضی دار برآبادی	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر یحیی محمدی	دانشگاه ایلام
دکتر یداله چاشنی دل	دانشگاه ساری
دکتر یوسف آذرخش	دانشگاه رازی



مقالات بخش

آبزیان



ردیف	عنوان مقاله	صفحه
	مقالات آبزیان	
۱.	شناسایی ژن‌های علی و بالادستی موثر در بلوغ جنسی ماهیان قزل‌آلای تحت تیمار محرومیت غذایی	۲۸۳۱
۲.	اثرات فردی و ترکیبی سطوح مختلف اسیدیفایر و سین بیوتیک بر عملکرد رشد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	۲۸۳۶
۳.	بررسی اثر تغذیه پست‌بیوتیک بر پایه مخمر ساکارومایسس سرویزیه بر بیان ژن‌های مرتبط با عملکرد سد روده ای در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان	۲۸۴۱
۴.	بررسی اثر پست‌بیوتیک بر پایه مخمر ساکارومایسس سرویزیه بر زنده‌مانی و مقاومت ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در برابر تنش ناشی از آمونیاک	۲۸۴۵
۵.	اثر جیره غذایی حاوی نانوذرات اکسید روی (ZnO) بر سیستم ایمنی ماهی کپور معمولی (<i>Cyprinus carpio</i>)	۲۸۴۹
۶.	بهبود فاکتورهای رشد ماهی کپور معمولی (<i>Cyprinus carpio</i>) توسط جیره غذایی حاوی نانوذرات اکسید روی سنتز شده با چای ترش	۲۸۵۴
۷.	بررسی تاثیر پودر گل میخک و دو فنوکسی‌اتانول بر بیهوشی و شاخص‌های بیوشیمیایی ماهی گاریز (<i>Liza klunzingeri</i>) راهکاری برای کاهش استرس در آبی‌پروری	۲۸۵۹
۸.	مروری بر اثرات عصاره اسطوخدوس در بیهوشی آبزیان	۲۸۶۴
۹.	نقش استرس‌های محیطی بر تولید ترکیبات زیست فناورانه در جلبک <i>Dunaliella tertiolecta</i>	۲۸۶۷
۱۰.	مروری بر ملاحظات پیش بیهوشی در آبزیان: اصول بالینی و کاربردهای عملی	۲۸۷۳
۱۱.	Evaluation of the protective effects of Spirulina on acetaminophen-induced hepatotoxicity in koi fish (<i>Cyprinus carpio</i>) with a focus on oxidative stress indices	۲۸۷۷
۱۲.	Short-Term Cold Storage and Its Impact on <i>Tenebrio molitor</i> Growth Performance: Evaluating Resource-Efficiency for Sustainable Animal Feed Production	۲۸۸۲
۱۳.	Molecular Insights into Androgen Regulation of Testicular Development During Sexual Maturation in Trout	۲۸۸۷

شناسایی ژن‌های علی و بالادستی موثر در بلوغ جنسی ماهیان قزل‌آلای تحت تیمار محرومیت غذایی

سجاد نظری^۱، سید امین مرتضوی^{۲*}، مهدی گلشن^۳، مصطفی قادری زفره‌ایی^۴

مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج، ایران

۱. کارشناس، بخش علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

۲. استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، ایران

۳. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، کهگیلویه و بویراحمد، ایران.

ایمیل نویسنده مسئول: aminmr1@gmail.com

چکیده

هدف از این پژوهش شناسایی ژن‌های بالادستی و استخراج رابطه علی- معلولی بین ژن‌های موثر بر صفت بلوغ جنسی در ماهیان قزل‌آلا بود. بدین منظور داده‌های ریزآرایه DNA با شماره دسترسی GSE126582 از پایگاه GEO استخراج گردید. بعد از نرمال سازی، ژنهای متفاوت بیان شده استخراج گردید. از ابزار برخط WEBGSAULT برای شناسایی مجموعه های ژنی غنی شده استفاده گردید. شناسایی ژن های هاب از بسته نرم افزاری Bnlearn استفاده شد. ترسیم گرافیکی شبکه با Cytoscape و برآورد پارامترهای شبکه شناختی با آپ Cytoscape انجام گرفت. ژن های علی *BRCA2*، *DCT*، *EDC3*، *GJA1B*، *CFL2*، *CFD*، *MELTF*، *ZNF33B*، *SEC24D* و *PIPE* به عنوان ژن های هاب و علی موثر بر صفت بلوغ جنسی شناسایی شدند. نتایج حاصله از این پژوهش نشان داد ژن *BRCA2* که در فرایند بیوسنتز ریبوزوم ها و ترمیم DNA طی اعمال تیمار گرسنگی در ماهیان قزل آلا نقش دارد به عنوان مهم ترین ژن بالادستی و موثر بر صفت بلوغ جنسی بر سایر ژن ها شناسایی شد. پیشنهاد می شود به منظور اثبات عملی و زیستی ژن های نامبرده، حتما بیان ژن آنها توسط مطالعات آزمایشگاهی RT-PCR مورد ارزیابی و تایید قرار گیرد.

کلمات کلیدی: قزل‌آلا، بلوغ جنسی، ریزآرایه DNA، شبکه بیزی، ژن علی

مقدمه

آزمایشات ریزآرایه DNA هزاران مقادیر بیان ژنی از شرایط و حالات سلولها و بافتها فراهم می کند [۱] تا قبل از ظهور فناوری توالی یابی RNA، فناوری ریزآرایه DNA از گسترده ترین و رایج ترین فناوری مورداستفاده برای تعیین پروفایل بیان ژنی بود. با این حال هنوز هم تکنیک های ریاضیاتی و آماری برای تجزیه و تحلیل داده های ریزآرایه DNA در حال گسترش و توسعه می باشند [۱]. در بیشتر آزمایش های ریزآرایه DNA علاوه بر شناسایی و تعیین حاشیه نویسی ژن هایی با بیان متفاوت (Differentially Expressed Genes) و ژن هایی با بیان مشابه (Co-expressed Genes) بر روی استخراج شبکه های بیان ژنی یا مدل سازی روابط بین ژنی نیز متمرکز شده اند [۲]. در شبکه های بیان ژنی، هدف استخراج مجموعه ای از روابط علی- معلولی (Cause-Effect) بین اجزا می باشد. در این شبکه ها، ژن ها، متغیرهای موجود در مجموعه داده بوده و روابط بین متغیرها به صورت اتصالات (وابستگی) نشان داده می شوند. مزیت استخراج شبکه به روش بیزی به نسبت سایر روش ها، شناسایی روابط علی بین ژنی می باشد. ایران با تولید بیش از ۲۰۰ هزار تن ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، بیش از ۲۵ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است [۳]. برای همین، صفات مرتبط با تولید از جمله سن در زمان بلوغ و بلوغ جنسی مورد توجه پژوهشگران این حوزه می باشد. فرایندی که طی آن فرد با رشد جسمی و فیزیولوژیکی قابل توجه به بلوغ جنسی می رسد و توانایی تولید مثل پیدا می کند، بلوغ نامیده می شود [۴]. بلوغ زودرس و تأخیری می تواند منبع بروز استرس و

بیماری‌های دیگری باشد [۵]. شروع بلوغ در مهره‌داران، از جمله ماهی‌های استخوانی، توسط محور مغز-هیپوفیز-گناد تنظیم می‌شود. بنابراین، عوامل غدد درون‌ریز در این مسیر را می‌توان اندازه‌گیری کرد و به عنوان مجموعه‌ای از نشانگرهای زیستی پیش‌بینی‌کننده برای توصیف بلوغ جنسی استفاده کرد [۶]. ارزیابی mRNA کدگذاری شده برای پروتئین‌های LH, FSH و ...، بینش اولیه‌ای را در مورد مکانیسم‌های ژنتیکی بلوغ جنسی فراهم می‌کند [۶]. عوامل محیطی و ژنتیکی متفاوتی بر روی صفت سن بلوغ تأثیر می‌گذارند و ماهیان در سنین متفاوتی و اندازه‌های متفاوتی به بلوغ جنسی می‌رسند. با این حال به طور میانگین ماده‌ها در سه سالگی و نرها در ۲ سالگی به بلوغ جنسی می‌رسند. بلوغ زودتر از زمان‌های نامبرده یا همان بلوغ زودرس در تولید و اقتصاد واحدهای پرورش ماهیان قزل‌آلا نقش مضری ایفا کند و چندین مطالعه نیز از تأثیر منفی بلوغ زودرس قبل از رسیدن به وزن مطلوب گزارش داده‌اند [۷]. با وجود وراثت‌پذیری قوی زمان بلوغ، درک ما از ژنتیک زمینه‌ای محدود است [۵]. مطالعات ژنتیکی فرایند بلوغ زودرس در ماهیان قزل‌آلا تا حدودی انجام شده و تاکنون نقش چندین ژن همچون *MAGI2* و *PICALM* [۷] و ژن‌های *SIX6*, *VGLL3* و *AKAP11* [۸] در این فرایند نیز به اثبات رسیده است. با شناسایی شبکه‌های ژنی درگیر در بافت‌های مختلف می‌توان تحلیل و درک مناسب‌تری از چگونگی بروز صفات پیچیده پلی‌ژنیک داشت. مطالعات کنونی تنها بر روی شناخت مازول‌های ژنی وابسته می‌باشد. تاکنون شناخت روابط علی - معلولی بین ژنی بر روی صفت مهمی هم چون بلوغ در ماهیان قزل‌آلا به خوبی مطالعه نشده است. بنابراین هدف از پژوهش استخراج رابطه علی معلولی بین ژن‌های متفاوت بیان شده و سپس شناسایی ژن‌های هاب یا بررسی داده‌های بیان ژنی با شماره دسترسی GSE126582 می‌باشد. پ

مواد و روشها

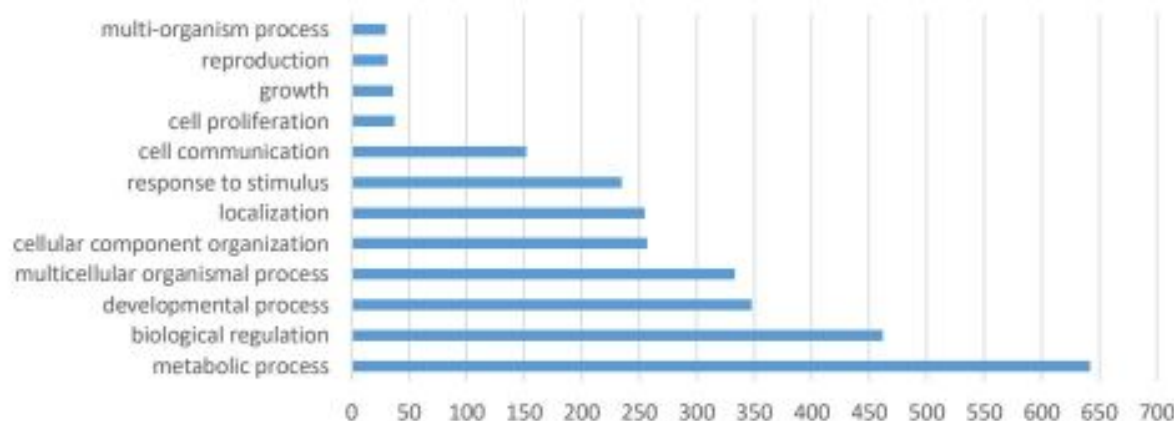
آنالیز آماری

با استفاده از بسته نرم‌افزاری GEOquery در R داده‌های بیان ژنی ریزآرایه DNA از پایگاه GEO با شماره دسترسی GSE126582 استخراج شد. در این آزمایش از ۳۷ نمونه بیان ژنی بافت بیضه ماهیان قزل‌آلا که دو جیره غذایی عادی و جیره محرومیت غذایی اعمال شده بود [۹]. استخراج گردید. به منظور نرمال‌سازی داده‌های بیان ژنی تبدیل لگاریتمی انجام گرفت. برای شناسایی ژنهای متفاوت بیان شده در هر بافت ابتدا لگاریتم پایه ۲ واریانس هر ژن استخراج گردید و سپس پنج درصد ژن‌هایی که بیشترین میزان واریانس را ایجاد کرده بودند انتخاب شدند [۱۰]. غنی‌سازی مجموعه ژنی در دسته فرآیندهای زیستی با استفاده از ابزار Webgsalt صورت گرفت [۱۱]. پارامترهای شبکه‌بیزی با استفاده از بسته نرم‌افزاری bnlearn استخراج شدند [۱۲]. شناسایی ژن‌های هاب با استفاده از آپ Cytoscape شناسایی شد [۱۳]. ترسیم شبکه ژنی با استفاده از نرم‌افزار Cytoscape و چارچوب hierarchical انجام گرفت [۱۴]. استخراج اطلاعات تکمیلی و تبدیل نام Entrez ژن‌ها به نام‌های رسمی توسط پایگاه NCBI و DAVID صورت گرفت [۱۵].

نتایج

در شکل ۱ نتایج غنی‌سازی مجموعه ژنهای متفاوت بیان شده حاصل از داده‌های بیان ژنی GSE126582 قابل مشاهده است. در اکثر الگوریتم‌های استفاده شده برای شناسایی ژن‌های علی و بالادستی ماهیان گرسنه در زمان بلوغ جنسی ژن شماره انترز ۶۷۵ رویت شده است. اما سؤال اصلی اینجاست آیا این ژن نقش بالادستی و علی بر سایر ژن‌های متفاوت بیان شده در ماهیان گرسنه در زمان بلوغ جنسی دارد یا خیر؟ برای رسیدن به پاسخ این سؤال نیازمند مشاهده رفتار ژنها با هم (علی - معلولی) طبق نتایج شبکه می‌باشیم. در جدول ۲ نام اصلی و رسمی ژن‌های هاب شناسایی شده و همچنین فعالیت اصلی آنها در سلول از آزمایش بیان ژنی GSE126582 قابل مشاهده است. در شکل ۲ نمایش گرافیکی شبکه بیان ژنی حاصل از برآزش

شبکه روی داده‌های بیان ژنی GSE126582 قابل مشاهده می‌باشد. همان طور که مشاهده می‌شود ژن *BRCA1* بر فعالیت سایر ژن‌ها تاثیر علی و بالادستی دارد.



شکل ۱- غنی سازی مجموعه ژنی داده‌های GSE126582 در مسیرهای زیستی

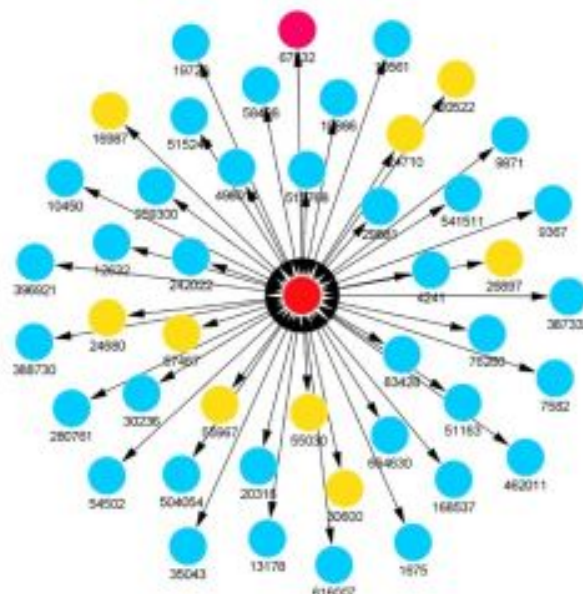
جدول ۲- ژن‌های هاب شناسایی شده از مطالعه بیان ژن GSE126582

ردیف	انترز	نام ژن	توضیح
1	675	<i>BRCA2</i>	DNA repair associated
2	280761	<i>DCT</i>	dopachrome tautomerase
3	504054	<i>EDC3</i>	enhancer of mRNA decapping 3 homolog
4	30236	<i>GJA1B</i>	gap junction protein alpha 1b
5	12632	<i>CFL2</i>	cofilin 2, muscle
6	1675	<i>CFD</i>	complement factor D
7	4241	<i>MELTF</i>	melanotransferrin
8	7582	<i>ZNF33B</i>	zinc finger protein 33B
9	9871	<i>SEC24D</i>	homolog D, COPII coat complex component
10	10450	<i>PIPE</i>	peptidylprolyl isomerase E

بحث

طبق نتایج این پژوهش بیشتر ژن‌های متفاوت بیان شده در مسیرهای متابولیکی فعالیت دارد. در مراحل بعدی تعداد بیشتری از ژن‌های متفاوت بیان شده در مسیرهای تنظیم زیستی و فرایندهای تکاملی در ماهیان گرسنه نقش دارند. از آنجا که در فرایند بلوغ جنسی نیازمند تنظیم هورمونی و آنزیمی از سمت غده هیپوفیز (FSH) به سمت اندام‌های جنسی (بیضه‌ها) ماهیان گرسنه می‌باشد و سبب تولید هورمون‌های آندروژنی و ترشح آن‌ها در خون می‌شود که با نتایج [۹] همخوانی دارد. احتمال داد ژن‌های نامبرده، مسئول تولید و ترشح هورمون‌ها و تنظیم فعالیت آنزیم‌هایی می‌باشند که در ساخت هورمون‌های استروئیدی جنسی (تستسترون) در ماهیان گرسنه نقش دارند. در مرحله بعدی قسمت اعظم این ژن‌ها در مسیرهای فرایندهای تنظیم زیستی که شامل مراحل هم چون بیان ژن و ... می‌شود قرار می‌گیرند. از آنجا که مطالعه تنظیمی ژن‌ها در بحث فاکتورهای رونویسی قرار می‌گیرد. مطالعه این بخش نیازمند شناسایی فاکتورهای رونویسی ژن‌های متفاوت بیان شده از این سری آزمایش می‌باشد. بخش خیلی کوچکی از ژن‌ها در ماهیان گرسنه در مرحله بلوغ جنسی در مسیرهای تکثیر سلولی، رشد و تولیدمثل غنی شده‌اند. از آنجا که این مطالعه بررسی پروفایل بیان ژنی در بافت بیضه ماهیان قزل آلا با محرومیت غذایی و هم ماهیانی با جیره غذایی نرمال بود، معنی دار شدن این مسیرهای زیستی و متابولیکی در ماهیان گرسنه دور از انتظار نبود. این ژن از اجزای مهم در

ترمیم DNA زمان همانند سازی می‌باشد که هر گونه جهش در آن سبب بروز سرطان در انسان می‌شود. اما در ماهیان قزل آلا نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد ژن *BRCA2* در بیوسنتر ریوزوم‌ها فعالیت دارد. ریوزوم‌ها نیز از اجزای سیتوپلاسمی هستند که مکان سنتر پروتئین هستند. در این آزمایش تیمار محرومیت غذایی از طریق تاثیر بر ژن‌های بیضه‌ها در ماهیان قزل، فعالیت آن‌ها را تحت کنترل خود درآورده است. هم چنین در طول دوران گرسنگی که بدن مجبور به استفاده از ذخایر چربی و سپس پروتئین می‌باشد ژن‌های سنتر ریوزوم‌ها فعال می‌شود تا بدن مجبور به متابولیسم و سوخت و ساز پروتئین‌های بدن شود. پس اعمال اثر گرسنگی بر بیان ژن‌های سنتر ریوزوم‌ها چندان دور از انتظار نبود. هم چنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ژن‌های موثر بر بلوغ جنسی بیشتر در مسیر تغییر بیان ژن‌های سنتر ریوزوم‌ها فعالیت دارد که اعمال گرسنگی سبب تغییر فعالیت بیانی این دسته ژن‌ها می‌شود.



شکل ۲- نمایش گرافیکی روابط علی- معلولی میان ژن‌های موثر بر بروز بلوغ جنسی در ماهیان قزل آلا

منابع

- 1) Ghosh, K. K., Begum, S., Sardar, A., Adhikary, S., Ghosh, M., Kumar, M., and Sarkar, R. 2021. Theoretical and empirical analysis of filter ranking methods: Experimental study on benchmark DNA microarray data. *Expert Systems with Applications*, 169, 114485.
- 2) Berry, D. P., et al. "The integration of 'omic' disciplines and systems biology in cattle breeding." *Animal* 5.4 (2011): 493-505.
- 3) Ghiasi, M., Fazli, H., Nasrollahzadeh Saravi, H., and Hemati, A. (2025). Enhancing aquaculture performance and disease resistance in rainbow trout with Iranian herbal feed additives: A review. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 24(2), 365-383.
- 4) Navarro, S., Guillot, R., Crespo, D., Schulz, R. W., Ge, W., Rotllant, J., ... and Rocha, A. 2021. Enhanced growth without accelerated puberty in fish: A role for the melanocortin system. *Aquaculture*, 540, 736721.
- 5) Mancini, A., Magnotto, J. C., and Abreu, A. P. 2022. Genetics of pubertal timing. *Best Practice and Research Clinical Endocrinology and Metabolism*, 36(1), 101618.
- 6) Middleton, M.A., Larsen, D. A., Tatara, C. P., Berejikian, B. A., Pasley, C. R., Dickey, J. T., 2025 Age at release affects developmental physiology and sex-specific phenotypic diversity of hatchery steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*). *PLoS ONE*, 20(2), 0315016.
- 7) Mohamed, A. R., Verbyla, K. L., Al-Mamun, H. A., McWilliam, S., Evans, B., King, H., ... and Kijas, J. W. 2019. Polygenic and sex specific architecture for two maturation traits in farmed Atlantic salmon. *BMC genomics*, 20(1), 1-12.
- 8) Kurko, J., Debes, P. V., House, A. H., Aykanat, T., Erkinaro, J., and Primmer, C. R., 2020. Transcription profiles of age-at-maturity-associated genes suggest cell fate commitment regulation as a key factor in the Atlantic salmon maturation process. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 10(1), 235-246.

- 9) Crespo, D., Bogerd, J., Sambroni, E., LeGac, F., 2019. The initiation of puberty in Atlantic salmon brings about large changes in testicular gene expression that are modulated by the energy status. *BMC Genomics*, 20(1), 475.
- 10) Langfelder, P., and Horvath, S., 2008. WGCNA: an R package for weighted correlation network analysis. *BMC Bioinformatics*, 9(1), 559-608.
- 11) Liao, Y., Wang, J., Jaehnig, E., Shi, Z., Zhang, B. WebGestalt 2019: gene set analysis toolkit with revamped UIs and APIs, *Nucleic Acids Research*, gkz401.
- 12) Scutari, M., 2014. Bayesian network constraint-based structure learning algorithms: Parallel and optimised implementations in the bnlearn R package. *arXiv preprint arXiv:1406.764*.
- 13) Chin, C. H., Chen, S. H., Wu, H. H., Ho, C. W., Ko, M. T., and Lin, C. Y., 2014. cytoHubba: identifying hub objects and sub-networks from complex interactome. *BMC systems biology*, 8(4), 1-7.
- 14) Shannon, P., Markiel, A., Ozier, O., Baliga, N. S., Wang, J. T., Ramage, D., ... and Ideker, T. 2003. Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. *Genome research*, 13(11), 2498-2504.
- 15) Benson, D. A., Clark, K., Karsch-Mizrachi, I., Lipman, D. J., Ostell, J., and Sayers, E. W. 2015. GenBank. *Nucleic acids research*, 43(Database issue), D30.

Identification of Causative and Upstream Genes Affecting Puberty in Trout Under Food Deprivation

Sajjad Nazari¹, Seyed Amin Mortazavi^{2*}, Mahdi Golshan³, Mostafa Ghaderi Zafraei⁴

¹ Cold-Water Fishes Genetic and Breeding Research Center, Iranian Fisheries Research Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Yasouj, Iran.

² Animal science department, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kohgiluyeh and Boyerahmad, Iran

³ Iranian Fisheries Research Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

⁴Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran.

*Corresponding author E-mail: Aminmrt1@gmail.com

Abstract

The aim of this study was to identify upstream and causative genes on the sexual puberty in trout. For this purpose, DNA microarray with accession number GSE126582 was extracted from the GEO. After normalization, differentially expressed genes were identified. The WEBGSALT online tool was used to identify enriched gene sets. Hub gene identification was performed using the Bnlearn software package. Network graphics were drawn with Cytoscape and causative networks were defined with the Cytohubba app. Hub genes *BRCA1*, *DCT*, *EDC3*, *GJA1B*, *CFL2*, *CFD*, *MELTF*, *ZNF33B*, *SEC24D*, and *PIPE* were identified as hub and causative genes on puberty in trout. The results of this study showed that the *BRCA1* gene, which plays a role in the process of ribosome biosynthesis during starvation treatment, was identified as the most important upstream gene on puberty. It is suggested that biological validity of the mentioned genes, would be evaluated and confirmed by RT-PCR laboratory studies.

Keywords: Trout, puberty, DNA microarray, Bayesian network, Causative gene

اثرات فردی و ترکیبی سطوح مختلف اسیدیفایر و سین بیوتیک بر عملکرد رشد ماهی قزل آلا

رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

امید صفری^۱، محمد اعمی ازغدی^۲، مهدی احسانی فریمانی^۳، علی بقالیان^۴، فاطمه عزیز علی آبادی^{۵*}

^۱دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲مدیر عامل شرکت سپهر سامان فرتاک، مشهد، ایران

^۳دانشجوی دکتری تغذیه دام، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^۴دانش آموخته کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

^{۵*}دانش آموخته دکتری تغذیه طیور، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: Azizaliabadi.fatemeh@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف اسیدیفایر (۰/۱ و ۰/۲ درصد) و سین بیوتیک (۰/۰۵ و ۰/۱ درصد) بر شاخص‌های عملکرد رشد ماهی قزل آلا رنگین کمان، از ۴۵۰ قطعه ماهی قزل آلا رنگین کمان با وزن اولیه 40.9 ± 1.2 گرم با تراکم ذخیره سازی ۲۵ قطعه در هر واحد آزمایشی به مدت ۶۳ روز استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل (۱) شاهد (بدون افزودنی)، (۲) ۰/۱ درصد اسیدیفایر، (۳) ۰/۲ درصد اسیدیفایر، (۴) ۰/۰۵ درصد سین بیوتیک، (۵) ۰/۱ درصد سین بیوتیک، (۶) ۰/۱ درصد اسیدیفایر + ۰/۰۵ درصد سین بیوتیک بود. نتایج نشان داد که استفاده از مخلوط اسیدیفایر و سین بیوتیک در جیره ماهیان سبب افزایش معنی‌دار وزن نهایی، میزان رشد ویژه، مصرف خوراک و شاخص وضعیت شد ($p < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک در ماهیان مصرف کننده تیمار ۶ به‌طور معناداری کمتر از سایر گروه‌ها بود ($p < 0.05$). به‌طور کلی نتایج آزمایش استفاده‌ی ترکیبی از هر دو افزودنی (اسیدیفایر و سین بیوتیک) را نشان داد.

کلمات کلیدی: اسیدیفایر، سین بیوتیک، قزل آلا رنگین کمان، عملکرد رشد، افزودنی

مقدمه

آبزی‌پروری به عنوان منبع پروتئین و معیشت عمل می‌کند و جایگزینی برای صید شیلات است و در نتیجه فشار بر حیات وحش را کاهش می‌دهد. با این وجود، آبزی‌پروری به دلیل مسائلی از جمله وابستگی بیش از حد به پودر ماهی، هزینه بالای پودر ماهی، تاثیر زیست محیطی فعالیت‌های آبزی‌پروری که ممکن است برای زندگی آبزیان و محیط زیست مضر باشد، و استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها برای درمان بیماری‌ها که ممکن است تاثیر نامطلوبی بر میزبان یا محیط زیست داشته باشد، محدود می‌شود. یکی از تلاش‌ها جهت دستیابی به راه‌های عملی برای افزایش پایداری آبزی‌پروری استفاده از افزودنی‌های خوراکی کاربردی در فرمولاسیون جیره است. افزودنی‌های خوراکی، مواد غذایی هستند که در فرمولاسیون خوراک به منظور تامین نیازهای اساسی و افزایش رشد و سلامت و بهبود منافع زیست‌محیطی و اقتصادی استفاده می‌شوند [۱ و ۲]. اسیدیفایرها یکی از افزودنی‌های محرک رشد عاری از آنتی‌بیوتیک هستند که می‌توانند رشد را تقویت کنند، ایمنی و ظرفیت ضد اکسیداتیو را بهبود بخشند و از بروز بیماری در حیوانات جلوگیری کنند [۳]. اسیدیفایرها را می‌توان به دو گروه اسیدیفایرهای معدنی (مانند اسیدهای هیدروکلریک، سولفوریک و فسفریک) و اسیدیفایرهای آلی (مانند اسیدهای فرمیک، مالیک و سیتریک) تقسیم کرد که از بین آنها، اسیدیفایرهای آلی به نتایج بهتری دست یافته‌اند [۴]. اصطلاح سین‌بیوتیک به افزودنی‌هایی اشاره دارد که مخلوطی از میکروارگانیسم‌های زنده و سوبستراهایی است که به صورت انتخابی توسط میکروارگانیسم‌های میزبان مورد استفاده قرار می‌گیرند و برای میزبان فواید سلامتی به همراه دارند [۵]. سویه‌های مختلف باکتریایی، مانند باسیلوس، لاکتوباسیلوس و پدیوکوکوس، به طور گسترده در ترکیب با پری‌بیوتیک‌ها به عنوان سین‌بیوتیک در آبزی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرند [۶]. با توجه به اهمیت

تغذیه‌ی افزودنی‌ها در آبزیان، هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی اثرات فردی و ترکیبی اسیدی‌فایر (با نام تجاری A-CID AQUA) و سین بیوتیک (با نام تجاری A-PRO AQUA) بر عملکرد رشدی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۴۵۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان انگشت قد با وزن اولیه‌ی 40.9 ± 1.2 گرم با تراکم ذخیره سازی ۲۵ قطعه در هر واحد آزمایشی به شش تیمار (سه تکرار برای هر تیمار) اختصاص داده شد. واحدهای آزمایشی به شکل هشت ضلعی و با حجم آبگیری چهار مترمکعب بود. ماهیان مورد نظر انتخاب و پس از دو هفته سازگاری، آزمایش آغاز شد. تغذیه‌ی ماهیان تا حد سیری و سه بار در روز در دوره‌ی ۶۳ روزه انجام و مقدار خوراک ارائه شده به صورت روزانه ثبت شد. در مطالعه‌ی حاضر، از دو محصول اسیدی‌فایر (A-CID AQUA) و سین بیوتیک (A-PRO AQUA) محصول شرکت سپهر سامان فرناک (مشهد، ایران) استفاده شد. محصول اسیدی‌فایر حاوی اسید فرمیک، اسید استیک، اسید پروپیونیک، اسید لاکتیک، اسید سیتریک و اسید فوماریک بود و محصول سین بیوتیک حاوی سویه‌های پدیوکوکوس اسیدی لاکتیکی، اکتروکوکوس فاسیوم، باسیلوس سوبتیلیس، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس کازنی، لاکتوباسیلوس رامنوسوس، بیفیدوباکتریوم بیفیدوم و ساکارومایسس سرویزیه (حاوی تعداد کل 3×10^8 CFU/g) بود. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: (۱) شاهد (بدون افزودنی)، (۲) ۰/۱ درصد A-CID AQUA، (۳) ۰/۲ درصد A-CID AQUA، (۴) ۰/۵ درصد A-CID AQUA، (۵) ۰/۱ درصد A-PRO AQUA، (۶) ۰/۱ درصد A-CID AQUA + ۰/۵ درصد A-PRO AQUA. مقدار وزنی سین بیوتیک و اسیدی‌فایر مورد استفاده در جیره‌های آزمایشی، جایگزین وزنی آرد ذرت جیره‌ی شاهد شد. پس از توزین، اقلام خوراک با کمک آسیاب چکشی به اندازه‌ی ذرات حدود ۵۰۰ میکرون تبدیل شدند. سپس بعد از تنظیم دما (۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد) و رطوبت (۳۰ درصد وزنی) در بخش کاندیشنر، محتویات به خمیری یکنواخت تبدیل شده و سپس خمیر حاصل از دستگاه اکسترودر (دمای ۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد) با قطر چشمه‌ی ۴-۳ میلی‌متر عبور داده شد. در نهایت پس از سرد شدن پلت‌های حاصل، روغن ماهی و روغن سویا در دستگاه میکسر به سطح پلت‌ها پاشیده شد. جدول (۱) اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌ی آزمایشی نشان می‌دهد. وزن اولیه، وزن نهایی، ضریب رشد ویژه^۱، شاخص مصرف اختیاری خوراک^۲، ضریب تبدیل خوراک^۳، نرخ بازماندگی^۴ و شاخص وضعیت^۵ اندازه‌گیری شدند [۷].

پس از تحقق دو شرط اصلی آزمونهای پارامتریک تجزیه‌ی واریانس (همگن بودن واریانس و نرمال بودن داده‌ها) از آزمون تجزیه‌ی واریانس یک طرفه^۶ برای مقایسه‌ی واریانس بین تیمارها و از آزمون دانکن برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح اطمینان ۵٪ با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (نسخه‌ی ۲۲) استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول (۲) اثرات اسیدی‌فایر و سین بیوتیک را بر عملکرد رشدی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نشان می‌دهد. بیشترین وزن نهایی در ماهیان مصرف‌کننده‌ی تیمارهای ۳، ۵ و ۶ مشاهده شد ($p < 0.05$). همچنین، وزن نهایی در تیمارهای حاوی افزودنی‌ها به‌طور معناداری بیشتر از تیمار شاهد بود ($p < 0.05$). در رابطه با میزان رشد ویژه و ضریب تبدیل خوراک، به ترتیب بیشترین (۱/۰۹ درصد وزن بدن/روز) و کمترین (۱/۱۰ گرم/گرم) مقادیر آنها در گروه مصرف‌کننده‌ی جیره‌ی مخلوط اسیدی‌فایر و سین بیوتیک (تیمار ۶) مشاهده شد ($p < 0.05$). بیشترین میزان مصرف اختیاری خوراک (۲/۱۸ درصد وزن بدن/روز) و شاخص

Specific Growth Rate^۱
Voluntary Feed Intake^۲
Feed Conversion Ratio^۳
Survival Rate^۴
Condition Factor^۵
One-way ANOVA^۶

وضعیت (۱/۵۵٪) نیز در تیمار ۶ وجود داشت که به‌طور معناداری با تیمار شاهد و سایر تیمارها متفاوت بود ($P < 0.05$). به‌طور کلی با افزایش سطوح اسیدیفایر (از ۰/۱ به ۰/۲ درصد) و سین بیوتیک (از ۰/۰۵ به ۰/۱ درصد) پارامترهای عملکردی بهبود چشمگیری را نشان دادند ($P < 0.05$).

جدول ۱) اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌ی شاهد.

اقدام	جیره شاهد (٪)
آرد ذرت	۲۵
کنجاله سویا	۲۵
گلوتن گندم	۸
پودر ماهی ^۱	۱۵
پودر گوشت	۱۰/۵
روغن ماهی	۶/۵
روغن سویا	۶/۵
مکمل معدنی ^۲	۱/۵
مکمل ویتامینه ^۲	۱/۵
ویتامین C	۰/۵
ترکیب شیمیایی	
انرژی ناخالص (مگاژول بر کیلوگرم)	۱۳/۲۱
ماده خشک (٪)	۹۳/۴
پروتئین خام (٪)	۹۵/۳
چربی خام (٪)	۱۵/۵
فیبر خام (٪)	۴/۸
عصاره عاری از ازت (٪)	۴۰/۷
خاکستر (٪)	۳/۷

^۱پودر ماهی حاوی ۶۵٪ پروتئین خام و ۲/۵٪ چربی خام بود.

^۲مکمل معدنی (در هر کیلوگرم) حاوی منیزیم ۱۰۰ میلی‌گرم، روی ۶۰ میلی‌گرم، آهن ۴۰ میلی‌گرم، مس ۵ میلی‌گرم، کبالت ۰/۱ میلی‌گرم، ید ۱ میلی‌گرم، آنتی اکسیدان ۱۰۰ میلی‌گرم بود. مکمل ویتامینه (در هر کیلوگرم) حاوی ویتامین E ۳۰ میلی‌گرم، ویتامین ۳ K ۲ میلی‌گرم، تیامین ۲ میلی‌گرم، ریبوفلاوین ۷ میلی‌گرم، پیریدوکسین ۳ میلی‌گرم، ریبوفلاوین ۷ میلی‌گرم، پانتوتنیک اسید ۱۸ میلی‌گرم، نیاسین ۴۰ میلی‌گرم، فولاسین ۱/۵ میلی‌گرم، کولین ۶۰۰ میلی‌گرم، بیوتین ۰/۷ میلی‌گرم، سیانوکوبالامین ۰/۰۲ میلی‌گرم بود.

مطالعات محدودی در مورد بررسی کارایی استفاده‌ی هم‌زمان اسیدیفایرها و سین بیوتیک‌ها بر عملکرد رشد ماهی‌ها گزارش شده است. در تطابق با مطالعه‌ی حاضر، صفری و همکاران [۸] نیز گزارش کردند که استفاده‌ی ترکیبی از سین بیوتیک (پدیوکوکوس اسیدی لاکتیکی + گالاکتو اولیگوساکارید) و پروبیونات سدیم و یا استفاده‌ی ترکیبی آنها منجر به بهبود معنی‌دار عملکرد رشد و شاخص‌های کارایی استفاده از خوراک همچون وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، میزان رشد ویژه، ضریب تبدیل خوراک در ماهی سیچلید آفریقایی بعد از دوره‌ی تغذیه‌ی ۶۳ روزه شد. افزایش در عملکرد رشد را می‌توان به تحریک فعالیت آنزیم‌های گوارشی در دستگاه گوارش و در نتیجه بهبود میزان جذب مواد مغذی مانند چربی‌ها و پروتئین‌ها نسبت داد [۹]. اگرچه مکانیسم اثرگذاری اسیدهای آلی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی و عملکرد رشد گونه‌های آبی به‌طور دقیق مشخص نیست، برخی

محققین به کاهش pH خوراک حاوی اسیدهای آلی، بهبود در جمعیت میکروبی دستگاه گوارش از طریق افزایش در تعداد لاکتوباسیلوس‌ها و کاهش در تعداد باکتری‌های گرم منفی، اشاره کرده‌اند [۹]. در مطالعه‌ی حاضر، بهبود در ضریب تبدیل خوراک ماهیان تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی اسیدیفایر، سین بیوتیک و مخلوط سین بیوتیک + اسیدیفایر نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. افزایش ضریب تبدیل خوراک را می‌توان به حضور عوامل ضد تغذیه‌ای موجود در جیره (مانند فیتات، گلوکوزینولات، تانن و پلی ساکاریدهای محلول)، قابلیت هضم پایین پروتئین جیره و یا عدم تعادل اسیدهای آمینه جیره نسبت داد [۱۰]. با توجه به فرمول ثابت جیره‌ی شاهد بین تیمارهای آزمایشی، علت بهبود ضریب تبدیل خوراک را می‌توان مصرف جیره‌های حاوی افزودنی‌ها دانست.

جدول ۲) اثرات اسیدیفایر و سین بیوتیک بر عملکرد ماهی قزل آلا رنگین کمان

p-value*	SEM	تیمارها						صفات عملکردی
		۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۴۱۸	۰/۶۹۶	۴۰۹/۱۰	۴۱۰/۲۷	۴۰۹/۸۰	۴۱۰/۴۷	۴۰۸/۵۳	۴۰۹/۶۳	وزن اولیه (گرم)
۰/۰۰۰۱	۳/۲۶۰	۸۱۵/۴۷ ^c	۷۴۴/۴۱ ^d	۷۱۳/۴۰ ^b	۷۲۵/۵۳ ^c	۷۰۵/۸۱ ^b	۶۹۴/۱۵ ^a	وزن نهایی (گرم)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۸	۱/۰۹ ^e	۰/۹۵ ^d	۰/۸۸ ^{bc}	۰/۹۰ ^c	۰/۸۷ ^b	۰/۸۴ ^a	میزان رشد ویژه (درصد وزن بدن/روز)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۰	۱/۱۰ ^a	۱/۳۴ ^b	۱/۶۳ ^d	۱/۳۸ ^b	۱/۷۳ ^c	۱/۸۴ ^f	ضریب تبدیل خوراک (گرم:گرم)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۰	۳/۱۸ ^e	۱/۹۹ ^d	۱/۷۳ ^c	۱/۹۱ ^d	۱/۵۵ ^b	۱/۳۹ ^a	مصرف اختیاری خوراک (درصد وزن بدن/روز)
-	-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	نرخ بازماندگی (درصد)
۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۰	۱/۵۵ ^c	۱/۴۰ ^b	۱/۳۴ ^{ab}	۱/۳۳ ^a	۱/۳۳ ^a	۱/۳۳ ^a	شاخص وضعیت (درصد)

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: (۱) شاهد (بدون افزودنی)، (۲) A-CID AQUA (اسیدیفایر)، (۳) A-CID AQUA (۰/۲ درصد)، (۴) A-CID AQUA (۰/۰۵ درصد)، (۵) A-PRO AQUA (۰/۱ درصد)، (۶) A-PRO AQUA (۰/۱ درصد)، (۷) A-CID AQUA (۰/۰۵ درصد)، (۸) A-PRO AQUA (۰/۰۵ درصد).

مخصول اسیدیفایر حاوی اسید فرمیک، اسید استیک، اسید پروپیونیک، اسید لاکتیک، اسید سیتریک و اسید فوماریک بود و محصول سین بیوتیک حاوی سویه‌های پدیوکوکوس اسیدی لاکتیکی، شرکوکوکوس فاسیوم، باسیلوس سویلنسیس، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس پلاتناروم، لاکتوباسیلوس کازنی، لاکتوباسیلوس رامنوسوس، بیفیدوباکتریوم بلیتدوم و ساکارومایسس سرویزیه (حاوی تعداد کل $CFU/g \times 10^4$) بود. *رابطه‌هایی با حداقل یک حرف غیر مشترک تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد با یکدیگر داشتند ($p < 0.05$).

نتیجه گیری کلی

افزایش در سطوح اسیدیفایر و سین بیوتیک موجود در جیره سبب بهبود صفات رشدی شد. ماهیان مصرف کننده‌ی جیره‌های حاوی هر دو نوع افزودنی (اسیدیفایر+سین بیوتیک) بالاترین میزان وزن نهایی، رشد ویژه، مصرف خوراک اختیاری و شاخص وضعیت و کمترین میزان ضریب تبدیل خوراک را نشان دادند. به‌طور کلی، نویسندگان استفاده‌ی ترکیبی از هر دو نوع افزودنی (اسیدیفایر و سین بیوتیک) را در خوراک آبزیان پیشنهاد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از شرکت سپهر سامان فرتاک (مشهد، ایران) بابت حمایت مالی، فنی و همکاری در اجرای این پژوهش اعلام می‌دارند.

منابع

1. Onomu, A.J. and Okuthe, G.E., 2024a. The role of functional feed additives in enhancing aquaculture sustainability. *Fishes*, 9(5), 167.
2. Onomu, A.J. and Okuthe, G.E., 2024b. The Application of Fungi and Their Secondary Metabolites in Aquaculture. *Journal of Fungi*, 10(10), 711.
3. Pearlin, B.V., Muthuvel, S., Govidasamy, P., Villavan, M., Alagawany, M., Ragab Farag, M., Dhama, K. and Gopi, M., 2020. Role of acidifiers in livestock nutrition and health: A review. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 104(2), 558-569.
4. Yan, J., Luo, K., Wang, B., He, J., Li, C., Zhou, J., Lai, W., Zhou, X., Ye, J., Pan, M. and Su, Y., 2025. Effects of dietary compound acidifier (Biomim) on the growth, anti-oxidation, immunity, and intestinal health of juvenile channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture Reports*, 40, 102577.
5. Swanson, K.S., Gibson, G.R., Hutkins, R., Reimer, R.A., Reid, G., Verbeke, K., Scott, K.P., Holscher, H.D., Azad, M.B., Delzenne, N.M. and Sanders, M.E., 2020. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 17(11), 687-701.
6. Yao, W., Li, X., Zhang, C., Wang, J., Cai, Y. and Leng, X., 2021. Effects of dietary synbiotics supplementation methods on growth, intestinal health, non-specific immunity and disease resistance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 112, 46-55.
7. Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients - A review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13, 17-34.
8. Safari, O., Sarkheil, M., Shahsavani, D. and Paolucci, M., 2021. Effects of single or combined administration of dietary synbiotic and sodium propionate on humoral immunity and oxidative defense, digestive enzymes and growth performances of African cichlid (*Labidochromis lividus*) challenged with *Aeromonas hydrophila*. *Fishes*, 6(4), 63.
9. Ng, W.K. and Koh, C.B., 2017. The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, 9(4), 342-368.
10. Hardy, R. W., Kaushik, S. J. 2022. Fish Nutrition. 3rd Ed. Academic Press. 924.

Main and combination effects of various levels of acidifier and synbiotic on the performance traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Omid Safari¹, Mohammad Aami Azghadi², Mehdi Ehsani Farimani³, Ali Baghalian⁴, Fatemeh Aziz-Aliabadi^{5*}

¹Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Managing Director of Sepehr Saman Fartak Co. Mashhad, Iran

³PhD Candidate, Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

⁴MSc in Breeding and Rearing of Aquatics, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

^{5*} PhD in Poultry Nutrition, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding author E-mail: *Azizaliabadi.fatemeh@gmail.com

Abstract

In order to investigate the effects of different levels of acidifier (0.1 and 0.2%) and synbiotic (0.05 and 0.1%) on the growth performance indices of rainbow trout, 450 fish with an initial weight of 409 g were used with a stocking density of 25 fish per experimental unit for 63 days. The experimental treatments included 1) control (no additive), 2) 0.1% acidifier, 3) 0.2% acidifier, 4) 0.05% synbiotic, 5) 0.1% synbiotic, 6) 0.1% acidifier + 0.05% synbiotic. The results showed that the use of a mixture of acidifier and synbiotic in the diet of fish (treatment 6) caused a significant increase in final weight, specific growth rate, voluntary feed intake and condition factor ($p < 0.05$). The feed conversion ratio in fish consuming treatment 6 was significantly lower than the other groups ($p < 0.05$). Overall, the results of the experiment recommend the combined use of both additives (acidifier and synbiotic).

Keywords: Acidifier, Synbiotic, Rainbow trout, Performance, Feed additives

بررسی اثر تغذیه پست‌بیوتیک بر پایه مخمر ساکارومایسس سرویزیه بر بیان ژن‌های مرتبط با عملکرد سد روده ای در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

محمد حسین لشکرلوک^۱، سید حسین حسینی فر^۱، محمد مازندرانی^۱، ولی الله جعفری^۱، رقیه صفری^۱، منصوره کاکاوند^{۲*}
۱. گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲. گروه تحقیق و توسعه شرکت دانش بنیان کیمیاژیم
ایمیل نویسنده مسئول: kakavand@kimiazyme.com

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر پست‌بیوتیک بر پایه‌ی مخمر *Saccharomyces cerevisiae* بر سلامت روده و بیان ژن‌های مرتبط با عملکرد سد روده‌ای در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد. برای این منظور، تعداد ۲۴۰ قطعه بچه‌ماهی با میانگین وزن اولیه‌ی ۲ تا ۳ گرم به مدت ۸ هفته با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پست‌بیوتیک (صفر، ۲، ۴ و ۸ گرم در کیلوگرم) در قالب چهار تیمار و سه تکرار تغذیه شدند. در پایان دوره، به منظور ارزیابی اثر تیمارها بر یکپارچگی بافت روده، بیان ژن‌های مرتبط با عملکرد سد روده‌ای شامل **آکلودین**، **کلودین-۳** و **زونا اوکلودین-۱** مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیان این ژن‌ها در تمامی تیمارهای دریافت‌کننده‌ی پست‌بیوتیک به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد افزایش یافت ($P < 0.05$). بیان ژن‌های آکلودین و کلودین-۳ با افزایش سطح پست‌بیوتیک افزایش معنی‌داری داشت و بالاترین سطح بیان ژن در تیمار ۸ گرم ثبت شد. بیشترین اختلاف بیان ژن زونا اوکلودین-۱ در تیمار ۲ گرم نسبت به گروه شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$)، اما بین تیمارهای ۲، ۴ و ۸ گرم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از پست‌بیوتیک بر پایه مخمر ساکارومایسس سرویزیه می‌تواند سبب بهبود انسجام اپیتلیوم روده و در نتیجه تقویت عملکرد سد روده‌ای و افزایش مقاومت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در برابر پاتوژن‌ها شود.

کلمات کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، پست‌بیوتیک، ساکارومایسس سرویزیه، عملکرد سد روده‌ای، بیان ژن

مقدمه

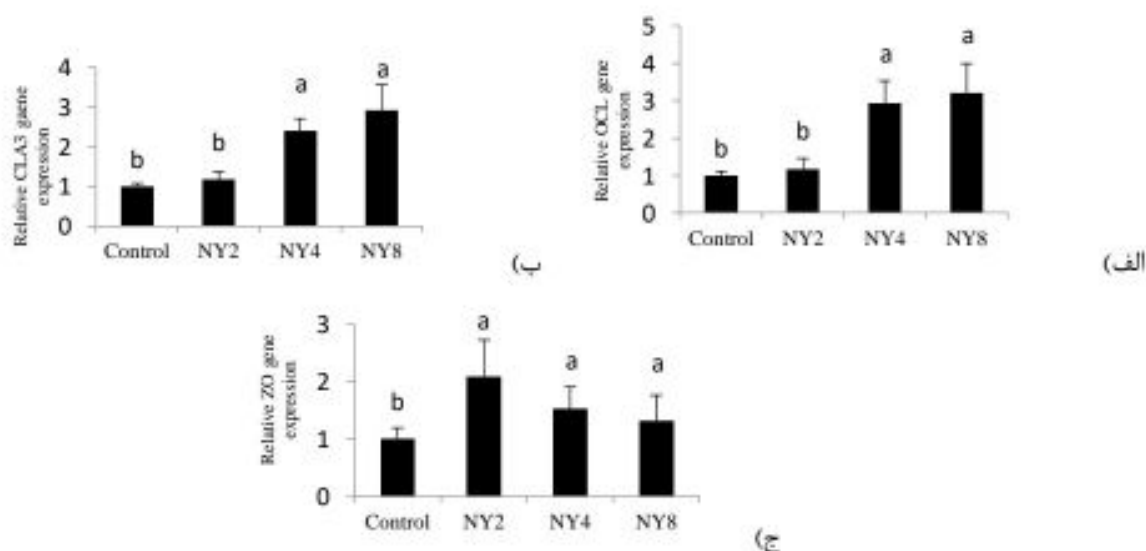
صنعت آبزی‌پروری به‌عنوان یکی از بخش‌های رو به رشد کشاورزی، نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی جهانی دارد. طبق گزارش FAO، تولید جهانی آبزیان در سال ۲۰۲۲ به ۹۴/۴ میلیون تن رسید و برای نخستین‌بار از صید طبیعی پیشی گرفت [۱]. با این حال، افزایش تراکم، تنش‌های محیطی و بیماری‌ها چالش‌های مهمی در این صنعت هستند [۲] و استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، گرچه رایج است؛ اما به دلیل مقاومت میکروبی و آلودگی زیست‌محیطی محدودیت‌های زیادی را به دنبال دارد [۳]. از این رو، افزودنی‌های زیستی مانند پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها و پست‌بیوتیک‌ها به‌عنوان جایگزین‌های ایمن مورد توجه قرار گرفته‌اند [۴ و ۵]. با این حال، پایداری پایین پروبیوتیک‌ها در فرایندهای ساخت خوراک و شرایط لوله گوارش، کاربرد آن‌ها را محدود کرده است [۶]. پست‌بیوتیک‌ها که محصولات غیرزنده حاصل از فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم‌ها هستند، می‌توانند بدون نیاز به سلول‌های زنده، اثرات مثبتی بر سلامت روده و سیستم ایمنی داشته باشند [۷ و ۸]. با وجود شواهد اولیه در زمینه اثرات عملکردی آن‌ها، اطلاعات محدودی درباره تأثیر پست‌بیوتیک‌ها بر سد روده‌ای و بیان ژن‌های مرتبط با آن در قزل‌آلای رنگین‌کمان وجود دارد. از این رو، این مطالعه با هدف بررسی اثر پست‌بیوتیک بر پایه‌ی مخمر *Saccharomyces cerevisiae* بر بیان ژن‌های آکلودین، کلودین-۳ و زونا اوکلودین-۱ مرتبط با عملکرد سد روده‌ای در این گونه انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ۲۴۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ۲ تا ۳ گرم، پس از دو هفته سازگاری، به طور تصادفی در ۱۲ مخزن ۲۰۰ لیتری (۲۰ قطعه در هر مخزن) توزیع شدند. آزمایش به مدت ۸ هفته با چهار تیمار شامل سطوح صفر (شاهد)، ۴، ۸ و ۲ گرم پست‌بیوتیک (نوتری‌بیست، شرکت دانش بنیان کیمیاژیم) در هر کیلوگرم جیره و سه تکرار انجام شد. ماهیان روزانه سه وعده و به میزان ۱ درصد وزن توده زنده تغذیه شدند. شرایط فیزیکیوشیمیایی آب و رژیم توری در محدوده بهینه تنظیم گردید. در پایان دوره، از هر تکرار، سه ماهی به طور تصادفی برای نمونه‌برداری از بخش میانی روده انتخاب و نمونه‌ها در نیتروژن مایع نگهداری شدند. استخراج RNA با کیت RNX-Plus و سنتز cDNA با ۱۰۰۰ نانوگرم RNA و کیت GeNet Bio انجام شد. واکنش qRT-PCR با مستر میکس SYBR Green و تحلیل بیان نسبی ژن‌ها با روش $2^{-\Delta\Delta Ct}$ نسبت به ژن مرجع بتا-آکتین صورت گرفت. نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون بررسی گردید. تحلیل آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ($P < 0.05$) با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

نتایج

در این مطالعه، اثر افزودن غلظت‌های مختلف پست‌بیوتیک نوتری‌بیست به جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر بیان ژن‌های مرتبط با عملکرد سد روده‌ای بررسی شد. تیمار حاوی ۴ و ۸ گرم پست‌بیوتیک در کیلوگرم خوراک، بیشترین تأثیر را بر افزایش بیان ژن‌های آکلودین و کلودین-۳ نسبت به گروه شاهد و تیمار ۲ گرم در کیلوگرم نشان داد ($P < 0.05$) (شکل ۱، الف و ب). در مورد ژن زونا اوکلودین-۱، بیشترین بیان در تیمار ۲ گرم ثبت گردید، اما بین تیمارهای ۴، ۸ و ۲ گرم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P < 0.05$) (شکل ۱ ج).



شکل ۱: بررسی اثر پست‌بیوتیک نوتری‌بیست (NY) بر بیان ژن‌های مرتبط با عملکرد سد روده‌ای در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. (الف)، بیان نسبی ژن آکلودین (OCL)، (ب) بیان نسبی ژن کلودین-۳ (CLA3) و (ج) بیان نسبی ژن زونا اوکلودین-۱ (ZO). حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است.

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان داد که استفاده از پست‌بیوتیک نوتری بیست بر پایه‌ی مخمر *Saccharomyces cerevisiae* در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان منجر به بهبود انسجام اپی‌تلیوم روده از طریق افزایش بیان ژن‌های مرتبط با عملکرد سد روده‌ای شامل آکلودین، کلودین-۳ و زونا اوکلودین-۱ شد [۹]. این نتایج بیانگر نقش مؤثر اجزای ساختاری مخمر، به‌ویژه بتاگلوکان، در تقویت عملکرد سد روده‌ای هستند. به‌نظر می‌رسد بتاگلوکان با اتصال به گیرنده‌های الگوی شناسایی دکتین-۱، موجب فعال‌سازی مسیرهای سیگنالی ایمنی شده و در نتیجه بیان ژن آکلودین را افزایش می‌دهد [۱۰]. علاوه بر این، افزایش بیان ژن کلودین-۳ با تقویت انسجام سلول‌های اپی‌تلیال، موجب ارتقاء یکپارچگی ساختاری لایه مخاطی روده و بهبود پاسخ دفاعی در برابر پاتوژن‌ها می‌گردد. همچنین، ارتقاء سطح بیان ژن زونا اوکلودین-۱ در پاسخ به مصرف پست‌بیوتیک، نشان‌دهنده تقویت اتصالات بین سلولی و در نتیجه بهبود عملکرد سد فیزیکی روده است [۱۱]. از سوی دیگر، مانان‌الیگوساکارید موجود در دیواره سلولی مخمر از طریق بهبود میکروبیوتای روده، شرایط تخمیر مطلوب‌تری را در دستگاه گوارش ایجاد کرده و همراه با پپتیدها و نوکلئوتیدهای آزاد موجود در نوتری بیست، موجب تحریک تکثیر سلول‌های جامی شکل و افزایش ترشح موکوس محافظ می‌شوند؛ این لایه موکوسی به عنوان مانعی فیزیکی، نقش مهمی در پیشگیری از چسبندگی و نفوذ پاتوژن‌ها ایفا می‌کند [۱۲].

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزودن پست‌بیوتیک نوتری بیست به جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند با تقویت ساختار و عملکرد سد روده‌ای، مقاومت ماهی را در برابر عوامل بیماری‌زا افزایش داده و در نتیجه، به بهبود کلی سلامت روده کمک کند. این یافته‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای پست‌بیوتیک‌ها به عنوان جایگزین‌های ایمن و مؤثر برای آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد در صنعت آبزی‌پروری است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های ارزشمند دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و شرکت دانش بنیان کیمیاژیم صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. FAO, 2024. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Blue transformation in action*, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. Jobling, M., 2010. Fish Husbandry and Environmental influences on growth. in: *Environmental Biology of Fishes*. Springer.
3. Furones, M.D. and Rodgers, C.J., 2009. Antimicrobial agents in aquaculture: Practice, needs and issues. *Options Méditerranéennes*, 86, 41–59.
4. Koshio, S. and Dawood, M.A.O., 2016. Recent advances in the role of probiotics, prebiotics and synbiotics in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 8(2), 148–171.
5. Rohani, M.F., Islam, S.M.M., Hossain, M.K., Ferdous, Z., Siddik, M.A.B., Nuruzzaman, M., Padeniya, U., Brown, C. and Shahjahan, M., 2022. Applications of prebiotics, probiotics and synbiotics in aquaculture. *Frontiers in Microbiology*, 13, 937–966.
6. He, S. and Sontakke, S., 2023. Challenges and strategies for improving probiotic viability in aquafeeds. *Aquaculture Nutrition*, 29(2), 345–359.
7. Aguilar-Toalá, J.E., 2018. Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 105–114.
8. Kamilya, D. and Hury-Choudhury, S., 2019. Postbiotics in aquaculture: Paradigm for sustainable health and growth. *Aquaculture Research*, 50(6), 1757–1768.

9. Chen, L., Liu, W., Zhang, Q., Xu, K., Ye, G., Zhang, D. and Wang, Y., 2021. Effects of yeast culture on growth, intestinal health and immunity in aquatic animals: A review. *Fish & Shellfish Immunology*, 111, 120-130.
10. Novak, M. and Vetricka, V., 2008. β -Glucans, history, and the present: Immunomodulatory aspects and mechanisms of action. *Journal of Immunotoxicology*, 5(1), 47-57.
11. Song, S. K., Beck, B. R., Kim, D., Park, J., Kim, J. and Ringø, E., 2023. Yeast-derived components in aquafeeds: Functional roles and applications. *Aquaculture*, 570, 739305.
12. Cone, R. A., 2009. Barrier properties of mucus. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 61(2), 75-85.
13. Redweik, G. A., Olson, D. G. and Walter, J. M., 2020. Postbiotics: A conceptual framework and review of potential health benefits. *Current Opinion in Biotechnology*, 61, 168-175.

Effect of Dietary Postbiotic on the Expression of Genes Related to Intestinal Barrier Function in Rainbow Trout

Lashkarboluk¹, Seyed Hossein Hoseinifar¹, Mohammad Mazandarani¹, Valiollah Mohammad Hossein Jafari¹, Roghaye Safari¹, Mansoureh Kakavand^{2*}

Department of Aquatic Reproduction and Breeding, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan¹.
University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

² R&D Department, Kimiazyme Co., Tehran, Iran.

kakavand@kimiazyme.com Corresponding author E-mail:

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of *Saccharomyces cerevisiae* derived postbiotic, on intestinal health and the expression of intestinal barrier related genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). A total of 240 juvenile fish (initial average weight of 2-3 g) were fed diets supplemented with different levels of the postbiotic (0, 2, 4, and 8 g/kg) for 8 weeks in a completely randomized design with four treatments and three replicates per treatment. At the end of the trial, intestinal tissue samples were collected to assess the expression of Intestinal barrier function related genes, including occludin, claudin-3, and zonula occludens-1 (ZO-1). The results showed that all postbiotic-supplemented groups had significantly higher gene expression levels compared to the control group ($P < 0.05$). The expression of occludin and claudin-3 genes increased significantly with rising postbiotic levels, with the highest expression observed at 8 g/kg. The highest ZO-1 expression was observed in the 2 g/kg group; however, there were no significant differences among the 2, 4, and 8 g/kg treatments. Overall, the findings suggest that dietary supplementation with postbiotic enhances epithelial integrity, thereby strengthening the intestinal barrier and potentially improving resistance to pathogens in rainbow trout.

Keywords: Rainbow trout, Postbiotic, *Saccharomyces cerevisiae*, Intestinal barrier function, Gene expression

بررسی اثر پست‌بیوتیک بر پایه مخمر ساکارومایسس سرویزیه بر زنده‌مانی و مقاومت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در برابر تنش ناشی از آمونیاک

محمد حسین لشکرلوک^۱، سید حسین حسینی فر^۱، محمد مازندرانی^۱، ولی الله جعفری^۱، رقیه صفری^۱، منصوره کاکاوند^{۲*}

۱. گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲. گروه تحقیق و توسعه شرکت دانش بنیان کیمیاژیم، تهران، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: kakavand@kimiazyme.com

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر پست‌بیوتیک بر پایه‌ی مخمر *Saccharomyces cerevisiae* بر زنده‌مانی و مقاومت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در برابر تنش آمونیاکی انجام شد. برای این منظور، ۲۴۰ قطعه بچه‌ماهی با میانگین وزن اولیه ۲ تا ۳ گرم به مدت ۸ هفته با جیره‌هایی حاوی سطوح مختلف پست‌بیوتیک (صفر، ۰.۲ و ۴ گرم در کیلوگرم خوراک) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار تغذیه شدند. در پایان دوره، آزمون مقاومت در برابر تنش آمونیاکی انجام و نرخ زنده‌مانی در هر تیمار ثبت شد. نتایج نشان داد که استفاده از پست‌بیوتیک در سطوح ۲ و ۴ گرم در کیلوگرم جیره، به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) موجب کاهش تلفات و افزایش مقاومت ماهیان در برابر آمونیاک نسبت به گروه شاهد و تیمار ۸ گرم شد. با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد، استفاده از پست‌بیوتیک بر پایه‌ی مخمر می‌تواند به‌عنوان رویکردی مؤثر برای بهبود سلامت و افزایش مقاومت ماهی در شرایط استرس‌زای پرورشی مورد استفاده قرار گیرد، با این حال، این پاسخ وابسته به دوز بوده و بایستی دوز بهینه جهت دستیابی به بهترین عملکرد و مقاومت، مد نظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، پست‌بیوتیک، ساکارومایسس سرویزیه، زنده‌مانی، تنش آمونیاکی.

مقدمه

با افزایش جمعیت جهانی و نیاز روزافزون به منابع پروتئینی با کیفیت، آبی‌پروری به عنوان یکی از سریع‌ترین بخش‌های در حال رشد کشاورزی، نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی و تغذیه پایدار ایفا می‌کند. پرورش ماهیان، به‌ویژه گونه‌های با ارزش اقتصادی مانند قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، در بسیاری از کشورها به‌عنوان منبع مهمی از پروتئین حیوانی، اشتغال‌زایی و درآمد مطرح است. با این حال، گسترش سیستم‌های پرورش متراکم با چالش‌هایی از جمله بروز استرس‌های محیطی و افزایش حساسیت به عوامل بیماری‌زا همراه است که می‌تواند بهره‌وری تولید را تحت تأثیر قرار دهد [۱]. یکی از مهم‌ترین این چالش‌ها، مسمومیت آمونیاکی ناشی از عواملی مانند آلودگی آب به پسماندهای صنعتی، روان‌آب‌های کشاورزی و تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها است. این مسمومیت می‌تواند اثرات منفی شدیدی بر رشد، سلامت و بقا آبزیان داشته باشد [۲]. در واکنش به این شرایط، آبزیان از راهکارهای فیزیولوژیک مختلفی مانند کاهش مصرف خوراک و تبدیل آمونیاک به ترکیبات با سمیت کمتر استفاده می‌کنند [۲]. در این راستا، افزایش مقاومت ماهیان در برابر تنش آمونیاکی و ارتقاء سلامت آن‌ها در شرایط استرس‌زای پرورشی، به‌ویژه در سیستم‌های متراکم و صنعتی، از اهمیت بالایی برخوردار است.

امروزه استفاده از ترکیبات با اثرات فراتغذیه‌ای مانند پست‌بیوتیک‌ها به‌عنوان رویکردی مؤثر برای تقویت سیستم ایمنی و بهبود پاسخ‌های فیزیولوژیکی در انسان و حیوانات، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است [۳]. پست‌بیوتیک‌ها محصولات غیرزنده حاصل از فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم‌ها و یا اجزای سلولی آن‌ها هستند، که می‌توانند بدون نیاز به فعالیت سلول‌های زنده، اثرات مثبتی بر سلامت روده و سیستم ایمنی داشته باشند. پست‌بیوتیک‌ها به‌ویژه انواع بدست آمده از مخمر حاوی ترکیبات زیست‌فعال متنوعی مانند کریوهدرات‌های دیواره سلولی (بناگلوکان و مانان‌لیگوساکارید)، پپتیدهای زیست‌فعال، اسیدآمینه‌های

ضروری، ویتامین‌های گروه B، نوکلئوتید و اینوزیتول هستند که از طریق تقویت سد مخاطی، بهبود ایمنی ذاتی و کاهش استرس اکسیداتیو می‌توانند در افزایش مقاومت ماهی در برابر تنش‌های محیطی مؤثر واقع شوند [۳]. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر پست‌بیوتیک بر پایه مخمر *Saccharomyces cerevisiae* بر زنده‌مانی و مقاومت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در برابر تنش آمونیاکی طراحی و اجرا شد.

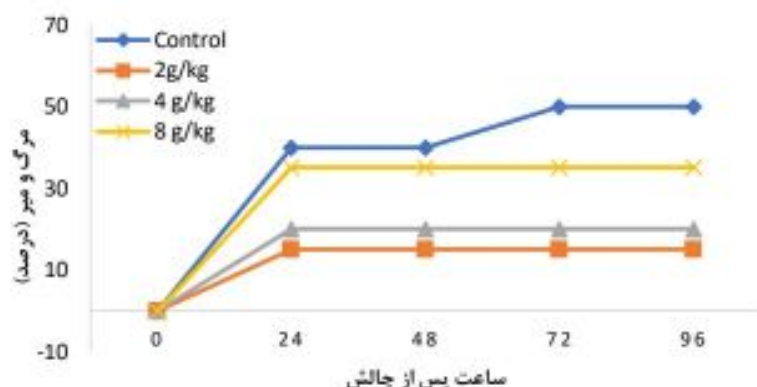
مواد و روش‌ها

در این مطالعه، تعداد ۲۴۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن اولیه ۲ تا ۳ گرم از یک مرکز معتبر تکثیر تهیه شد. پس از ارزیابی سلامت ظاهری، ماهیان به سالن پرورش آبریان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. ماهیان به مدت دو هفته برای سازگاری با شرایط محیطی و جیره‌های آزمایشی نگهداری شدند و سپس به صورت کاملاً تصادفی در ۱۲ مخزن قایم‌گلاس ۲۰۰ لیتری (هر مخزن شامل ۲۰ ماهی) توزیع شدند. پیش از آغاز آزمایش، مخازن با محلول هیپوکلریت سدیم ضدعفونی شده و در طول دوره، هوادهی مرکزی و تعویض روزانه آب انجام گرفت. آزمایش به مدت ۸ هفته در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار شامل سطوح صفر (شاهد)، ۰.۲، ۴ و ۸ گرم پست‌بیوتیک (نوتری‌بیست، شرکت دانش بنیان کیمیاژیم) در هر کیلوگرم جیره و سه تکرار برای هر تیمار اجرا شد. تغذیه ماهیان روزانه در سه نوبت (ساعت ۹، ۱۳ و ۱۷) و معادل یک درصد وزن توده زیستی، بر اساس جداول تغذیه‌ای استاندارد انجام گرفت. پارامترهای کیفی آب شامل دما، اکسیژن محلول، pH و سختی در محدوده بهینه برای گونه مورد نظر حفظ گردید. رژیم نوری شامل ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی بود و باقی‌مانده خوراک به صورت روزانه سیفون شد. در پایان دوره پرورشی، به منظور ارزیابی مقاومت در برابر تنش آمونیاکی، ماهی‌ها در معرض غلظت کشنده آمونیاک (۰/۵ میلی گرم در لیتر NH_3) قرار گرفتند. این غلظت بر اساس مقدار LC_{50} گزارش شده برای قزل‌آلای رنگین‌کمان و با استفاده از NH_4Cl تنظیم گردید. کنترل pH و دمای آب به منظور حفظ نسبت مناسب بین فرم‌های یونیزه و غیر یونیزه آمونیاک صورت گرفت. در طول ۲۴ ساعت مواجهه، نرخ زنده‌مانی ثبت و ماهیان تلف شده بلافاصله حذف شدند.

بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و بررسی همگنی واریانس‌ها با آزمون لون انجام شد. پس از تأیید مفروضات، داده‌ها با آزمون واریانس یک‌طرفه (ANOVA) تحلیل و در صورت مشاهده اختلاف معنی‌دار، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ($P < 0/05$) انجام شد. کلیه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

نتایج

بررسی اثر پست‌بیوتیک نوتری‌بیست بر تحمل تنش آمونیاکی در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد که استفاده از این افزودنی تغذیه‌ای موجب افزایش معنی‌دار مقاومت ماهی در برابر سطوح کشنده آمونیاک شد ($P < 0/05$). در تیمارهای تغذیه شده با پست‌بیوتیک، تلفات تنها در روز اول مواجهه با آمونیاک رخ داد؛ در حالی که در تیمار شاهد، روند تلفات تا روز سوم ادامه داشت. کمترین میزان تلفات تجمعی در تیمارهای دریافت‌کننده ۲ و ۴ گرم پست‌بیوتیک به ازای هر کیلوگرم خوراک مشاهده شد که به طور معنی‌داری کمتر از تیمار ۸ گرم و شاهد بود (شکل ۱). این نتایج نشان دهنده وجود یک سطح بهینه مصرف پست‌بیوتیک برای افزایش تحمل به تنش آمونیاکی است.



شکل ۱: بررسی اثر پست‌بیوتیک بر روند تلفات بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین کمان در مواجهه با سطوح کشنده آمونیاک

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان داد که مصرف پست‌بیوتیک بر پایه مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* می‌تواند موجب افزایش مقاومت فیزیولوژیک ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در برابر تنش آمونیاکی شود. این فرآورده حاوی ترکیبات زیست‌فعال متعددی نظیر مانان‌الیگوساکارید، بتاگلوکان و عصاره سلولی غنی از پپتیدها، آمینواسیدهای آزاد، نوکلئوتید و اینوزیتول است. این ترکیبات از طریق تعدیل جمعیت میکروبی روده، تحریک رشد باکتری‌های مفید، و تنظیم pH دستگاه گوارش، به بهبود عملکرد گوارشی و افزایش جذب مواد مغذی کمک می‌کنند [۴].

همچنین، این ترکیبات با مشارکت در تنظیم متابولیسم نیتروژن، در کاهش اثرات منفی ناشی از تجمع آمونیاک نقش دارند. علاوه بر این، مصرف پست‌بیوتیک می‌تواند با تقویت سد مخاطی روده و حفظ یکپارچگی ساختار اتصالات بین‌سلولی، از نفوذ ترکیبات سمی مانند آمونیاک به جریان خون جلوگیری کند؛ مسئله‌ای که به‌ویژه در شرایط تنش محیطی از اهمیت بالایی برخوردار است [۵]. ترکیباتی مانند بتاگلوکان و مانان‌الیگوساکارید نیز با مهار فعالیت آنزیم‌های آمونیلولیتیک در روده، تولید درون‌زاد آمونیاک را کاهش می‌دهند. از سوی دیگر، این ترکیبات با ارتقاء فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز، از تجمع گونه‌های فعال اکسیژن و آسیب‌های اکسیداتیو در بافت‌های حیاتی مانند کبد، کلیه و آبشش‌ها پیشگیری می‌کنند [۶]. در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد که پست‌بیوتیک نوثری‌بیست در دوزهای پیشنهادی، می‌تواند به‌عنوان یک افزودنی فراتغذیه‌ای مؤثر در بهبود مقاومت بچه‌ماهیان قزل‌آلا در برابر استرس ناشی از آمونیاک مورد استفاده قرار گیرد. این نتایج بر نقش کاربردی پست‌بیوتیک‌ها به‌عنوان ترکیبات عملکردی در خوراک آبزیان و اهمیت آن‌ها در ارتقای سلامت و توسعه پایدار صنعت آبی‌پروری تأکید می‌کنند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های ارزشمند دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و شرکت دانش بنیان کیمیاژیم صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Jobling, M., 2010. Fish Husbandry and Environmental influences on growth. *Environmental Biology of Fishes*. Springer.
2. Randall, D.J. and Tsui, T.K.N., 2002. Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin*, 45(1-12), 17-23.

3. Shi, Y., Zhang, X., Wang, H., Liu, C. and Jiang, W., 2025. Yeast β -glucan enhances the intestinal immune function in coho salmon via the modulation of gut microbiota-mediated lipid metabolism. *Aquaculture*, 582, 742123.
4. Li, Y., Zhang, Y. and Liu, L., 2023. Effects of postbiotics on growth performance and immunity in fish. *Aquaculture Reports*, 30, 101310.
5. Nieves-Rodríguez, S. L., Esteban, M. Á. and Cuesta, A., 2018. Postbiotics: Effects on health and immunity in fish. *Fishes*, 3(3), 27.
6. Tabrez, S. and Ahmad, M., 2009. Effect of wastewater intake on antioxidant and marker enzymes of tissue damage in rat tissues: Implications for the use of biochemical markers. *Food and Chemical Toxicology*, 47(10), 2465-2478.

Effect of Postbiotic on Survival and Resistance of Rainbow Trout Against Ammonia Stress

Mohammad Hossein Lashkarboluk¹, Seyed Hossein Hoseinifar¹, Mohammad Mazandarani¹,
Valiollah Jafari¹, Roghayeh Safari¹, Mansoureh Kakavand^{2*}

¹ Department of Aquatic Reproduction and Breeding, Faculty of Fisheries and Environment,
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

² R&D Department, Kimiazyme Co., Tehran, Iran.

Corresponding author E-mail: kakavand@kimiazyme.com

Abstract

This study investigated the effects of a *Saccharomyces cerevisiae* derived postbiotic on the survival and ammonia stress resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). A total of 240 juvenile fish (initial average weight of 2–3 g) were fed for 8 weeks with diets containing different levels of postbiotic (0, 2, 4, and 8 g/kg feed) in four treatment groups with three replicates. At the end of feeding trial, fish were subjected to an ammonia stress test, and survival rates were recorded for each treatment. The results showed that dietary inclusion of postbiotic at 2 and 4 g/kg of feed significantly ($P < 0.05$) reduced mortality and improved resistance to ammonia stress compared to the control and 8 g/kg treatments. Based on the obtained results, it appears that the use of yeast-based postbiotic can be considered an effective approach to improve health and enhance the resistance of fish under farming-related stress conditions. However, this response is dose-dependent, and the optimal dosage should be determined to achieve the best performance and resistance.

Keywords: Rainbow trout, Postbiotic, *Saccharomyces cerevisiae*, Survival, Ammonia stress

اثر جیره غذایی حاوی نانوذرات اکسید روی (ZnO) بر سیستم ایمنی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

مصطفی گواهی^۱، الهه درویشی^{۱*}

۱. گروه نانوزیست فناوری، دانشکده زیست فناوری، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، آمل، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: (e.darvishi@ausmt.ac.ir)

چکیده

نانوذرات اخیراً به عنوان مکمل های غذایی در پرورش آبزیان شناخته شده اند. این مطالعه تأثیر نانوذرات اکسید روی سنتز شده به روش سبز یا استفاده از گیاه تشنه داری (*Scrophularia striata*) بر سیستم ایمنی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در معرض استرس تراکم را بررسی کرده است. ماهی کپور معمولی به مدت ۶۰ روز با چهار جیره آزمایشی شامل ۰ تا ۳۰ میلی گرم نانوذره بر کیلوگرم غذا تغذیه شدند. پس از آن، ماهی ها به مدت ۶ ساعت در معرض استرس تراکم قرار گرفتند. پس از استرس، رژیم های غذایی ۳۰-۱۰ بیشترین اثر مثبت را بر لیزوزیم سرم و موکوس (LYZ)، مسیر جایگزین مکمل سرم (ACH50)، ایمونوگلوبولین سرم (Ig) و آلكالین فسفاتاز موکوس (ALP) و کاتالاز سرم (CAT) داشتند.

کلمات کلیدی: نانوذرات اکسید روی، سیستم ایمنی، استرس تراکم، کپور معمولی.

مقدمه

ماهی کپور معمولی، یکی از شناخته ترین محصولات صنعت آبزی پروری در آب های داخلی است. قابلیت های پرورشی مناسب این گونه منجر به افزایش کشت آن در مقیاس های تجاری شده است. هر چند پرورش ماهی کپور در شرایط اسارت گاهی با عوامل استرس زا همراه است که ممکن است فعالیت های فیزیولوژیک و رفتار ماهی را تحت تأثیر قرار دهد. در مقایسه با محیط های طبیعی، افزایش تراکم ماهیان در سیستم های جدید و برخی از عملیات های پرورش همانند نقل و انتقال بیومس زنده، منجر به افزایش تولید ترکیبات سمی (آمونیاک، نیتريت، دی اکسید کربن)، نرخ مصرف اکسیژن و ذرات معلق می شود که این وضعیت منجر به آزاد سازی هورمون های استرسی مانند کورتیزول می شود که فعال شدن فرایندهای نظیر گلیکولیز، لیپولیز و اختلال در فعالیت های متابولیکی و سیستم ایمنی را به همراه دارد. علاوه بر این تولید رادیکال های آزاد در شرایط تراکم منجر به آسیب ها اکسیداتیو به بافت های مختلف به ویژه کبد و ورود آنزیم های کبدی به جریان خون می شود. تقویت سیستم فیزیولوژیک ماهی در شرایط نامساعد از طریق افزودنی های غذایی مختلف همانند پروبیوتیک ها، گیاهان دارویی، سین بیوتیک ها، پلی فنول ها و نانوذرات یک استراتژی کارآمد برای مبارزه با اثرات منفی استرس تراکم است [۱].

نانو ذرات به دلیل خواص زیستی متنوع (آنتی اکسیدان، آنتی استرس، ضد سرطان و ضد میکروبی)، اندازه کوچک، قابلیت دسترسی مناسب، جذب بالا، مقاومت به حرارت و دوزهای مصرفی پایین، کاربرد گسترده ای در زمینه های صنعتی، دارویی و غذایی دارند. از میان آنها، نانو ذره اکسید روی به خاطر سازگاری زیستی بالا، فعالیت ضد میکروبی، ضد سرطانی، ضد استرس، ضد اکسیدانت و تحریک کنندگی سیستم ایمنی یکی از شناخته ترین و مفیدترین نانو ذرات در زمینه های زیستی است. در سال های اخیر آگاهی از مزایای نانوذرات سنتز شده به روش سبز همانند بی خطر بودن، صرفه اقتصادی و سازگار با محیط زیست، منجر به تولید نانو ذره اکسید روی با استفاده از منابع طبیعی همانند، میکرواورگانیزم ها، قارچ ها و گیاهان برای اهداف مختلف شده است. مطالعات اخیر در بخش آبزی پروری نشان داده اند که مکمل سازی جیره آبزیان با نانوذره اکسید روی، پیامدهای مثبت متنوعی را به همراه داشته است [۲]. با توجه به مزایای متنوع نانوذره اکسید روی در جانوران آبزی، در این مطالعه اثرات نانو ذره اکسید روی سنتز شده به روش سبز با استفاده از گیاه تشنه داری (*Scrophularia striata*) بر فعالیت های

فیزیولوژیکی ماهی کپور معمولی شامل پاسخ های ایمنی سرم و موکوس در شرایط با تراکم بالا در ماهی کپور مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

سنتز نانوذرات اکسید روی

۱۰ میلی‌لیتر عصاره تشنه‌داری را قطره قطره به محلول زینک استات با غلظت ۲۰ میلی‌مولار اضافه شده و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳-۴ ساعت با دور متوسط استیرر همزده شد. بعد از گذشت این زمان، تغییر رنگ از قهوه‌ای به شیری رنگ نشان دهنده سنتز نانوذرات اکسید روی است. نانوذرات اکسید روی با استفاده از سانتریفیوژ با دور ۸۰۰۰ در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه از محلول جدا شده و سه مرحله شستشو با استفاده از آب مقطر صورت گرفت. سپس رسوبی به رنگ کرم به دست آمده در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت در کوره خشک شد و پودر حاصل در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد [۳]. بررسی خواص فیزیکوشیمیایی نانوذرات شامل طیف‌سنجی مرئی-فرابنفش، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM)، الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) و طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) انجام شد.

بررسی اثر جیره حاوی نانوذرات اکسید روی بر سیستم ایمنی ماهی کپور معمولی

در این مطالعه چهار جیره آزمایشی با استفاده از اضافه کردن غلظت‌های مختلف نانو ذره اکسید روی شامل GNP0 (جیره فاقد نانو ذره اکسید روی)، GNP10 (جیره حاوی ۱۰ میلی‌گرم نانو ذره اکسید روی بر کیلوگرم غذا)، GNP20 (جیره حاوی ۲۰ میلی‌گرم نانو ذره اکسید روی بر کیلوگرم غذا) و GNP30 (جیره حاوی ۳۰ میلی‌گرم نانو ذره اکسید روی بر کیلوگرم غذا) به جیره پایه تهیه شد.

تعداد ۵۲۰ قطعه ماهی کپور معمولی سالم خریداری شد و به مدت ۱۴ روز در آب با درجه حرارت 24 ± 1 ، اکسیژن محلول 6.0 ± 0.3 میلی‌گرم بر لیتر و پی‌اچ 7.75 ± 0.2 نگهداری شدند. سپس ۴۸۰ ماهی با میانگین وزن (۱۵ گرم) به طور مساوی به ۱۲ مخزن فایبر گلاسی ۳۰۰ لیتری منتقل گردیدند. در طول یک دوره ۶۰ روزه، ماهیان گروه کنترل با جیره مورد نظر شامل GNP0-GNP30 تغذیه شدند. القای استرس تراکم از طریق کاهش حجم آب به میزان ۸۰ درصد به مدت ۶ ساعت صورت پذیرفت.

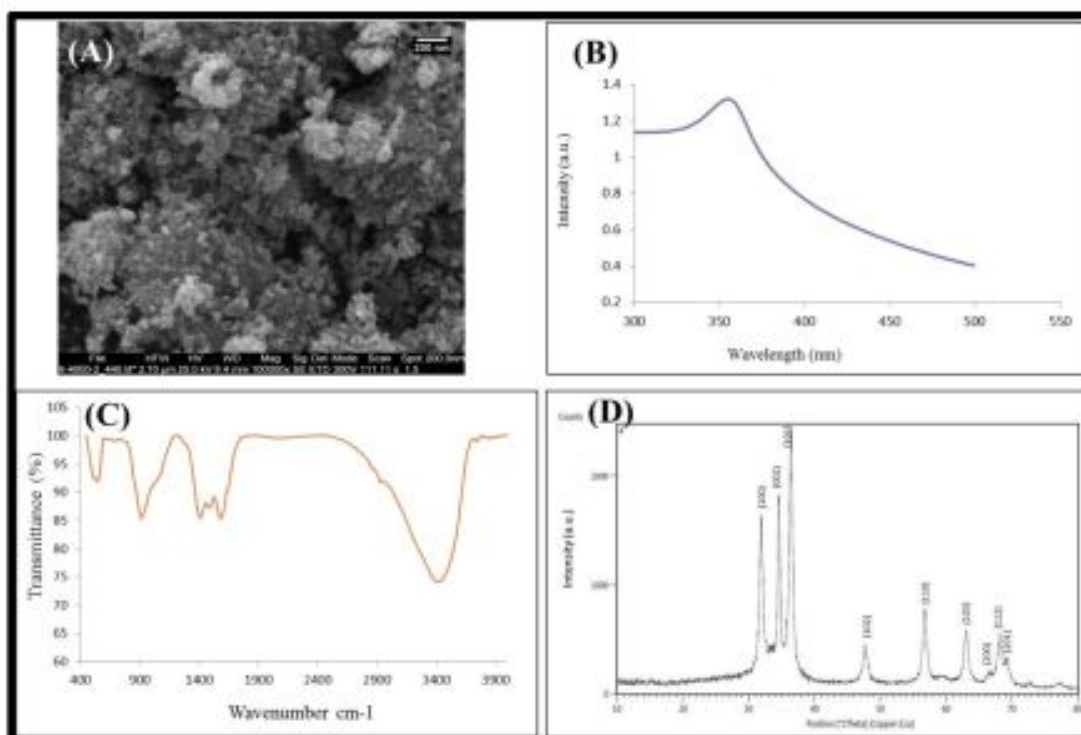
بعد از ۶۰ روز پرورش، غذا دهی به مدت ۲۴ ساعت متوقف شد و سه ماهی از هر تکرار به صورت تصادفی صید شده و نمونه‌های خون از ساقه دمی بدست آمد. برای تهیه سرم، میکروتیوب‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و محلول فوقانی در دمای ۷۰- سانتیگراد ذخیره شد. جمع آوری موکوس در هر دو زمان (قبل و بعد از استرس) بر اساس پروتکل توصیف شده توسط رائو و چاکرابورتی در ۲۰۰۴ صورت پذیرفت [۴]. میزان ایمونوگلوبولین کل براساس اندازه‌گیری محتوای پروتئین کل صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

خصوصیت‌یابی نانوذرات اکسید روی

نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی SEM نشان داد که نانوذرات اکسید روی سنتز شده به روش زیستی با استفاده از عصاره گیاه تشنه‌داری، همگن بوده و با سایز ۵۰ نانومتری و مرفولوژی مخروطی شکل سنتز شده‌اند (شکل A ۱). طیف UV نانوذرات اکسید روی تولیدی به روش سبز در محدوده ۳۸۰ نانومتر می‌باشد (شکل B ۱). در طیف FTIR مربوط به نانوذرات سنتز شده (شکل C ۱)، در طول موج $3284/27 \text{ cm}^{-1}$ یک پیک با شدت بالا ظاهر شده است که مربوط به گروه عاملی O-H

فتمانی می‌باشد. همچنین به ترتیب در طول موج های $1683/14$ ، $1482/27$ و $1087/13$ پیک مربوط به گروه های عاملی $C=C$ آروماتیک، $C-H$ آروماتیک و $C-O$ فتمانی مشاهده شدند. تمامی ترکیبات و گروه های عاملی مشاهده شده در طیف FTIR نانوذرات سبز، تایید کننده حضور عصاره گیاه تشنه داری اطراف نانوذرات سنتز شده به روش سبز می باشد [۵]. ساختار کریستالی نانوذرات ZnO با توجه به الگوی پراش اشعه ایکس مورد بررسی قرار گرفت. مختصات مربوط به پیک ها و مقایسه آنها با حالت استاندارد، تایید کننده سنتز نانوذرات ZnO با خواص کریستالی مناسب است (شکل ۱ D) [۶].



شکل ۱. خصوصیت فیزیکی نانوذرات اکسید روی سنتز شده به روش سبز. (A) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی، (B) طیف سنجی مرئی-فرا بنفش، (C) الگوی پراش اشعه ایکس و (D) طیف سنجی تبدیل فوری مادون قرمز

پارامترهای ایمنی موکوس و سرم

مطالعات اخیر نشان داده اند که نانو ذره سبز اکسید روی به ویژه در فرم سبز اثرات مثبتی را بر عملکرد رشد، و نشانگرهای مرتبط با استرس از جمله عناصر ایمنی ذاتی، ظرفیت آنتی اکسیدانی و پارامترهای بیوشیمیایی سرمی گونه های مختلف اعمال می کند. عنصر روی نقش مهمی در عملکرد سیستم ایمنی ایفا می کند و بر ویژگی های متعدد ایمنی هومورال و سلولی تأثیر می گذارد. عملکرد سیستم ایمنی به طرز شگفت انگیزی به غلظت روی در جیره وابسته است، زیرا افزایش یا کاهش بیش از حد غلظت روی در رژیم غذایی منجر به اختلال در عملکرد ایمنی می شود [۷]. لیزوزیم، ACH50، ایمونوگلوبولین و آکالین فسفاتاز از اجزا اصلی سیستم هومورال هستند که با یک طیف گسترده ای از عوامل بیماریزا مبارزه می کنند. براساس جدول ۱، اثر متقابل معنی داری بین اثرات استرس و نانو ذره سبز بر پارامترهای ایمنی (سرم و موکوس) مشاهده شد. قبل از استرس، فعالیت لیزوزیم سرم و آکالین فسفاتاز موکوس در تیمار GNP20 به طور معنی داری بالاتر از گروه کنترل بود. هرچند اختلاف معنی داری بین سایر پارامترهای ایمنی سرم (ACH50 و Ig) و موکوس (Ig و ALP) بین گروه کنترل و گروه های مکمل شده در فاز قبل از استرس وجود نداشت. بعد از استرس، همه جیره های حاوی نانوذره سبز روی به طور قابل توجهی سطح لیزوزیم سرم، ACH50، سرم، Ig، سرم، لیزوزیم و آکالین فسفاتاز موکوس را به طور معنی داری در مقایسه با گروه کنترل افزایش داد. بعد از استرس جیره های GNP10 و GNP20 به طور معنی داری سطح فعالیت ایمونوگلوبولین موکوس را در مقایسه با گروه

کنترل افزایش دادند. به عبارتی در مطالعه جاری فعالیت کمپلمان و لیروزیم سرم و همچنین میزان ایمونوگلوبولین موکوس و الکالین فسفاتاز موکوس در ماهیان تغذیه شده با ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم نانو ذره روی در یک فرم وابسته به دوز در شرایط نرمال افزایش یافت. این در حالی است که همه پارامترهای ایمنی سرم و موکوس در شرایط استرس یک وضعیت غیروابسته به دوز را نشان دادند. افزایش سطح لیروزیم و ایمونوگلوبولین ممکن است در ارتباط با رشد طبیعی و عملکرد سلول‌های واسط همانند تعداد نوتروفیل‌ها و بهبود کارایی بافت‌های لنفاوی تحت تاثیر غلظت‌های مناسب نانوذره باشد [۸].

جدول ۱. اثرات استرس و نانو ذره بر پارامترهای ایمنی (سرم و موکوس) در ماهی کپور معمولی

		شاخص‌های ایمنی سرم و موکوس					
		Serum LYZ (U/ml)	Serum ACH50 (U/ml)	Serum Ig (mg/ml)	Mucus LYZ (U/ml)	Mucus ALP (mg/ml)	Mucus Ig (mg/ml)
نرمال	GNP0 (Control)	21/36 ± 1/51 ^b	106/00 ± 2/64 ^{ab}	18/00 ± 1/32 ^a	15/26 ± 1/41 ^a	27/03 ± 1/84 ^{abcd}	15/66 ± 1/20 ^a
	GNP10	24/33 ± 1/04 ^{ab}	111/33 ± 3/05 ^{ab}	19/00 ± 1/00 ^a	16/16 ± 1/75 ^a	29/93 ± 1/50 ^{abcd}	16/16 ± 1/76 ^a
	GNP20	26/86 ± 1/20 ^a	113/06 ± 2/00 ^a	19/00 ± 2/64 ^a	17/76 ± 1/25 ^a	33/83 ± 1/72 ^a	17/50 ± 1/80 ^a
	GNP30	24/20 ± 1/31 ^{ab}	107/83 ± 1/89 ^{ab}	18/00 ± 1/15 ^a	15/53 ± 0/87 ^a	30/66 ± 2/08 ^{abc}	17/00 ± 1/50 ^a
تحت استرس	GNP0 (Control)	14/06 ± 1/00 ^c	92/00 ± 2/00 ^c	11/50 ± 1/80 ^b	9/66 ± 1/52 ^b	18/16 ± 1/75 ^a	10/20 ± 1/31 ^b
	GNP10	22/00 ± 1/50 ^b	105/00 ± 4/58 ^b	17/00 ± 1/73 ^a	15/50 ± 1/50 ^a	25/50 ± 1/32 ^d	15/00 ± 1/00 ^a
	GNP20	26/00 ± 1/73 ^a	108/33 ± 3/05 ^{ab}	18/33 ± 1/52 ^a	17/33 ± 2/08 ^a	31/60 ± 1/96 ^{ab}	17/00 ± 2/64 ^a
	GNP30	23/16 ± 1/25 ^{ab}	106/33 ± 2/51 ^{ab}	17/00 ± 1/00 ^a	14/73 ± 1/55 ^a	26/00 ± 2/00 ^{cd}	13/33 ± 1/04 ^{ab}
P-value	نرمال	< 0/001	< 0/001	0/006	< 0/001	< 0/001	0/001
	تحت استرس	< 0/001	< 0/001	0/002	0/008	< 0/001	< 0/001
	اثر متقابل	0/002	0/011	0/033	0/027	0/038	0/042

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است

نتیجه‌گیری کلی

روی (Zn) یکی از ریز مغذی‌هایی است که در فعالیت‌های فیزیولوژیک متنوعی همانند واکنش‌های سلولی، متابولیسم و فعالیت‌های ایمنی مشارکت دارد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نانو ذره اکسید روی به ویژه در فرم سبز اثرات مثبتی را بر عملکرد سیستم ایمنی ماهی کپور اعمال می‌کند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بعد از استرس بیشترین فعالیت لیروزیم سرم، ACH50، Ig سرم، لیروزیم موکوس، Ig موکوس و ALP موکوس، SOD، CAT و GPx در گروه GNP20 ثبت شد. بنابراین غلظت ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم نانو ذره اکسید روی یک عامل محرک برای افزایش توان سیستم ایمنی ماهی کپور در شرایط استرس است.

منابع

- [1] M, Wang Q., Zhao, R., Li, Q-S., Cui, M-S., Zhang, Y., Li, J-T., 2022. Cyprinus carpio (common carp). *Trends in Genetics* 38(3), 305-6.
- [2] Hasan, S., 2015. A review on nanoparticles: their synthesis and types. *Res J Recent Sci.* 2277-2502.
- [3] Darvishi, E., Kahrizi, D., Arkan, E., 2019. Comparison of different properties of zinc oxide nanoparticles synthesized by the green (using Juglans regia L. leaf extract) and chemical methods. *Journal of Molecular Liquids*, 286:110831.
- [4] Rao, Y. V., Chakrabarti, R., 2004. Enhanced anti-proteases in Labeo rohita fed with diet containing herbal ingredients. *Indian Journal of Clinical Biochemistry* 19, 132-134.

- [5] Degefa, A., 2021. Green Synthesis, Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles, and Examination of Properties for Dye-Sensitive Solar Cells Using Various Vegetable Extracts. *Journal of Nanomaterials*, 3941923.
- [6] Abel, S., 2021. Green synthesis and characterizations of zinc oxide (ZnO) nanoparticles using aqueous leaf extracts of coffee (*Coffea arabica*) and its application in environmental toxicity reduction. *Journal of Nanomaterials*, 3413350.
- [7] Sallam, A., Mansour, A., Alsaqufi, A., El-Sayed Salem, M. & El-Feky, M. 2020.
- [8] Yaqub, A., Nasir, M., Kamran, M., Majeed, I. & Arif, A., 2023. Immunomodulation, fish health and resistance to *Staphylococcus aureus* of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diet supplemented with zinc oxide nanoparticles and zinc acetate. *Biological Trace Element Research* 201, 4912-4925.

The effect of a diet containing zinc oxide nanoparticles on the immune system of common carp (*Cyprinus carpio*)

Mostafa Govahi¹, Elahe Darvishi^{1*}

1. Department of Nanobiotechnology, Faculty of biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran.

*Corresponding author E-mail: e.darvishi@ausmt.ac.ir

Abstract

Nanoparticles have recently been recognized as dietary supplements in aquaculture. This study investigated the effect of green zinc oxide nanoparticles synthesized using the *scrophularia striata* on the immune system of common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to crowding stress. Common carp were fed for 60 days with four experimental diets including 0 to 30 mg nanoparticles per kg of food. Subsequently, the fish were exposed to density stress for 6 hours. After stress, diets 10-30 have the greatest effect on serum and mucus lysozyme (LYZ), serum supplemental alternative pathway (ACH50), serum immunoglobulin (IG) and mucus alkaline phosphatase (ALP) and serum catalase. (CAT) had. Keywords: Zinc oxide nanoparticles, safety, compaction stress, common carp.

Keyword(s): Zinc oxide nanoparticles, immune system, density stress, common carp

بهبود فاکتورهای رشد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) توسط جیره غذایی حاوی نانوذرات اکسید روی سنتز شده با چای ترش

الهه درویشی^۱، مصطفی گواهی^{۲*}

۱. عضو هیأت علمی گروه نانوزیست فناوری، دانشکده زیست فناوری، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین امل، امل، ایران

۲. ایمیل نویسنده مسئول: (M.Govahi@ausmt.ac.ir)

چکیده

در صنعت آبی پروری بهبود عملکرد رشد آبزیان منجر به کاهش هزینه نگهداری ماهیان، افزایش چرخه تولید و کارایی اقتصادی می شود. امروزه نقش محافظتی نانو ذره اکسید روی در برابر عوامل استرسزا توجه محققان را در آبی پروری جلب کرده است. نانو ذره اکسید روی موجود در جیره غذایی آبزیان می تواند به عنوان محرک رشد، آنتی اکسیدان و ترکیب ضد میکروبی و عامل تعدیل کننده سیستم ایمنی در آبزیان در معرض انواع استرس از جمله سموم مورد استفاده قرار گیرد. این مطالعه به منظور کاهش اثرات نامطلوب سم Thiamethoxam بر عملکرد رشد ماهی کپور معمولی با استفاده از نانو ذره اکسید روی سنتز شده به روش سبز با استفاده از عصاره گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) اجرا شد.

کلمات کلیدی: نانوذرات اکسید روی، عملکرد رشد، کپور معمولی.

مقدمه

افزایش نرخ جمعیت جهان در سال های اخیر بسیاری از دولت ها را در تامین نیازهای غذایی جوامع انسانی با چالش روبرو کرده است. یکی از راهکارهای اساسی به منظور برقراری امنیت جهانی غذا، افزایش تولیدات کشاورزی در واحد سطح است. مصرف کودهای شیمیایی و کنترل آفات نباتی (حشره کش ها و علف کش ها) دو عامل اصلی تاثیرگذار در این زمینه هستند. هر چند مجاورت زمین های کشاورزی، باغات و شالیزارها با منابع آبی مختلف منجر به ورود حجم زیادی از باقیمانده سموم کشاورزی به اکوسیستم های آبی شده و اثرات ناخواسته ای را بر ارگانیسم های غیر هدف برجای می گذارند [۱]. یکی از حشره کش های کارآمد Thiamethoxam است که به طور گسترده توسط کشاورزان استفاده می شود. این سم با اتصال به گیرنده استیل کولین نیکوتینیک در فرآیند انتقال عصبی حشرات اختلال ایجاد می کند که این عمل فلجی و مرگ عامل آفت را به دنبال دارد [۲]. نیمه عمر این سم در خاک در حدود ۳۰۰ روز است و به راحتی قادر است به آب های سطحی و زیر زمینی نفوذ کند. تجمع این سموم در اکوسیستم های آبی می تواند منجر به اختلالات متابولیکی و تغییرات در پاسخ های فیزیولوژیکی جانوران آبی شود. یکی از راه های موثر به منظور تقویت توان فیزیولوژیکی جانوران آبی در مقابل آفت کش های کشاورزی استفاده از افزودنی های غذایی مختلف در جیره غذایی آنهاست. نانوذره اکسید روی از نانو ذرات پرمصرف در زمینه های مختلف همانند صنایع غذایی، دارویی و پزشکی است. سنتز سبز این نانوذره به دلیل مزایای ویژه از جمله دسترسی آسان، قیمت پایین، غیر سمی بودن، پایداری و سازگاری زیستی، ظرفیت جذب و واکنش پذیری بالا مورد توجه قرار گرفته است [۳]. نانو ذره اکسید روی موجود در جیره به دلیل اندازه کوچک به راحتی توسط سیستم گوارشی جذب می شود و از طریق خون در بافت های مختلف بدن به ویژه کبد توزیع می گردد. از اینرو این ترکیب می تواند به عنوان مکمل غذایی، محرک رشد، آنتی اکسیدان و ترکیب ضد میکروبی و عامل تعدیل کننده سیستم ایمنی در جیره غذایی گونه های مختلف جانوران پرورشی مورد استفاده قرار گیرد [۴]. بنابراین در مطالعه حاضر تاثیر غلظت های مختلف نانو ذره اکسید روی سنتز شده به روش سبز با استفاده از عصاره گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) بر عملکرد رشد و کارایی تغذیه ای ماهی کپور در معرض سم Thiamethoxam مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

سنتز نانوذرات اکسید روی

ابتدا از بخ‌شهای هوایی جای ترش‌آ صاره آبی تهیه شده و ۱۰ میلی‌لیتر آ صاره را قطره قطره به محلول زینک استات با غلظت ۲۰ میلی‌مولار اضافه گردیده و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳-۴ ساعت با دور متوسط استیرر همزده شد. نانوذرات اکسید روی با استفاده از سانتریفیوژ با دور ۸۰۰۰ در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه از محلول جدا شده و با استفاده از آب مقطر شستشو داده شد. رسوب کرمی رنگ به دست آمده در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت در کوره خشک شد و به منظور بررسی خواص فیزیکی شیمیایی نانوذرات شامل تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) و طیف‌سنجی تبدیل فوری مادون قرمز (FTIR) مورد استفاده قرار گرفت [۵].

تهیه جیره‌های آزمایشی

جیره پایه با استفاده از پودر ماهی (۱۰۰ گرم)، کنجاله سویا (۲۳۰ گرم)، پودر گوشت (۲۱۰ گرم) به عنوان منبع پروتئین، آرد گندم (۴۲۳ گرم) به عنوان منبع کربوهیدرات، روغن سویا (۱۰ گرم) و روغن ماهی (۱۰ گرم) به عنوان منبع لیپید ساخته شد. در این مطالعه جیره آزمایشی با استفاده از غلظت‌های مختلف نانو ذره اکسید روی شامل GNP0 (جیره فاقد نانو ذره اکسید روی)، GNP20 (جیره حاوی ۲۰ میلی‌گرم نانو ذره اکسید روی بر کیلوگرم غذا) و GNP30 (جیره حاوی ۳۰ میلی‌گرم نانو ذره اکسید روی بر کیلوگرم غذا) تهیه شد.

شرایط نگهداری و پرورش ماهیان

تعداد ۵۸۰ قطعه ماهی کپور با وزن متوسط حدود ۱۲ گرم از یکی از مزارع تکثیر و پرورش استان اصفهان خریداری و به آزمایشگاهی در شهر فارس (استان چهارمحال و بختیاری) منتقل شدند. مراحل آدپتاسیون و آماده سازی ماهیان به مدت ۲ هفته در دو تانک ۱۰۰۰ لیتری با شرایط فیزیکی شیمیایی شامل درجه حرارت: درجه حرارت 24 ± 1 ، اکسیژن محلول 6.1 ± 0.3 میلی‌گرم بر لیتر و پی اچ 7.5 ± 0.2 انجام گرفت. سپس ۵۴۰ ماهی با سایز برابر در ۶ تیمار مختلف با سه تکرار شامل تیمار GNP0 (ماهیان تغذیه شده با جیره پایه و پرورش یافته در محیط بدون Thiamethoxam)، GNP20 (ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۲۰ میلی‌گرم نانو ذره اکسید روی بر کیلوگرم غذا) و GNP30 (ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ میلی‌گرم نانو ذره اکسید روی بر کیلوگرم غذا)، TM (ماهیان تغذیه شده با جیره کنترل و پرورش یافته در معرض Thiamethoxam)، GNP20-TM (ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۲۰ میلی‌گرم نانو ذره اکسید روی بر کیلوگرم غذا و پرورش یافته در محیط شامل Thiamethoxam) و GNP30-TM (ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ میلی‌گرم نانو ذره اکسید روی بر کیلوگرم غذا پرورش یافته در محیط شامل Thiamethoxam) در مخازن فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری با حجم آبگیری حدود ۱۵۰ داخل سالن پرورش تقسیم شدند. تعداد ماهیان هر تانک ۳۰ قطعه بچه ماهی کپور بود. غذا دهی به مدت ۳۰ روز به صورت روزانه ۳ بار براساس سیری ظاهری انجام شد. در طول مدت آزمایش، هوادهی با استفاده از سیستم کمپر سور مرکزی، به صورت شبانه روزی انجام می شد، روزانه ۷۵ در صد آب به منظور حذف ذرات معلق تعویض می شد و همان حجم با افزودن همان نرخ از غلظت Thiamethoxam جبران می شد [۶]. در پایان دوره پرورش، شاخص‌های رشد و تغذیه نظیر وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، میزان غذای خورده شده روزانه و درصد افزایش وزن بر اساس معادلات ریاضی محاسبه شدند.

Weight gain (WG, g) = final weight (g) - initial weight (g)

Specific growth rate (SGR, %/day) = $(\ln \text{ final weight} - \ln \text{ initial weight}) \times 100 / \text{days}$

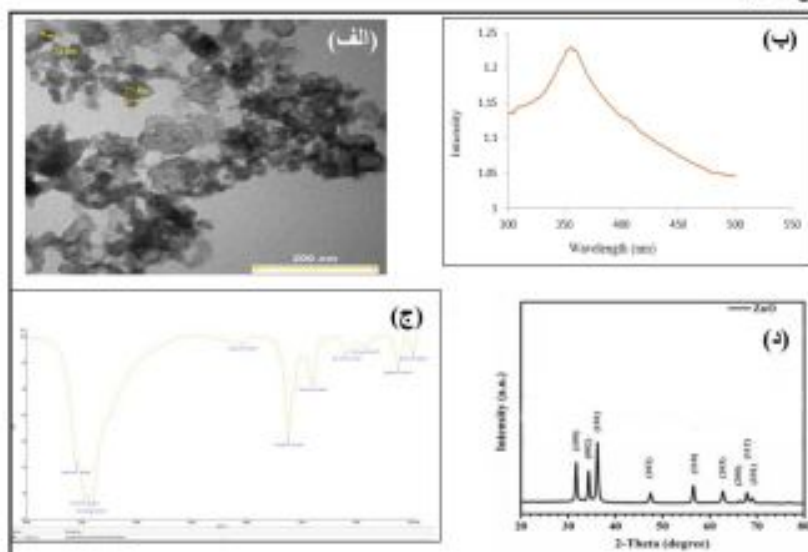
Feed conversion ratio (FCR) = dry feed intake (g) / wet weight gain (g)

Survival rate (SR, %) = $(N_f / N_i) \times 100$; N_f ; fish number at final of trial feeding; N_i ; fish number at initial of trial feeding

نتایج و بحث

خصوصیت‌یابی نانوذرات اکسید روی

نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی TEM نشان داد که نانوذرات اکسید روی سنتز شده به روش زیستی با استفاده از عصاره گیاه تشنه‌داری، همگن بوده و با سایز ۲۵-۲۰ نانومتری و مرفولوژی کروی شکل سنتز شده‌اند. (شکل ۱ الف). طیف UV نانوذرات اکسید روی تولیدی به روش سبز در محدوده ۳۷۰ نانومتر می‌باشد (شکل ۱ ب) همچنین به منظور شناسایی کیفی و کمی ترکیبات آلی حاوی نانوذرات، تعیین گروه عاملی و پیوندهای موجود در مولکول‌های آن از طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز استفاده شد. در طیف FTIR مربوط به نانوذرات سنتز شده (شکل ۱ ج)، در عدد موجی $3413/65 \text{ cm}^{-1}$ یک پیک با شدت بالا ظاهر شده است که مربوط به گروه عاملی O-H فنولی می‌باشد. همچنین عدد موجی $1616/5 \text{ cm}^{-1}$ پیک مربوط به گروه‌های عاملی C=C آروماتیک را نشان می‌دهد. عدد موجی $1091/13$ گروه عاملی C-O فنولی را مشخص می‌کند. تمامی ترکیبات و گروه‌های عاملی مشاهده شده در طیف FTIR نانوذرات سبز، تایید کننده حضور عصاره گیاه چای سبز اطراف نانوذرات سنتز شده به روش سبز می‌باشد. این پوشش گیاهی می‌تواند به عنوان عامل پایدار کننده نانوذرات عمل کند و از بهم پیوستن و تجمع نانوذرات جلوگیری کند همچنین خاصیت ضدباکتریایی عصاره گیاهی به نانوذرات اکسید روی اضافه شده و قطعا این نانوذرات نسبت به نانوذرات اکسید روی که به روش شیمیایی سنتز شده‌اند عملکرد بهتری در مقابله با انواع باکتری‌ها دارند. با توجه به الگوی پراش اشعه ایکس و مختصات مربوط به پیک‌ها و مقایسه آنها با حالت استاندارد، خواص کریستالی مناسب نانوذرات ZnO تایید شد. مختصات پیک‌های به دست آمده از آنالیز نانوذرات سنتز شده به روش سبز (۱۰۰)، (۰۰۲)، (۱۰۱)، (۱۰۲)، (۱۱۰)، (۱۰۳)، (۱۱۲)، (۲۰۲) و (۰۲۳) می‌باشد که کاملاً با حالت استاندارد نانوذرات اکسید روی مطابقت دارد. (شکل ۱ د).



شکل ۱. خصوصیت‌یابی نانوذرات اکسید روی سنتز شده به روش سبز. الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری، ب) طیف‌سنجی مرئی-فرابنفش، ج) طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز و د) الگوی پراش اشعه ایکس

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تاثیر نانو ذره روی و سم Thiamethoxam به مدت ۳۰ روز بر شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای ماهی کپور در جدول ۱ ارائه شده است. برا اساس آنالیز واریانس دوطرفه اثر متقابل معنی‌داری بین اثرات سم و نانو ذره بر ماهی کپور یافت نشد. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که وزن نهایی (FW)، و وزن بدست آمده (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR) در

ماهیان گروه GN20 کاهش معنی‌داری را در مقایسه با تیمارهای TM و GN30TM نشان داد ($P < 0.05$). همچنین کمترین میزان FCR در تیمار GN20 ثبت شد که سطح آن به طور قابل توجهی کمتر از گروه های TM و GN30TM بود ($P < 0.05$). مقدار غذای خورده شده و نرخ بقا در میان گروه های آزمایشی مختلف از نظر آماری مشابه بود. این مطالعه به منظور یافتن یک استراتژی نوآورانه و دوست دار محیط زیست به منظور کاهش اثرات نامطلوب سمیت TM با استفاده از نانو ذره سبز روی اجرا شد. در صنعت ابری پروری بهبود عملکرد رشد آبزیان منجر به کاهش هزینه نگهداری ماهیان، افزایش چرخه تولید و کارایی اقتصادی می شود. نتایج مطالعات پیشین نیز نشان دهنده اثر سوء حشره کش تیمتوکسام بر عملکرد فیزیولوژی و رشد ماهیان بود [۷]. اثر منفی بر عملکرد فیزیولوژی و آسیب‌های بافتی در ماهیان از مهم‌ترین عوامل تأثیر سموم و آلاینده‌ها بر عملکرد رشد در ماهیان عنوان شده است. مشخص شده است که آسیب به اجزای سلولی مانند پروتئین‌ها و DNA در اثر تولید رادیکال‌های آزاد در محیط‌های حاوی سموم بر شاخص‌های رشد آبزیان تأثیر دارد که مطالعه حاضر نشان داد مکمل غذایی حاوی نانوذرات اکسید روی نقش محافظتی در برابر اثر این سموم را داراست. سایر تحقیقات نیز اثرات محافظتی نانوذرات اکسید روی را نشان داده است برای مثال، Kumar و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند که نانوذره روی عملکرد رشد و پاسخ‌های ایمنی را در ماهی *Pangasius hypophthalmus* قرار گرفته در معرض فلز سنگین Pb را بهبود و سطح ماکروهای استرسی را کاهش داد [۸]. علاوه بر این نانوذره روی عملکرد رشد، دفاع آنتی اکسیدانی، پاسخ‌های ایمنی و مقاومت ضد استرس ناشی از سمیت آمونیاک در ماهی *Siganus rivulatus* را به طور قابل توجهی بهبود بخشید [۹].

جدول ۱. پارامترهای رشد در ماهی کپور معمولی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید روی

پارامترها	جیره‌های غذایی مختلف						
	IW(g)	FW (g)	WG (g)	SGR (% d ⁻¹)	FCR	FI (g)	SR (%)
GNP0	۱۲/۲۷±۰/۲۳ ^a	۲۰/۳۳±۰/۶۵ ^{ab}	۸/۰۵±۰/۶۹ ^{ab}	۱/۶۸±۰/۱۲ ^{ab}	۱/۵۹±۰/۱۱ ^{bc}	۱۲/۷۹±۰/۲۰ ^a	۹۸/۳۳±۲/۸۸ ^a
GNP20	۱۲/۳۳±۰/۴۱ ^a	۲۲/۱۶±۰/۷۶ ^a	۹/۸۳±۱/۰۱ ^a	۱/۹۵±۰/۱۹ ^a	۱/۲۹±۰/۱۶ ^c	۱۲/۵۸±۰/۴۰ ^a	۹۷/۵۰±۲/۵۰ ^a
GNP30	۱۲/۶۳±۰/۲۰ ^a	۲۰/۴۰±۱/۰۱ ^{ab}	۷/۷۶±۱/۱۹ ^{ab}	۱/۵۹±۰/۲۱ ^{ab}	۱/۶۶±۰/۲۵ ^{bc}	۱۲/۸۰±۰/۲۲ ^a	۹۸/۳۳±۲/۸۸ ^a
TM	۱۲/۴۳±۰/۱۵ ^a	۱۷/۷۳±۰/۶۴ ^c	۵/۳۰±۰/۶۰ ^c	۱/۱۸±۰/۱۱ ^c	۲/۴۲±۰/۲۵ ^d	۱۲/۸۲±۰/۲۹ ^a	۹۷/۵۰±۲/۵۰ ^a
GNP20-TM	۱۲/۵۰±۰/۳۰ ^a	۲۰/۳۰±۰/۶۵ ^{ab}	۷/۸۰±۰/۳۶ ^a	۱/۶۱±۰/۰۲ ^{ab}	۱/۶۳±۰/۰۷ ^{bc}	۱۲/۷۲±۰/۴۰ ^a	۹۷/۵۰±۲/۵۰ ^a
GNP30-TM	۱۲/۴۳±۰/۲۰ ^a	۱۸/۹۶±۱/۱۰ ^{bc}	۶/۵۳±۰/۰۹ ^{bc}	۱/۴۰±۰/۱۴ ^{bc}	۱/۹۹±۰/۲۵ ^{ab}	۱۲/۸۷±۰/۴۶ ^a	۹۷/۵۰±۲/۵۰ ^a
Two way- Anova							
GNP	۰/۸۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۸۰۷	۰/۰۰۱
TM	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۸۲	< ۰/۰۰۱
Interaction	۰/۸۸۵	۰/۴۸۸	۰/۳۲۶	۰/۲۳۶	۰/۰۷۷	۰/۸۵۵	۰/۰۴۳

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است. اختصارات: IW: وزن اولیه (گرم)، FW:

وزن نهایی (گرم)، SGR: نرخ رشد خاص، WG: افزایش وزن (گرم)، FCR: نرخ خوراک، PER: نرخ بازده پروتئین، FI: دریافت

خوراک، SR، میزان بقا. تمام داده ها با استفاده از ANOVA یک طرفه تجزیه و تحلیل شدند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج مربوط به عملکرد رشد در مطالعه حاضر نشان دهنده کاهش شاخص‌های وزن نهایی (FW)، افزایش وزن بدن (WG) و نرخ رشد ویژه (SGR) و افزایش ضریب تبدیل خوراک (FCR) در ماهیان پرورش یافته در محیط حاوی سم تیمتوکسام و بهبود این شاخص‌ها در ماهیان تغذیه شده با ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم نانو ذره سبز روی بود. اثر منفی بر عملکرد فیزیولوژی و آسیب‌های بافتی در ماهیان از مهم‌ترین عوامل تأثیر سموم و آلاینده‌ها بر عملکرد رشد در ماهیان عنوان شده است.

منابع

- [1] Gewaily, M. S., Shukry, M., Abdel-Kader, M. F., Alkafafy, M., Farrag, F. A., Moustafa, E. M., Dawood, M. A., 2021. Dietary Lactobacillus plantarum relieves Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile from

- oxidative stress, immunosuppression, and inflammation induced by deltamethrin and *Aeromonas hydrophila*. *Frontiers in Marine Science*, 8, 621558.
- [2] Zhang, J.-G., Ma, D.-D., Xiong, Q., Qiu, S.-Q., Huang, G.-Y., Shi, W.-J., Ying, G.-G., 2021. Imidacloprid and thiamethoxam affect synaptic transmission in zebrafish. *Ecotox. Environ. Safe.* 227, 112917.
- [3] Hayat, K., Din, I. U., Alam, K., Khan, F. U., Khan, M., & Mohamed, H. I., 2024. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using plant extracts of *Fumaria officinalis* and *Peganum harmala* and their antioxidant and antibacterial activities. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-15.
- [4] Diab, A. M., Shokr, B. T., Shukry, M., Farrag, F. A., & Mohamed, R. A., 2022. Effects of dietary supplementation with green-synthesized zinc oxide nanoparticles for candidiasis control in *Oreochromis niloticus*. *Biological Trace Element Research*, 200(9), 4126-4141.
- [5] Darvishi, E., Kahrizi, D., Arkan, E., 2019. Comparison of different properties of zinc oxide nanoparticles synthesized by the green (using *Juglans regia* L. leaf extract) and chemical methods. *Journal of Molecular Liquids*, 286:110831.
- [6] Taheri Mirghaed, A., Baes, M., & Hoseini, S. M. (2020). Humoral immune responses and gill antioxidant-related gene expression of common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to lufenuron and flonicamide. *Fish physiology and biochemistry*, 46, 739-746.
- [7] Bojarski, B., & Witeska, M. (2020). Blood biomarkers of herbicide, insecticide, and fungicide toxicity to fish—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 19236-19250.
- [8] Kumar, N., Krishnani, K.K. and Singh, N.P., 2018. Effect of dietary zinc-nanoparticles on growth performance, anti-oxidative and immunological status of fish reared under multiple stressors. *Biological trace element research*, 186: 267-278.
- [9] Sallam, A., Mansour, A., Alsaqufi, A., El-Sayed Salem, M. & El-Feky, M. 2020 .

Improving growth factors of common carp (*Cyprinus carpio*) using a diet containing zinc oxide nanoparticles synthesized with sour tea

Elahe Darvishi¹, Mostafa Govahi^{1*}

1. Department of Nanobiotechnology, Faculty of biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran.

*Corresponding author E-mail: e.darvishi@ausmt.ac.ir

Abstract

In the aquaculture industry, improving the growth performance of aquatic animals leads to reduced fish maintenance costs, increased production cycles, and economic efficiency. Today, the protective role of zinc oxide nanoparticles against stressors has attracted the attention of researchers in aquaculture. Zinc oxide nanoparticles in aquatic animal diets can be used as growth promoters, antioxidants, antimicrobial compounds, and immune modulators in aquatic animals exposed to various stresses, including toxins. This study was conducted to reduce the adverse effects of Thiamethoxam on the growth performance of common carp using zinc oxide nanoparticles synthesized by a green method using *Hibiscus sabdariffa* plant extract.

Keywords: Zinc oxide nanoparticles, growth performance, common carp

بررسی تاثیر پودر گل میخک و دو فنوکسی اتانول بر بیهوشی و شاخص‌های بیوشیمیایی ماهی گاریز: (*Liza klunzingeri*) راهکاری برای کاهش استرس در آبی‌پروری

سهیلا ابراهیمی وسطی کلایی^{۱*}، انتصار رزازل^۲، محسن صفایی^۳

۱. دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲. کارشناس ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، یایل

۳. استاد گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی و جوی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، صندوق پستی: ۳۹۹۵
*پمیل نویسنده مسئول: s.abrahimi@areeo.ac.ir

چکیده

استفاده از مواد بیهوشی در آبی‌پروری نقش مهمی در کاهش استرس و جلوگیری از آسیب‌های فیزیولوژیکی در ماهیان ایفا می‌کند و به بهبود سلامت و بقای آن‌ها در فرآیندهایی مانند نمونه‌برداری، جابجایی و تکثیر کمک می‌نماید. هدف این مطالعه، مقایسه اثر دو ماده بیهوشی شامل پودر گل میخک به‌عنوان ترکیبی گیاهی و ۲-فنوکسی اتانول به‌عنوان ماده‌ای شیمیایی، بر زمان القای بیهوشی، احیا و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی گاریز (*Liza klunzingeri*) بود. در این مطالعه، تعداد ۸۱ قطعه ماهی گاریز به‌طور تصادفی به ۹ تیمار شامل یک گروه شاهد و هشت تیمار آزمایشی (چهار غلظت ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر از هر ماده بیهوشی) تقسیم شدند. برای هر تیمار، سه تکرار و در هر تکرار، سه ماهی استفاده شد. پس از القای بیهوشی و نمونه‌گیری، سطوح سرمی کورتیزول، کلسترول، پروتئین کل و کلسیم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که پودر گل میخک در غلظت‌های پایین‌تر، زمان بیهوشی و احیای کوتاه‌تری نسبت به ۲-فنوکسی اتانول ایجاد کرد ($p < 0.05$). با افزایش غلظت هر دو ماده، سطح کورتیزول و پروتئین کل کاهش و کلسترول افزایش یافت ($p < 0.05$). تفاوتی در سطح کلسیم مشاهده نشد. یافته‌ها نشان می‌دهند که پودر گل میخک، به‌عنوان بیهوش‌کننده‌ای طبیعی، ایمن و زیست‌سازگار می‌تواند جایگزین مناسبی برای ترکیبات شیمیایی مانند ۲-فنوکسی اتانول باشد.

کلمات کلیدی: گاریز، بیهوشی، پودر گل میخک، ۲-فنوکسی اتانول، کورتیزول، فاکتورهای بیوشیمیایی، آبی‌پروری.

مقدمه

در سال‌های اخیر، گسترش صنعت آبی‌پروری اهمیت کنترل استرس در ماهیان را افزایش داده است (۱). استرس ناشی از جابجایی، نمونه‌برداری، درمان و تکثیر مصنوعی می‌تواند به تغییرات فیزیولوژیک شدید، از جمله افزایش کورتیزول، تغییرات الکترولیتی، اختلال در رشد و کاهش بقاء منجر شود (۲). استفاده از مواد بیهوشی یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش این استرس‌ها است. پودر گل میخک با ترکیب فعال اوزنول دارای خواص بیهوشی، ضدالتهابی و آرام‌بخش است و به‌عنوان گزینه‌ای طبیعی و ایمن در گونه‌های مختلف ماهی اثربخش بوده است. در مقابل، ۲-فنوکسی اتانول ماده‌ای شیمیایی با عملکرد مناسب در بیهوشی ماهیان است که گزارش‌هایی از اثرات جانبی آن نیز موجود است. ماهی گاریز (*Liza klunzingeri*) از گونه‌های اقتصادی آب‌های جنوب ایران است. هدف این مطالعه مقایسه اثر این دو ماده بیهوشی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد بیهوشی در این گونه می‌باشد.

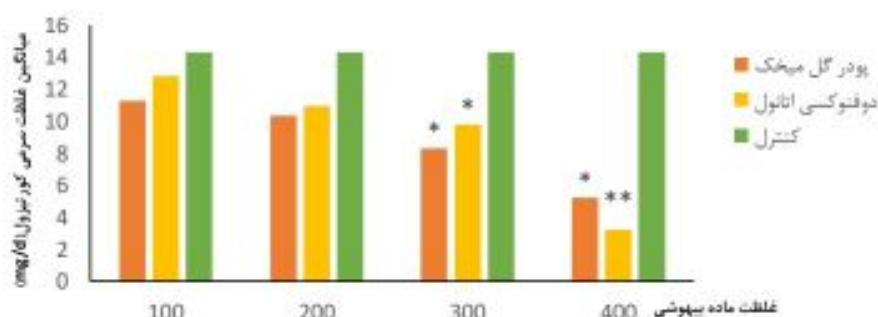
مواد و روش‌ها

تعداد ۸۱ قطعه ماهی گاریز (میانگین وزن $25/59 \pm 5/14$ گرم) به مدت دو هفته در شرایط دمایی ۲۶ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد، شوری ۳۵ گرم در لیتر و pH بین ۷٫۵ تا ۸٫۵ نگهداری و تغذیه روزانه با غذای پلت تجاری انجام شد. ماهی‌ها به ۹ تیمار شامل یک گروه شاهد و چهار غلظت (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) از پودر گل میخک (زردبند، ایران) و ۲-فتوکسی‌اتانول (مرک، آلمان) تقسیم شدند. در هر تیمار، سه تکرار و در هر تکرار سه ماهی در تانک‌های ۳۰ لیتری تحت تیمار بیهوشی قرار گرفتند. زمان رسیدن به بیهوشی کامل (IS3) و زمان احیا (RS3) با کرومومتر ثبت شد. پس از بیهوشی، خون‌گیری از ساقه دمی انجام شد. نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و پس از سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه، ۱۰ دقیقه)، سرم جدا گردید. مقادیر کورتیزول، کلاسترول، پروتئین کل و کلاسیم با استفاده از کیت‌های آنزیمی تجاری اندازه‌گیری شد. داده‌ها پس از بررسی نرمال بودن با آزمون Kolmogorov-Smirnov، با آزمون ANOVA و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری ($p < 0/05$) تحلیل شدند.

نتایج

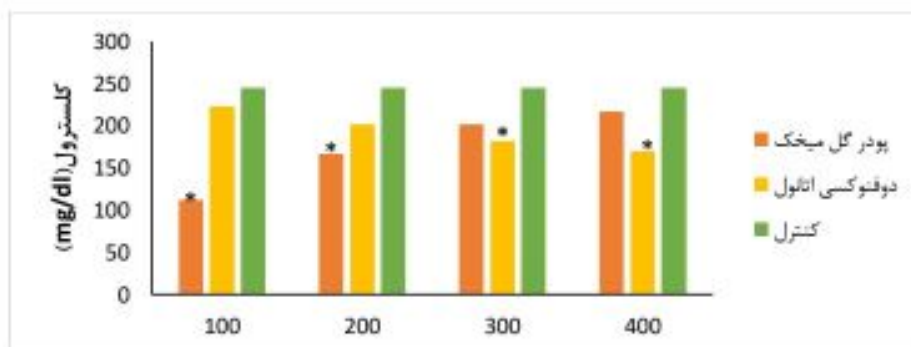
نتایج نشان داد که با افزایش غلظت ماده بیهوشی در هر دو تیمار پودر گل میخک و ۲-فتوکسی‌اتانول، زمان القای بیهوشی و احیای مجدد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0/05$). دامنه زمانی بیهوشی کامل (IS3) در ماهیان تیمار شده با پودر گل میخک از $1/12 \pm 0/17$ دقیقه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تا $0/72 \pm 0/03$ دقیقه در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بود. در حالی که برای ۲-فتوکسی‌اتانول، این زمان در همان غلظت‌ها به ترتیب $1/22 \pm 0/12$ و $1/03 \pm 0/01$ دقیقه ثبت شد. همچنین، زمان احیای کامل نیز با افزایش غلظت مواد بیهوشی روند افزایشی نشان داد ($p < 0/05$). در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، زمان احیا برای پودر گل میخک برابر با $1/12 \pm 0/03$ دقیقه و برای ۲-فتوکسی‌اتانول $1/42 \pm 0/06$ دقیقه بود. به‌طور کلی، ماده بیهوشی ۲-فتوکسی‌اتانول در تمام غلظت‌ها زمان بیهوشی و احیای طولانی‌تری نسبت به پودر گل میخک ایجاد کرد. لازم به ذکر است که در هیچ‌یک از تیمارها، مرگ‌ومیر یا تلفات در طول فرایند بیهوشی مشاهده نشد که این موضوع نشان‌دهنده ایمنی هر دو ماده در شرایط آزمایش بود.

نتایج نشان می‌دهند میزان کورتیزول با افزایش هر دو نوع ماده بیهوشی کاهش یافته و کمترین میزان کورتیزول در میزان ۴۰۰ میلی‌گرم ماده بیهوشی دو فتوکسی‌اتانول دیده می‌شود ($P < 0/01$). سطح کورتیزول در کلیه تیمارهای حاوی پودر گل میخک نسبت به گروه شاهد کاهش یافت و این کاهش در تیمارهای با غلظت ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر معنی‌دار بود ($p < 0/05$). (شکل ۱).



شکل ۱: میانگین غلظت سرمی کورتیزول در تیمارهای مختلف.

در مطالعه حاضر بین میزان کلسترول در غلظت‌های مختلف با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). همچنین میزان کلسترول در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر پودر گل میخک کاهش بیشتری را نسبت به سایر تیمارها داشته است (شکل ۲).



شکل ۲: میانگین غلظت سرمی کلسترول در تیمارهای مختلف. * وجود اختلاف معنی‌داری با گروه کنترل ($p < 0.05$).

میزان پروتئین کل سرم در تیمارهای حاوی پودر گل میخک کاهش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل نشان داد ($p < 0.05$). در حالی که در تیمارهای ۲-فنوکسی اتانول این کاهش بیشتر بود. میزان کلسیم سرم در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در طول آزمایش، هیچ‌گونه مرگ و میر در تیمارها مشاهده نشد و کلیه ماهیان پس از مرحله احیا به وضعیت طبیعی بازگشتند.

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که هر دو ماده بیهوشی مورد بررسی، یعنی پودر گل میخک و ۲-فنوکسی اتانول، در تمامی غلظت‌ها قادر به القای بیهوشی مؤثر در ماهی گاریز بودند، اما تفاوت‌هایی در میزان اثربخشی و ایمنی آن‌ها مشاهده گردید. افزایش غلظت هر دو ماده به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش زمان بیهوشی و احیای مجدد شد که با یافته‌های McCord و همکاران (۱) و Wang و همکاران (۳) مطابقت دارد. این پدیده معمولاً به تجمع دارو در بافت‌ها و کاهش نرخ متابولیسم و دفع آن مربوط می‌شود. پودر گل میخک در این مطالعه نسبت به ۲-فنوکسی اتانول، زمان القای بیهوشی و احیای کوتاه‌تری ایجاد کرد. این یافته با مطالعات Rosa و Cunha (۷) و همچنین نتایج داخلی ستاری و همکاران (۸) هم‌راستا است. احتمالاً ساختار شیمیایی اوژنول، ترکیب اصلی گل میخک، موجب جذب سریع‌تر از طریق آبشش و حذف مؤثرتر آن از بدن می‌شود که به کوتاه‌تر شدن زمان اثر کمک می‌کند. همچنین، گل میخک به دلیل منشأ گیاهی، به‌عنوان گزینه‌ای طبیعی، زیست‌سازگار و با عوارض جانبی کمتر نسبت به بیهوش‌کننده‌های شیمیایی مطرح است.

از نظر شاخص‌های بیوشیمیایی، کاهش سطح کورتیزول در تیمارهای دارای ماده بیهوشی، به‌ویژه در غلظت‌های بالا، نشان‌دهنده اثر آرام‌بخش مواد مورد مطالعه بود. برخلاف انتظار، این کاهش می‌تواند بیانگر تثبیت و وضعیت فیزیولوژیک پس از القای بیهوشی باشد، نه لزوماً کاهش استرس پیش‌بیهوشی (۲). همچنین کاهش پروتئین کل در برخی تیمارها احتمالاً به تغییر در نفوذپذیری عروق یا تغییر در متابولیسم پروتئین‌ها در نتیجه اثرات دارویی مرتبط است (۵). افزایش کلسترول در برخی تیمارها ممکن است به پاسخ سازشی ماهی در برابر دارو مرتبط باشد، که با گزارش‌های مشابه هم‌راستا است. در عین حال، سطح کلسیم سرم در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت، که نشان‌دهنده ثبات تنظیم یونی و اثر غیربارز داروها بر این فاکتور خاص بود. از سوی دیگر، عدم بروز تلفات در هیچ‌یک از تیمارها مؤید ایمنی نسبی هر دو ماده بیهوشی در شرایط آزمون می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، پودر گل میخک با فراهم‌سازی زمان بیهوشی و احیای کوتاه‌تر، ایمنی بیشتر و تغییرات فیزیولوژیک خفیف‌تر نسبت به ۲-فنوکسی اتانول، گزینه‌ای مطلوب برای بیهوشی کوتاه‌مدت ماهی گاریز محسوب می‌شود.

استفاده از این ترکیب گیاهی می‌تواند در فعالیت‌های مدیریت ابری پروری مانند زیست‌سنجی، نمونه‌برداری و حمل‌ونقل، روشی عملی، ایمن و مقرون‌به‌صرفه باشد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، جنبه‌هایی مانند تأثیر بافت‌شناسی، دوز کشنده، پسماند دارویی و آثار طولانی‌مدت بررسی گردد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، هر دو ماده بیهوشی پودر گل میخک و ۲-فنوکسی‌اتانول توانایی القای بیهوشی کامل در ماهی گاریز را دارند، اما پودر گل میخک با ایجاد زمان بیهوشی و احیای کوتاه‌تر، اثرات جانبی بیوشیمیایی کمتر و ایمنی بالاتر، عملکرد بهتری نسبت به ۲-فنوکسی‌اتانول نشان داد. از این رو، پودر گل میخک به عنوان یک بیهوش‌کننده طبیعی، مقرون‌به‌صرفه و زیست‌سازگار می‌تواند جایگزین مناسبی برای بیهوش‌کننده‌های شیمیایی در عملیات مدیریتی مانند نمونه‌برداری، حمل‌ونقل و تکثیر مصنوعی ماهی گاریز باشد. انجام مطالعات مکمل در زمینه باقی‌مانده دارویی، اثرات بلندمدت و سازوکارهای فیزیولوژیکی دقیق‌تر توصیه می‌گردد.

منابع

1. McCord, C.L., Fitzgerald, J.L., & Goodman, D.H. (2020). Concentration effects of three common fish anesthetics on Pacific hagfish (*Eptatretus stoutii*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 46(3), 997–1006. <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00761-4>
2. Barton, B.A. (2002). Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, 42(3), 517–525. <https://doi.org/10.1093/icb/42.3.517>
3. Wang, X., Song, Z., & Xue, Y. (2023). Anaesthetic efficacy of clove oil in juvenile yellow drum (*Nibea albiflora*). *Transactions of Oceanology and Limnology*, 3, 45–51.
4. Abtahi, B., Sharifpour, A., Aghajani, M., Faghihzadeh, S., & Mohammadzadeh, R. (2002). Comparison of the anesthetic effects of clove oil and MS-222 in cultured fish species. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 3, 10–12. (In Persian)
5. Silva, E.D., Cunha, M.A., & Garcia, L.D. (2023). 2-Phenoxyethanol as an anesthetic for *Rhamdia quelen*: A comparison with eugenol. *Aquaculture Reports*, 29, 101593. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101593>
6. Velišek, J., Svobodová, Z., & Piackova, V. (2005). Effects of 2-phenoxyethanol anaesthesia on haematological profile in tench (*Tinca tinca*). *Veterinarni Medicina*, 50(2), 61–68.
7. Cunha, F.E.A., & Rosa, I.L. (2006). Anaesthetic effects of clove oil on seven species of tropical reef teleosts. *Journal of Fish Biology*, 69(5), 1504–1512.
8. Setari, M., Hosseini, M., Rezazadeh, S., & Others. (2010). Evaluation of anesthetic properties of clove oil in warmwater fish. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 5(2), 51–57. (In Persian).

Evaluation of the Effects of Clove Powder and 2-Phenoxyethanol on Anesthesia and Blood Biochemical Parameters in *Liza klunzingeri*: A Stress-Reduction Approach in Aquaculture

Soheila Ebrahimi Vosta-Kalaei^{1*}, Entesar razaei², Mohsen safaie³

1. Department of Animal Sciences Research, Mazandaran Province Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran

2. Department of biology, payame Noor University, Iran

3. Department of Fisheries, Faculty of Marine and Atmospheric Sciences, University of Hormozgan, Bandar Abbas, P.O. Box: 3995

*Corresponding author E-mail: s.ebrahimi@areeo.ac.ir

Abstract

The use of anesthetic agents in aquaculture plays an important role in reducing stress and preventing physiological damage in fish, thereby improving their health and survival during procedures such as sampling, handling, and reproduction. The aim of this study was to compare the effects of two anesthetic agents—clove powder as a plant-based compound and 2-phenoxyethanol as a chemical agent—on anesthesia induction time, recovery time, and certain blood biochemical parameters in Klunzinger's mullet (*Liza klunzingeri*). In this study, a total of 81 Klunzinger's mullet fish were randomly assigned to nine treatments, including one control group and eight experimental treatments (four concentrations of 100, 200, 300, and 400 mg/L of each anesthetic). Each treatment had three replicates, with three fish per replicate. After anesthesia induction and sampling, serum levels of cortisol, cholesterol, total protein, and calcium were measured. The results showed that clove powder at lower concentrations induced shorter anesthesia and recovery times compared to 2-phenoxyethanol ($P < 0.05$). With increasing concentrations of both agents, cortisol and total protein levels decreased, while cholesterol increased ($P < 0.05$). No significant difference was observed in calcium levels. The findings indicate that clove powder, as a natural, safe, and environmentally friendly anesthetic, can be considered a suitable alternative to chemical compounds such as 2-phenoxyethanol.

Keyword(s): *Liza klunzingeri*, anesthesia, clove powder, 2-phenoxyethanol, cortisol, biochemical factors, aquaculture

مروری بر اثرات عصاره اسطوخدوس در بیهوشی آبزیان

فرشید داودی^{۱*}، عباس رئیسی^۲

۱. استادیار جراحی دامپزشکی، گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲. دانشیار جراحی دامپزشکی، گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

*پمیل نویسنده مسئول: f.davoodi@razi.ac.ir

چکیده

اسطوخدوس (*Lavandula angustifolia*) به دلیل خواص آرام‌بخشی و بیهوشی، به عنوان یک گیاه دارویی در صنعت آبزی‌پروری مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه مروری، اثرات عصاره اسطوخدوس به عنوان یک بیهوش‌کننده طبیعی در گونه‌های مختلف آبزیان را بررسی می‌کند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که عصاره اسطوخدوس در دوزهای مناسب (۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) زمان القاء بیهوشی را به طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد و زمان بیهودی را بهینه می‌کند، بدون ایجاد اثرات منفی بر بافت‌های آبزیان مانند آبشش‌ها، کبد یا کلیه. این عصاره با کاهش سطح کورتیزول و آمونیاک در آب، استرس ناشی از حمل‌ونقل را کاهش داده و کیفیت آب را بهبود می‌بخشد. ترکیبات فعال اسطوخدوس، مانند لینالول و استات لینالیل، مسئول اثرات آرام‌بخشی و بیهوشی آن هستند که در مقایسه با بیهوش‌کننده‌های مصنوعی مانند MS-222، عوارض جانبی کمتری دارند. علاوه بر این، اسطوخدوس در مقایسه با سایر عصاره‌های گیاهی مانند میخک و والرین، اثرات بیهوشی مشابه یا برتری در گونه‌هایی مانند سیچلاید گورخری و *Astronatus ocellatus* نشان داده است. این مقاله مکانیسم‌های احتمالی، دوزهای مؤثر و مقایسه اسطوخدوس با سایر بیهوش‌کننده‌ها را بررسی می‌کند. استفاده از اسطوخدوس به دلیل هزینه پایین و دسترسی آسان، گزینه‌ای مقرون‌به‌صرفه برای آبزی‌پروری است. با این حال، تعیین دوزهای بهینه برای گونه‌های مختلف و بررسی ترکیب آن با سایر عصاره‌های گیاهی نیازمند تحقیقات بیشتری است.

کلمات کلیدی: اسطوخدوس، بیهوشی آبزیان، *Lavandula angustifolia*، استرس حمل‌ونقل، آبزی‌پروری

مقدمه

استفاده از بیهوش‌کننده‌ها در آبزی‌پروری برای کاهش استرس و آسیب‌های فیزیکی در طول عملیات‌هایی مانند حمل‌ونقل، اندازه‌گیری و واکسیناسیون ضروری است [۱]. اگرچه بیهوش‌کننده‌های مصنوعی مانند MS-222 و ۲-فنوکسی اتانول به طور گسترده استفاده می‌شوند، اما عوارض جانبی مانند تحریک آبشش‌ها و هزینه‌های بالا، نیاز به جایگزین‌های طبیعی را افزایش داده است [۲]. در این میان، اسطوخدوس (*Lavandula angustifolia*) به دلیل ترکیبات فعالی مانند لینالول و استات لینالیل، اثرات آرام‌بخشی و بیهوشی قابل‌توجهی از خود نشان داده است [۳]. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که عصاره اسطوخدوس نه تنها در کاهش استرس آبزیان مؤثر است، بلکه کیفیت آب را نیز در طول حمل‌ونقل بهبود می‌بخشد [۴]. همچنین، بررسی‌ها نشان داده‌اند که اسطوخدوس در مقایسه با سایر عصاره‌های گیاهی مانند میخک و سنبل‌الطیب اثرات مشابه یا برتری در بیهوشی گونه‌های خاص آبزیان دارد [۵، ۶]. این مقاله مروری، به بررسی جامع اثرات عصاره اسطوخدوس به عنوان یک بیهوش‌کننده طبیعی در گونه‌های مختلف آبزیان می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه مروری بر اساس بررسی مقالات علمی منتشر شده در زمینه استفاده از اسطوخدوس در بیهوشی آبزیان انجام شده است. جستجوی مقالات در پایگاه‌های داده مانند ScienceDirect و Google Scholar با استفاده از کلیدواژه‌های

"اسطوخدوس"، "بیهوشی آبزیان"، "Lavandula angustifolia"، "میخک" و "سنبل الطیب" انجام شد. معیارهای انتخاب مقالات شامل مطالعات آزمایشگاهی و میدانی بر روی گونه‌های مختلف آبزیان و ارزیابی پارامترهای فیزیولوژیکی و بافتی بود.

نتایج و بحث

اثر بیهوشی عصاره اسطوخدوس

مطالعات نشان داده‌اند که عصاره اسطوخدوس در دوزهای ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر، زمان القاء بیهوشی را در ماهی قزل آلا (*Oncorhynchus mykiss*)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و سیچلاید گورخری (*Cichlasoma nigrofasciata*) به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد [۵، ۷، ۸]. به عنوان مثال، در ماهی قزل آلا، دوز ۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسطوخدوس، زمان القاء بیهوشی را به ۲۵۸ ثانیه و زمان بهبودی را به ۴۱ ثانیه رساند [۹]. همچنین، در سیچلاید گورخری، عصاره اسطوخدوس در مقایسه با پودر میخک (*Syzygium aromaticum*) زمان القاء بیهوشی کوتاه‌تری ارائه داد و اثرات آرام‌بخشی بیشتری داشت [۱۵].

کاهش استرس و بهبود کیفیت آب

استفاده از اسطوخدوس در طول حمل و نقل آبزیان باعث کاهش سطح کورتیزول و آمونیاک در آب می‌شود، که نشان‌دهنده کاهش استرس و بهبود کیفیت آب است [۱۰]. در گونه‌هایی مانند *Astronatus ocellatus*، ترکیب اسطوخدوس با عصاره‌های دیگر مانند سنبل الطیب اثرات آرام‌بخشی بیشتری نسبت به استفاده تکی از هر یک نشان داده است [۶]. همچنین، این عصاره از دست‌دهندگی یون‌های سدیم و پتاسیم از بدن ماهی جلوگیری می‌کند، که برای تعادل اسمزی ماهی حیاتی است [۱۱].

تأثیر بر بافت‌های آبزیان

بررسی‌های هیستوپاتولوژیک نشان داده‌اند که استفاده از عصاره اسطوخدوس در دوزهای توصیه‌شده، هیچ‌گونه آسیبی به آبشش‌ها، کبد یا کلیه ماهی وارد نمی‌کند [۱۰]. این موضوع، ایمنی این عصاره را به عنوان یک بیهوش‌کننده طبیعی تأیید می‌کند، به‌ویژه در مقایسه با بیهوش‌کننده‌های مصنوعی که ممکن است اثرات منفی بافتی داشته باشند.

مقایسه با سایر بیهوش‌کننده‌ها

در مقایسه با بیهوش‌کننده‌های مصنوعی مانند MS-222، عصاره اسطوخدوس زمان بهبودی کوتاه‌تر و عوارض جانبی کمتری دارد [۱۳]. همچنین، در مقایسه با عصاره‌های گیاهی دیگر مانند میخک و سنبل الطیب، اسطوخدوس اثرات بیهوشی مشابه یا بهتری در گونه‌های خاصی مانند سیچلاید گورخری و *Astronatus ocellatus* ارائه می‌دهد [۵، ۶]. هزینه پایین و دسترسی آسان اسطوخدوس، آن را به گزینه‌ای مقرون به صرفه برای آبی‌پروری تبدیل کرده است.

نتیجه‌گیری کلی

عصاره اسطوخدوس به عنوان یک بیهوش‌کننده طبیعی، اثرات مطلوبی در کاهش استرس، بهبود کیفیت آب و ایمنی آبزیان دارد. با این حال، دوزهای بهینه برای گونه‌های مختلف نیاز به بررسی بیشتر دارد. مطالعات آینده می‌توانند بر روی ترکیب اسطوخدوس با سایر عصاره‌های گیاهی مانند میخک و سنبل الطیب برای افزایش اثربخشی تمرکز کنند.

منابع

1. Ross, L.G., & Ross, B. (1999). *Anaesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals*. Blackwell.
2. Priborsky, J., & Velisek, J. (2018). A review of three commonly used fish anesthetics. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(4), 417–442.
3. Hajhashemi, V., et al. (2003). Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of *Lavandula angustifolia*. *Journal of Ethnopharmacology*, 89(1), 67–71.
4. Thabet, R.Y., et al. (2023). Assessment of lavender essential oil as a natural anesthetic on *Tilapia zilli*. *Mediterranean Aquaculture Journal*, 10(2), 1–13.

5. Raisi, A., et al. (2020). Evaluation of the anesthetic and tranquilizing effects of clove powder (*Syzygium aromaticum*) and lavender oil (*Lavandula officinalis*) in convict cichlid fish (*Cichlasoma nigrofasciata*). *Iranian Journal of Veterinary Surgery*, 15(1), 1–7.
6. Raisi, A., et al. (2018). Evaluation sedation and anesthesia effects of Dianthus, Lavender, and Valerian plants on *Astronatus ocellatus* fish. *Iranian Journal of Veterinary Clinical Sciences*, 12(2), 89–95.
7. Metin, S., et al. (2022). Efficacy of lavender essential oil as an anesthetic in common carp. *Aquaculture Research*, 53, 3598–3607.
8. Krasteva, V., et al. (2021). Comparison of the anesthetic effect of lavender essential oil on carp. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 24(1), 42–63.
9. Yigit, N.O., et al. (2022). Effect of lavender (*Lavandula angustifolia*) and laurel (*Laurus nobilis*) essential oils as anesthetics in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 557, 738328.
10. El-Dakar, Y. (2021). Using clove and mint oils as natural sedatives to increase the transport quality of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 25(4), 437–446.
11. Becker, A.G., et al. (2016). Pre-sedation and transport of *Rhamdia quelen* in water containing essential oil of *Lippia alba*: metabolic and physiological responses. *Fish Physiology and Biochemistry*, 42(1), 73–81.
12. Golshan, N., et al. (2018). The effect of anesthetic lavender (*Lavandula officinalis*) essential oil on histopathological and blood biochemical enzymes of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Journal of Veterinary Research*, 73(1).
13. Aydin, B., & Barbas, L.A.L. (2020). Sedative and anesthetic properties of essential oils in fish. *Aquaculture*, 520, 734999.

A review of the effects of lavender extract in aquatic animal anesthesia

Farshid Davoodi ^{1*}, Abbas Raisi ²

1. Assistant Professor of Veterinary Surgery, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Razi University, Kermanshah, Iran.
2. Associate Professor of Veterinary Surgery, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

*Corresponding author E-mail: f.davoodi@razi.ac.ir

Abstract

Lavender (*Lavandula angustifolia*) has been considered as a medicinal plant in the aquaculture industry due to its sedative and anesthetic properties. This review examines the effects of lavender extract as a natural anesthetic in various aquatic species. The results of the studies show that lavender extract at appropriate doses (200–400 mg/L) significantly reduces the time to induce anesthesia and optimizes recovery time, without causing negative effects on aquatic tissues such as gills, liver or kidney. The extract reduces transport stress and improves water quality by reducing cortisol and ammonia levels in the water. The active compounds of lavender, such as linalool and linalyl acetate, are responsible for its sedative and anesthetic effects, which have fewer side effects compared to synthetic anesthetics such as MS-222. In addition, lavender has shown similar or superior anesthetic effects in species such as zebra cichlids and *Astronatus ocellatus* compared to other plant extracts such as clove and valerian. This article reviews the possible mechanisms, effective doses, and comparison of lavender with other anesthetics. The use of lavender is a cost-effective option for aquaculture due to its low cost and easy availability. However, further research is needed to determine the optimal dosages for different species and to investigate its combination with other plant extracts.

Keywords: Lavender, aquatic anesthesia, *Lavandula angustifolia*, transportation stress, aquaculture

نقش استرس های محیطی بر تولید ترکیبات زیست فناوریانه در جلبک *Dunaliella tertiolecta*

نرجس سنجولی

استادیار، گروه علوم آبزیان، پژوهشگاه تالاب بین المللی هامون، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: (sanchoolin@yahoo.com)

چکیده

محدودیت‌های مواد مغذی و شرایط رشد اغلب سلول جلبک را به تولید اسیدهای چرب یا متابولیت‌های ثانویه سوق می‌دهد. هدف از مطالعه ی مروری حاضر معرفی و اثر عوامل محیطی تاثیر گذار بر تولید ترکیبات زیست فناوریانه در جلبک *Dunaliella tertiolecta* بود. عواملی چون رنگ و شدت نور، محدودیت نیتروژن و فسفات، غلظت نمک، دما، CO_2 به عنوان مهمترین عوامل مؤثر بر میزان تولید گلیسرول، کاروتنوئید، لیپید در جلبک *D. tertiolecta* بود. نتایج مطالعات انجام شده نشان داده که دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بالاترین میزان ذخیره ی چربی و نور سفید با شدت نور ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس و شوری ۱/۵ مولار و افزایش تدریجی شوری تا ۳ مولار بالاترین میزان تولید گلیسرول را در جلبک *D. tertiolecta* به دنبال داشت، تحت شرایط بهینه شدت نور و نمک به طور همزمان، تیترا گلیسرول توانست دو برابر شود و به ۰/۷۹ میلی گرم در میلی لیتر برسد. همچنین محرومیت از نیتروژن در محیط کشت این جلبک میزان تری آسید گلیسرول را از ۰/۰۸ در محیط کشت کامل به ۵/۶ ($\mu g TAG 10^6 cells^{-1}$) در محیط کشت بدون نیتروژن بالا برد. بالاترین تشکیل زیست توده، محتوای کاروتنوئیدها و لیپیدها با CO_2 تولیدی حاصل از کشت مخمر ۲۴ ساعته (در پی افزایش غلظت گلوکز از ۱۰ به ۶۰ گرم در لیتر) دیده شد، به علاوه قرار گرفتن در معرض کلرید جیوه ($HgCl_2$) توانست میزان کاروتنوئید تولیدی را افزایش دهد. تغییرات شدت نور از ۵۰ به ۱۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه منجر به ۱/۴ برابر شدن تولید کاروتنوئید و همچنین غلظت ۰/۷ مولار نمک تولید بهینه کاروتنوئیدها را نشان داد.

کلمات کلیدی: استرس محیطی، دونالیا ترتیولکتا، کاروتنوئید، گلیسرول، لیپید

مقدمه

جلبک *Dunaliella tertiolecta* یک جلبک سبز و تک سلولی از خانواده ی Chlorophyceae بدون دیواره سلولی، متحرک و شوری پسند است [۱]. همچنین پتانسیل بیوتکنولوژیکی بالایی را نشان داده است. این گونه به دلیل توانایی استثنایی در تجمع لیپیدها، گلیسرول و نشاسته، موضوع مطالعات بسیاری بوده است. دونالیا ترتیولکتا به چند دلیل یک ارگانیسم امیدوارکننده برای استفاده صنعتی در تولید سوخت‌های زیستی است: گونه‌ای با رشد سریع و یکی از برترین زیست توده‌های تولیدی است؛ غلظت‌های بسیار بالایی از نشاسته (بیش از ۶۰٪ از وزن خشک خود) و همچنین سطوح متوسطی از لیپیدها تولید می‌کند [۲] و گونه‌ای مقاوم است که نرخ رشد بالایی را در pH، دما و غلظت‌های شدید نمک حفظ می‌کند. در واقع، این ارگانیسم، ارگانیسم مقاوم به نمک است، زیرا می‌تواند با طیف وسیعی از غلظت‌های NaCl از ۵۰ میلی مولار تا محلول‌های نمکی اشباع سازگار شود [۳]. این امر امکان کشت در فضای باز در غلظت‌های بالای NaCl را فراهم می‌کند و خطر آلودگی که یک عامل خطر اصلی در کشت ریزجلبک‌ها است، را به حداقل می‌رساند. یکی از ویژگی‌های خاص این گونه این است که با افزایش تنظیم آنزیم‌های چرخه کالوین، تثبیت CO_2 فتوسنتزی و تجمع نشاسته را در شوری بالا افزایش می‌دهد و در نتیجه بهره‌وری بالای زیست توده را حتی در غلظت‌های بالای NaCl نیز حفظ می‌کند [۴]. *D. tertiolecta* مانند سایر گونه‌های *Dunaliella* فاقد دیواره سلولی است که امکان لیز سلولی آسان را فراهم می‌کند و این امر هزینه فراوری این جلبک را کاهش می‌دهد.

اهمیت گلیسرول

گزارش شده است که ریزجلبک *D. tertiolecta* مقادیر قابل توجهی گلیسرول درون سلولی را به عنوان یک محافظ اسمزی در شرایط شوری بالا تولید می‌کند [۵]. گلیسرول یک ماده اولیه ضروری برای تولید محصولات ارزشمند مختلفی مانند دارو، غذا، لوازم آرایشی، رنگ و منسوجات است [۶]. گلیسرول به عنوان یک پیش‌ساز امیدوارکننده برای "مواد شیمیایی سبز"، این شانس را دارد که جایگزین چندین ماده شیمیایی مانند اتیلن و پروپیلن گلیکول‌ها، ۲۰۳-بوتاندیول و آکرولین شود [۷، ۸، ۹، ۱۰]. علاوه بر این، گلیسرول به عنوان پیش‌ساز پلی‌اکریلونیتریل (PAN) عمل می‌کند که یکی از مهم‌ترین پلیمرهای مورد استفاده در صنعت است [۱۱]. PAN به نوبه خود پیش‌ساز بسیاری از محصولات مانند رزین‌ها، پلاستیک‌ها و الیاف اکریلیک است [۱۲].

اهمیت کاروتنوئید

از حدود ۱۰۰۰ کاروتنوئید موجود در طبیعت، تنها تعداد کمی از آنها به وفور در میوه‌ها و سبزیجات یافت می‌شوند. این موارد شامل بتا-کاروتن (هویج)، لیکوپن (گوجه فرنگی) و لوتئین (اسفناج) است [۱۳]. اگرچه برخی از کاروتنوئیدها مانند بتا-کاروتن و زاکسانتین به شکل مصنوعی موجود هستند، اما علاقه به منابع طبیعی کاروتنوئیدها از طریق ریزجلبک‌ها و همچنین منابع باکتریایی و مخمیری رو به افزایش است که ناشی از افکار عمومی جهان در مورد افزودنی‌های مصنوعی است [۱۴]. کاروتن، لوتئین و زاگزانتین کاروتنوئیدهایی هستند که در غلظت‌های بالا در برخی از ریزجلبک‌ها یافت می‌شوند. به طور متوسط، از ۱٪ تا ۲٪ وزن خشک زیست‌توده متغیر هستند، با این حال، در جنس *Dunaliella*، این مواد می‌توانند تا ۱۴٪ برسند [۱۵]. لوتئین و زاگزانتین، زانتوفیل‌های گروه کاروتنوئیدها هستند که با درمان و پیشگیری از دژنراسیون ماکولا وابسته به سن، آب مروارید و تصلب شرایین مرتبط هستند و همچنین دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشند [۱۶]. آلفا-کاروتن و بتا-کاروتن پیش‌سازهای ویتامین A هستند و دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بوده که با پیشگیری از سرطان مرتبط هستند [۱۵]. بتا-کاروتن بیشترین سهم بازار کاروتنوئیدها را دارد. دونا لیا منبع طبیعی اصلی است که مقدار زیادی کاروتنوئید را جمع می‌کند. برای القای تجمع بتا-کاروتن، سلول‌های دونا لیا باید در معرض شدت نور بالا و شرایط رشدی قرار گیرند که معمولاً نشان‌دهنده نرخ رشد پایین، مانند دماهای شدید، شوری‌های بالا و نیتروژن محدود است [۱۷].

اهمیت لیپید

علاوه بر کاروتنوئیدها، دونا لیا منبع لیپیدها است و به ۲۵٪ وزن خشک می‌رسد [۱۸]. لیپیدها اجزای ضروری در ساختار و ذخیره‌سازی سلولی هستند و تغییر محتوای لیپید در ریزجلبک‌ها معمولاً به دلیل پاسخ به تغییرات در ترکیب محیط کشت است. به طور کلی، تولید این ترکیبات همچنین با شرایط رشد نامطلوب، مانند دما، شدت نور [۱۹]، شوری [۲۰]، یا با وجود ترکیبات خاص در محیط کشت مانند تنگستات سدیم [۲۱] مرتبط است. با این حال، علاقه به استفاده از ریزجلبک‌ها در تولید بیودیزل رو به افزایش است [۲۲]. بنابراین، برخی از گونه‌های *Dunaliella*، مانند *D. tertiolecta*، *D. primolecta* و *D. salina*، کاندیداهای قوی برای این کاربردها هستند، زیرا می‌توانند حدود ۴۰٪ از وزن خشک خود را به شکل لیپیدها جمع کنند و سرعت رشد بالا و میزان جذب CO₂ بالایی را نشان دهند [۱۵].

مواد و روش‌ها

در این مطالعه مقالات معتبر علمی مورد بررسی از پایگاه‌های علمی آنلاین شامل Scopus و Springer Sciencedirect و سایر پایگاه‌ها دریافت گردید. در این جستجو کلمات کلیدی شامل *Microalgae*، *Dunaliella tertiolecta*، *Pigment*، *Lipid*، *Biomass*، *Glycerol*، *Carotenoids* مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج و بحث

مطالعات انجام شده ی اثر استرس محیطی روی میزان تولید گلیسرول در جلبک *D. tertiolecta*

در مطالعه ی Pick و Avidan (۲۰۱۷) [۲۳] اثر کمبود نیتروژن بر میزان تولید نشاسته و تری آسیل گلیسرول (TAG) در جلبک *D. tertiolecta* مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش عمده نشاسته در طول ۲۴ ساعت اول بدون نیتروژن رخ می‌دهد. سطح تری آسیل گلیسرول در همین دوره از 0.2 ± 4 به 12 ± 346 ($\text{nmol C } 10^6 \text{ cells}^{-1}$) افزایش یافت که معادل 0.8 و $5/6$ ($\mu\text{g TAG } 10^6 \text{ cells}^{-1}$) به ترتیب برای سلول‌های در محیط کشت کامل و محیط کشت بدون نیتروژن بود. با این حال، برخلاف نشاسته، تولید تری آسیل گلیسرول پس از یک دوره تأخیر حدود ۱۲ ساعت شروع می‌شود و عمدتاً بین روزهای ۲ تا ۵ محرومیت از نیتروژن تجمع می‌یابد و پس از ۱۰ روز بدون نیتروژن به حداکثر سطح حدود ۱۲٪ از کل کربن سلول می‌رسد.

هدف مطالعه ی Keil و همکاران (۲۰۲۳) [۲۴] بهینه‌سازی تولید گلیسرول توسط سویه ی مرجع *D. tertiolecta* از طریق تغییر در شدت نور و نمک به تنهایی و ترکیب با یکدیگر بود. نتایج نشان داد که کشت با نور سفید با شدت بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه در مقایسه با ۱۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، زیست توده بیشتری تولید کرد و در نتیجه تیترا محصول بالاتری به دست آمد. علاوه بر این، کشت در $1/5$ مولار NaCl و به دنبال آن افزایش آن به ۳ مولار NaCl منجر به شرایط تنش هیپراسموتیک شد که بالاترین تیترا گلیسرول را فراهم کرد. تحت شرایط بهینه شدت نور و نمک، تیترا گلیسرول *D. tertiolecta* توانست دو برابر شود و به 0.79 میلی گرم در میلی لیتر برسد.

مطالعات انجام شده ی اثر استرس های محیطی روی میزان تولید چربی در جلبک *D. tertiolecta*

در پژوهش Ayatollahi و همکاران (۲۰۱۹) [۲۵] جلبک *D. tertiolecta* پس از نمونه برداری از دریاچه ارومیه و خالص سازی و کشت در محیط والن برای بررسی میزان تولید چربی در دماهای ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه ی سانتی گراد مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده با افزایش دما، رشد جلبک کاهش یافت و بیش ترین رشد در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد مشاهده گردید هم چنین به این نتیجه دست یافتند که بیش ترین میزان ذخیره چربی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در فاز ثابت بود.

مطالعات انجام شده ی اثر استرس های محیطی روی میزان تولید کارتنوئید در جلبک *D. tertiolecta*

در مطالعه ی White و Jahnke (۲۰۰۳) [۲۶] جلبک *D. tertiolecta* در هفت شوری که دامنه ۶۰ برابری از 0.5 تا ۳ مول بر لیتر NaCl را پوشش می‌دادند، کشت داده شدند. اثرات طولانی‌مدت شوری بر رشد و پارامترهای آنتی‌اکسیدانی تعیین شد. نرخ رشد در شوری‌های شدید کم شوری و بیش شوری (0.5 مول بر لیتر NaCl و ۳ مول بر لیتر NaCl) کاهش یافت که نشان می‌دهد کشت‌ها تحت تنش قرار گرفته‌اند. سطح شش آنزیم آنتی‌اکسیدان و سه سوپراترای آنتی‌اکسیدانی در این شوری‌های رشد اندازه‌گیری شد. در مقایسه با رشد در شوری‌های بهینه (یعنی $0.2 - 0.5$ مول بر لیتر NaCl)، شوری‌های بالا باعث افزایش ۲۶۰ درصدی مونو‌دهیدروآسکوربات ردوکتاز، دو برابر شدن فعالیت آسکوربات پراکسیداز و افزایش سه برابری در میزان تنفس تاریکی شدند. سلول‌هایی که به رشد در شوری‌های کم (تنش هیپوسالین، یعنی کمتر از 0.2 مول بر لیتر NaCl) عادت کردند، افزایش قابل توجهی در گلوکاتایون و آلفا-توکوفرول و آسکوربات کل نشان دادند. حجم سلول‌ها بدون تغییر باقی ماند، به جز در کمترین شوری که دو برابر شد. فعالیت‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، دهیدروآسکوربات ردوکتاز و گلوکاتایون ردوکتاز تحت تأثیر شوری‌های شدید قرار نگرفتند. دخالت تنش آکسیداتیو در هر دو سطح شوری شدید با تغییرات در آنزیم‌ها و سوپراترایهای آنتی‌اکسیدانی نشان داده می‌شود، اما تغییرات خاص بین تنش‌های کم شوری و بیش شوری بسیار متفاوت است.

مطالعه ی Fazeli و همکاران (۲۰۰۶) [۲۷] به بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف (۰/۳ تا ۲ مولار) نمک NaCl و شدت نور ۵۰ و ۱۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه بر کل کاروتنوئیدهای جمع‌شده توسط جلبک *D. tertiolecta* (DCCBC26) از دریاچه ارومیه در مقایسه با کاروتنوئیدهای به‌دست‌آمده از *D. salina* CCAP 19/18 و همچنین سویه‌های وحشی *D. salina* WT پرداخت. در تمام ریزجلبک‌ها، تولید کاروتنوئیدها با افزایش شدت نور آغاز شد. تغییرات شدت نور از ۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه به ۱۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه منجر به ۲/۴، ۲/۱ و ۱/۴ برابر شدن تولید کاروتنوئیدها به ترتیب توسط *D. salina* CCAP، *D. salina* WT و *D. tertiolecta* شد. در هر دو سویه *D. salina*، تولید کاروتنوئیدها با افزایش شوری در غلظت نمک ۲ مولار بهبود یافت، در حالی که *D. tertiolecta* تولید بهینه کاروتنوئیدها را در غلظت ۰/۷ مولار نشان داد.

در مطالعه ی Zamani و همکاران (۲۰۰۹) [۲۸] قرار گرفتن کوتاه مدت (۴۸ ساعت) و طولانی مدت (۲۸ روز) جلبک *D. tertiolecta* در معرض غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ میکرومولار $HgCl_2$ ، محتوای کلروفیل "a" را کاهش داد، اما باعث افزایش تولید کاروتنوئید و افزایش فعالیت اسکوریات پراکسیداز (APX) شد که هر دو به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند و با حذف گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، استرس اکسیداتیو را یافر می‌کنند. افزایش کل کاروتنوئیدها بر حسب پیگروگرم در هر سلول در قرار گرفتن طولانی مدت بیشتر بود، علی‌رغم افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، رشد جلبک بر حسب تعداد سلول در هر میلی‌لیتر محیط کشت نسبت به گروه کنترل کاهش یافت. به نظر می‌رسد که تولید ROS در حضور $HgCl_2$ از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل سلول‌ها فراتر می‌رود، که این امر از افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید سلولی (MDA) و در نتیجه کاهش تعداد سلول‌ها مشهود است.

در مطالعه ی Chagas و همکاران (۲۰۱۵) [۲۹]، تأثیر رشد میکروجلبک *D. tertiolecta* را با استفاده از CO_2 حاصل از آبجوسازی بر تولید زیست‌توده غنی از لیپید و کاروتنوئید ارزیابی شد. از یک سیستم یکپارچه از فتوبیوراکتورهای میکروجلبک و تخمیرکننده‌های مخمر استفاده شد که به طور مداوم CO_2 بیولوژیکی را برای کشت میکروجلبک فراهم می‌کرد. کشت مخمر ابتدا در تخمیرکننده‌ها با استفاده از محیط کشت مصنوعی انجام شد. با افزایش گام به گام غلظت گلوکز از ۱۰ به ۶۰ گرم در لیتر، CO_2 حاصل از کشت مخمر ۲۴ ساعته، بالاترین تشکیل زیست‌توده، محتوای کاروتنوئیدها و لیپیدها و بهره‌وری توسط میکروجلبک‌ها را به همراه داشت. تکرار این آزمایش‌ها با استفاده از تخمیر آبدو به جای محیط کشت مصنوعی، با استفاده از حجم‌های مختلف مخمر همراه با کشت‌های میکروجلبک انجام شد. مقادیر به‌دست‌آمده برای کشت‌های میکروجلبک هنگام استفاده از CO_2 حاصل از تخمیر آبدو عبارت بودند از: $0/05 \pm 1/10$ گرم در لیتر زیست‌توده، $0/59 \pm 4/74$ میلی‌گرم در گرم کاروتنوئید به ازای وزن خشک زیست‌توده و 4 ± 135 میلی‌گرم در گرم لیپید. این مقادیر تقریباً دو برابر مقادیر مشاهده‌شده برای کشت‌های کنترلی بودند که در آن‌ها از CO_2 اتمسفری استفاده شده است، که نشان می‌دهد ادغام سیستم تخمیرکننده‌های مخمر و فتوبیوراکتورهای میکروجلبک جایگزین جالبی برای بهبود تشکیل زیست‌توده و محتوای محصول بود. همه کشت‌های *D. tertiolecta* پروفایل کاروتنوئیدی یکسانی را نشان دادند، و لوتئین کاروتنوئید اصلی بود ($0/02 \pm 46/7$ از کل کاروتنوئیدها).

نتیجه‌گیری کلی

مطالعات انجام شده ثابت کردند که استرس‌های محیطی که منجر به کاهش رشد در جلبک *D. tertiolecta* می‌شوند باعث تولید بیشتر ترکیبات زیست‌فناورانه در این جلبک می‌شود که دلیل تولید این ترکیبات، محافظت از سلول در برابر استرس اکسیداتیو می‌باشد.

منابع

1. Vo, T. and Tran, D. 2014. Effects of salinity and light on growth of *Dunaliella* Isolates. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, 2(5), 208-211.
2. Slocombe, S.P., Zhang, Q., Ross, M., Anderson, A., Thomas, N.J., Day, J.G. 2015. Unlocking nature's treasure-chest: Screening for oleaginous algae. *Scientific Reports*, 5, 9844.

3. Katz, A., Paz, Y. and Pick, U. 2009. Salinity tolerance and iron deprivation resistance mechanisms revealed by proteomic analyses in *Dunaliella salina*. In: Ben-Amotz A, Polle JEW, Rao DVS, eds. The alga *Dunaliella*: biodiversity, physiology, genomics and biotechnology. Enfield, NH: Science Publishers, 341–358.
4. Liska, A.J., Shevchenko, A., Pick, U. and Katz, A. 2004. Enhanced photosynthesis and redox energy production contribute to salinity tolerance in *Dunaliella* as revealed by homology-based proteomics. *Plant Physiology*, 136, 2806–2817.
5. Jin, E.S., Feth, B. and Melis, A. 2003. A mutant of the green algae *Dunaliella salina* constitutively accumulates zeaxanthin under all growth conditions. *Biotechnology and Bioengineering*, 81, 115–124.
6. Chilakamarry, C.R., Sakinah, A.M.M., Zularisam, A.W. and Pandey, A. 2021. Glycerol waste to value added products and its potential applications. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 1(4):378–396.
7. Yin, A.Y., Guo, X.Y., Dai, W.L. and Fan K.N. 2009. The synthesis of propylene glycol and ethylene glycol from glycerol using Raney Ni as a versatile catalyst. *Green Chemistry*, 11(10):1514.
8. Xu, Y., Milledge, J.J., Abubakar, A., Swamy, R., Bailey, D. and Harvey, P.J. 2015. Effects of centrifugal stress on cell disruption and glycerol leakage from *Dunaliella salina*. *Microalgae Biotechnology*, 1(1). doi:10.1515/micbi-2015-0003.
9. Parate, R.D., Rode, C.V. and Dharne, M.S. 2018. 2,3-Butanediol Production from Biodiesel Derived Glycerol. *CEE*, 5(1):4–12.
10. Sun, P., Zhang, W., Yu, X., Zhang, J., Xu, N., Zhang, Z., Liu, M., Zhang, D., Zhang, G., Liu, Z., Yang, C., Yan, W. and Jin, X. 2021. Hydrogenolysis of Glycerol to Propylene Glycol: Energy, Tech-Economic, and Environmental Studies. *Frontiers in Chemistry*, 9:778579. doi:10.3389/fchem.2021.778579.
11. Liebig, C., Paul, S., Katryniok, B., Guillon, C., Couturier, J.L., Dubois, J.L., Dumeignil, F. and Hoelderich, W.F. 2013. Glycerol conversion to acrylonitrile by consecutive dehydration over WO₃/TiO₂ and ammoxidation over Sb-(Fe,V)-O. *Applied Catalysis B: Environmental*, 132–133:170–182.
12. Karp, E.M., Eaton, T.R., Sanchez, I. Nogue, V., Vorotnikov, V., Biddy, M.J., Tan, E.C.D., Brandner, D.G., Cywar, R.M., Liu, R., Manker, L.P., Michener, W.E., Gilhespy, M., Skoufa, Z., Watson, M.J., Fruchey, O.S., Vardon, D.R., Gill, R.T., Bratis, A.D. and Beckham, G.T. 2017. Renewable acrylonitrile production. *Science*, 358(6368):1307–1310.
13. Prasad, K.N., Kumar, A., Kochupillai, V. and Cole, W.C. 1999. High doses of multiple antioxidant vitamins: Essential ingredients in improving the efficacy of standard cancer therapy. *Journal of the American College of Nutrition*, 18:13–25.
14. Bhosale, P., Larson, A.J. and Bernstein, P.S. 2004. Factorial analysis of tricarboxylic acid cycle intermediates for optimization of zeaxanthin production from *Flavobacterium multivorum*. *Journal of Applied Microbiology*, 96:623–629.
15. Hosseini Tafreshi A, and Shariati M. 2009. *Dunaliella* biotechnology: Methods and applications. *Journal of Applied Microbiology*, 107:14–35.
16. Richer, S., Stiles, W., Statkute, L., Pulido, J., Frankowski, J., Rudy, D., et al. 2004. Double-masked, placebo-controlled, randomized trial of lutein and antioxidantsupplementation in the intervention of atrophic age-related macular degen-eration: The Veterans LAST study (Lutein Antioxidant Supplementation Trial). *Journal of the American Optometric Association*, 75: 216–29.
17. Lamers, P.P., Janssen, M., De Vos, R.C.H., Bino, R. J. and Wijffels, R.H. 2008. Exploring and exploiting carotenoid accumulation in *Dunaliella salina* for cell-factory applications. *Trends in Biotechnology*, 26: 631–638.
18. Liu, L., Yang, H., Shin, H.D., Chen, R.R., Li, J., Du, G. and Chen, J. 2013. How to achieve high-level expression of microbial enzymes: Strategies and perspectives. *Bioengineered*, 4: 212–223.
19. Gim, G.H., Kim, J. K., Kim, H.S., Kathiravan, M.N., Yang, H., Jeong, S.H., Kim, S.W. 2014. Comparison of biomass production and total lipid content of freshwater green microalgae cultivated under various culture conditions. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 37: 99–106.
20. Takagi, M., Karseno, Yoshida, T. 2006. Effect of salt concentration on intracellular accumulation of lipids and triacylglyceride in marine microalgae *Dunaliella* cells. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101: 223–226.
21. Benhima, R., El Arroussi, H., Kadmiri, I. M., El Mernissi, N., Wahby, I. and Bendaou, N. 2018. Nitrate reductase inhibition induces lipid enhancement of *Dunaliella tertiolecta* for biodiesel production. *Scientific World Journal*, 1–8.
22. Huntley, M.E. and Redalje, D.G. 2007. CO₂ mitigation and renewable oil from photosynthetic microbes: A new appraisal. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12: 573–608.
23. Pick, U. and Avidan, O. 2017. Triacylglycerol is produced from starch and polar lipids in the green alga *Dunaliella tertiolecta*. *Journal of Experimental Botany*, 68 (17). 4939–4950.

24. Keil, L., Breitsameter, J., Rieger, B., Garbe D., and Bruck, T. 2023. Optimization of the glycerol production from *Dunaliella tertiolecta* and *Dunaliella* isolates. <https://doi.org/10.1101/2023.09.18.558238>.
25. Ayatollahi, F., Hosseini, S.A. and Kurdi, H. 2019. The effect of temperature on the growth rate and total lipid content of the microalgae *Dunaliella tertiolecta*. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*. 8 (4): 22-11 (In Persian).
26. Jahnke LS, White LA. 2003. Long-term hyposaline and hypersaline stresses produce distinct antioxidant responses in the marine alga *Dunaliella tertiolecta*. *Journal of Plant Physiology*, 160, 1193-1200.
27. Fazeli, M.R., Tofighi, H., Samadi, N., Jamalifar, H. and Fazeli, A. 2006. Carotenoids accumulation by *Dunaliella tertiolecta* (Lake Urmia isolation) and *Dunaliella salina* (CCAP 19/18 & WT) under stress conditions. *Daru*, 14(3), 146-150.
28. Zamani, N., Rasekh, F., Ghahremanpour, M.M., Moradshahi A. and Kholdebarin, B. 2009. Physiological responses of *Dunaliella tertiolecta* to Hg^{2+} -Induced oxidative stress. *Iranian Journal of Science and Technology*, 33 (A1), 65-74.
29. Chagasa, A.L., Riosa, A.O., Jarenkowb, A., Marcillob, N.R., Ayuba, M.A.Z. and Recha, R. 2015. Production of carotenoids and lipids by *Dunaliella tertiolecta* using CO_2 from beer fermentation. *Process Biochemistry*, 50, 981-988.

The role of environmental stresses on the production of biotechnological compounds in the alga *Dunaliella tertiolecta*

Narjes Sanchooli

Assistant Professor, Department of Aquatic Sciences, Hamoun International Wetland Institute,
Research Institute of Zabol, Zabol, Iran

*Corresponding author E-mail: sanchoolin@yahoo.com

Abstract

Nutrient limitations and growth conditions often drive algal cells to produce fatty acids or secondary metabolites. The aim of this review was to introduce and evaluate the effects of environmental factors affecting the production of biotechnological compounds in *Dunaliella tertiolecta*. Factors such as color and light intensity, nitrogen and phosphate limitation, salt concentration, temperature, CO_2 were the most important factors affecting the production of glycerol, carotenoids, and lipids in *D. tertiolecta*. The results of the studies showed that 25°C was the highest fat storage rate and white light with a light intensity of 500 to 2000 lux and a salinity of 1.5 M and a gradual increase in salinity to 3 M resulted in the highest glycerol production in *D. tertiolecta*. Under optimal conditions of simultaneous light and salt intensity, the glycerol titer could double and reach 0.79 mg/mL. Nitrogen deprivation in the culture medium of this alga also increased the triacylglycerol content from 0.08 in complete culture medium to 5.6 (μg TAG 10^6 cells $^{-1}$) in nitrogen-free culture medium. The highest biomass formation, carotenoid and lipid content were observed with CO_2 production from 24-hour yeast culture (following an increase in glucose concentration from 10 to 60 g/L), in addition, exposure to mercuric chloride ($HgCl_2$) was able to increase the amount of carotenoid production. Changes in light intensity from 50 to 150 $\mu mol/m^2/s$ resulted in a 1.4-fold increase in carotenoid production, and a 0.7 M salt concentration showed optimal carotenoid production.

Keyword(s): Enviromental Stress, *Dunaliella tertiolecta*, Carotenoid, Glycerol, Lipid

مروری بر ملاحظات پیش بیهوشی در آبزیان: اصول بالینی و کاربردهای عملی

نیلوفر صیدی^{۱*}، سید امیر پانزوان^۲

۱. استادیار، گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲. دانشجوی دکتری عمومی، گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

*nsyedi@razi.ac.ir

چکیده

بیهوشی ایمن در آبزیان به‌ویژه در تحقیقات، تشخیص‌های بالینی، جراحی و تکثیر مصنوعی، مستلزم درک عمیق فیزیولوژی گونه، فارماکولوژی عوامل بیهوشی و پارامترهای محیطی است. در این مقاله به مرور ملاحظات پیش‌بیهوشی شامل انتخاب عامل مناسب (با توجه به گونه، وضعیت سلامت و قوانین منطقه‌ای)، آماده‌سازی حیوان (ناشتایی ۲۴ ساعته، کاهش استرس)، پایش حین بیهوشی (ارزیابی رفلکس‌ها، حرکات اپرکولوم، وضعیت آبشش) و مدیریت جراحی‌های مختلف (از بیوپسی تا جراحی‌های طولانی) می‌پردازد. تأکید اصلی بر تطبیق پروتکل‌ها با تنوع گونه‌ای آبزیان و پایش مستمر علائم حیاتی است. رعایت این اصول نه تنها رفاه حیوان را تضمین می‌نماید، بلکه دقت نتایج تحقیقاتی و موفقیت اقدامات درمانی را ارتقا می‌دهد.

کلمات کلیدی: بیهوشی، آبزیان، ماهی، ملاحظات پیش بیهوشی

مقدمه

استفاده از بیهوشی و آرام‌بخشی در ماهیان و سایر آبزیان، به‌منظور کاهش استرس ناشی از دستکاری، حمل‌ونقل یا انجام اقدامات تهاجمی نظیر جمع‌آوری گامت‌ها جهت تکثیر مصنوعی، اخذ نمونه‌های بیوپسی و اعمال جراحی، ضرورتی انکارناپذیر است. ترکیبات متعددی نظیر تری‌کائین متان‌سولفونات (MS-222)، اوژنول (ماده مؤثر روغن میخک) و بنزوکائین به‌طور معمول در این زمینه کاربرد دارند. این عوامل از حیث مکانیسم اثر، مدت‌زمان القاء و ریکاوری، دوره پرهیز (به‌ویژه در ماهیان خوراکی) و ملاحظات پس از بیهوشی تفاوت‌های معناداری نشان می‌دهند. هدف نهایی، حداقل‌سازی زمان بیهوشی ضمن تأمین عمق کافی برای اجرای ایمن و عاری از درد جراحی مورد نظر است. پایش مداوم حیوان تحت بیهوشی و پارامترهای کیفی آب حمام بیهوشی (به‌ویژه غلظت اکسیژن محلول) برای تضمین بقای ماهی، حیاتی است. پیش از به‌کارگیری هرگونه آرام‌بخش یا بیهوش‌کننده، بررسی محدودیت‌های منطقه‌ای و مصارف تأییدشده، خصوصاً در ماهیان مورد مصرف انسان، الزامی می‌باشد [۱، ۲ و ۳].

بر اساس مطالعات صورت گرفته عوامل متعددی بر پاسخ ماهی به عوامل بیهوشی تأثیرگذارند که شاخص‌ترین آنها شامل گونه ماهی، وضعیت سلامت، دمای آب و PH هستند. سایر عوامل مؤثر عبارتند از: نژاد، اندازه، جنسیت، بلوغ جنسی، محتوای لیپیدی بدن، وضعیت بدنی، شوری آب و ترکیبات معدنی آب. همچنین، القای بیهوشی در ماهیان هوازی نظیر مارماهی‌ها (Eels; Anguilliformes) طولانی‌تر است. در صورت امکان پیش از اعمال جراحی، قطع تغذیه به مدت ۲۴ ساعت پیش از القای بیهوشی توصیه می‌گردد. در طول ریکاوری، افزایش جریان آب از ناحیه دهانی می‌تواند ضربان قلب را افزایش داده و دفع دارو را تسریع نماید؛ لذا در موارد اورژانسی (مانند مسمومیت دارویی)، پمپاژ آب بر روی آبشش‌ها ضروری است [۵]. انتخاب عامل بیهوشی می‌بایست مبتنی بر گونه، هدف جراحی و مقررات محلی صورت پذیرد [۳].

عوامل مؤثر بر کارایی بیهوشی و ملاحظات پیش از القای بیهوشی

حساسیت به عوامل بیهوشی در میان گونه‌های مختلف آبزیان اختلافات چشمگیری دارد؛ به‌طور مثال، ماهیان هوازی پاسخ‌های فارماکودینامیک متمایزی نشان می‌دهند. همچنین، وضعیت سلامت ماهی (ابتلا به بیماری‌ها یا مواجهه با استرس) تأثیر بسزایی در پاسخ به داروها دارد. پارامترهای محیطی به‌ویژه دمای آب و pH، جذب و متابولیسم داروها را مستقیماً تعدیل می‌نمایند؛ به‌طوری که افزایش دما عموماً جذب را تسریع می‌بخشد. ویژگی‌های فردی ماهی شامل اندازه، جنسیت، بلوغ جنسی، محتوای لیپیدی بدن و شرایط فیزیکی نیز در پاسخ بیهوشی دخیل هستند [۵]. به‌منظور کاهش خطر بازگشت مواد غذایی و فشار متابولیک، ناشتا نمودن ماهی به مدت ۲۴ ساعت پیش از القای بیهوشی (به‌طور خاص پیش از اعمال جراحی) اکیداً توصیه می‌گردد. در مواجهه با گونه‌های ناشناخته یا فاقد پیشینه حساسیت‌سنجی، القای بیهوشی می‌بایست با پایین‌ترین دوز توصیه‌شده آغاز شده و در صورت لزوم، غلظت دارو به‌صورت تدریجی افزایش یابد تا اثر مطلوب حاصل آید. برای معاینه فیزیکی مقدماتی یا اقدامات بسیار کوتاه‌مدت (کمتر از یک دقیقه)، امکان معاینه برخی ماهیان استخوانی (Teleosts) بدون بیهوشی و صرفاً با دستکاری ملایم در زیر آب وجود دارد. پوشاندن چشم‌ها و کاهش محرک‌های صوتی می‌تواند موفقیت این روش را افزایش دهد. با این حال، برای اکثر جراحی‌های تشخیصی و درمانی، استفاده از آرام‌بخشی یا بیهوشی اجتناب‌ناپذیر است [۵]. نکته حائز اهمیت آن است که کاربرد آرام‌بخش‌ها یا بیهوش‌کننده‌ها ممکن است منجر به جدا شدن برخی انگل‌های خارجی ضعیف متصل نظیر مونوژنه‌آ (Monogeneans) یا هیروودینه‌آ (Leeches; Hirudinea) از بدن ماهی گردد؛ این پدیده می‌تواند موجب تخمین نادرست بار انگلی در بررسی‌های میکروسکوپی گسترش مرطوب پوست یا آبشش شده و در نتیجه تشخیص بالینی را مخدوش نماید. در مواردی که صحت نمونه‌گیری پارازیتولوژیک حائز اهمیت حیاتی است، استفاده از روش‌های غیرشیمیایی نظیر قطع نخاع (Pithing) پس از اتانازی، می‌تواند جایگزین مناسبی تلقی گردد [۱۱و۴].

سطوح بیهوشی و پایش بالینی

ماهیان نیز سطوح بیهوشی مشابه پستانداران را بروز می‌دهند. اولین پاسخ معمولاً مرحله تحریک (Excitation stage) است که در آن ماهی ممکن است تقلای شدیدی از خود نشان دهد (به‌ویژه در گونه‌هایی نظیر مارماهی) و تلاش جهت فرار نماید. متعاقباً، مرحله دپرسیون (Depression stage) آغاز می‌گردد که با کاهش پاسخ به محرک‌های لمسی و کاهش فعالیت حرکتی همراه است. در مرحله بعد، ماهی تعادل خود را از دست داده و به‌تدریج در وضعیت لترال یا دورسال قرار می‌گیرد. همزمان، حرکات تنفسی (اپرکولار) آهسته‌تر و ضعیف‌تر می‌شود. در نهایت، در صورت تداوم مواجهه با داروی بیهوشی، فعالیت تنفسی متوقف می‌گردد. حیوان نباید تا حد توقف تنفس در حمام بیهوشی باقی بماند، هرچند بسیاری از ماهیان حتی پس از چند دقیقه آینه قادر به ریکاوری هستند. در صورت استفاده صحیح، بی‌حرکتی ماهی می‌بایست در کمتر از ۵ دقیقه محقق شود. پایش مستمر حیوان در طول بیهوشی با استفاده از نشانگرهای بالینی امری حیاتی است. رفلکس‌های کلیدی شامل رفلکس تهدید (واکنش ماهی به نزدیک شدن شیء به کره چشم بدون تماس فیزیکی که با حرکت اجتنابی سر همراه است) و رفلکس افقی شدن (توانایی ماهی در بازگشت از وضعیت دورسال خوابیده به حالت طبیعی) می‌باشند. ارزیابی رفلکس افقی شدن به‌ویژه در تعیین عمق بیهوشی در روش غوطه‌وری ارزشمند است. کاهش تدریجی توانایی افقی شدن نشان‌دهنده پیشرفت بیهوشی بوده و فقدان کامل تلاش برای اصلاح وضعیت، حاکی از بیهوشی عمیق است. فراوانی و دامنه حرکات اپرکولار نیز شاخصی تعیین‌کننده محسوب می‌شود. عموماً در ابتدای القا به‌دلیل استرس دستکاری و مواجهه با مواد شیمیایی، فرکانس تنفسی افزایش می‌یابد، بنابراین با پیشرفت بیهوشی، این فرکانس کاهش یافته و در بسیاری موارد به سطوح زیر فیزیولوژیک نزول می‌کند. حرکات ضعیف اپرکولار نشانگر کاهش کارایی تنفسی و نیاز بالقوه به اکسیژن رسانی مکمل است. پایش ضربان قلب در ماهیان کوچک با چالش‌هایی همراه است. در ماهیان بزرگ‌جثه می‌توان از استتوسکوپ مری یا دستگاه داپلر بهره گرفت. روش‌های پیچیده‌تر نظیر الکتروکاردیوگرافی نیاز به تقویت سیگنال (Amplification) تخصصی داشته و پالس اکسیمتری به‌دلیل موانع آناتومیک و فیزیولوژیک در آبزیان معمولاً فاقد کارایی عملی است. رنگ آبشش‌ها (پریدگی نشانه اختلال پرفیوژنی است) و پاسخ

به محرک‌های دردناک ملایم (نظیر فشار با پنس در ناحیه پایه باله دمی) از دیگر شاخص‌های پایشی حائز اهمیت هستند [۹ و ۲۰].

کاربرد بیهوشی در جراحی‌های ویژه و ملاحظات جراحی

برای جراحی‌های کوتاه‌مدت (زیر ۵ دقیقه) نظیر معاینه چشمی، حذف بافت‌های نکروتیک پوست، قطع ضایعات نکروتیک باله، استخراج انگل‌های خارجی، کاشت میکروچیپ یا جمع‌آوری گامت، استفاده از حمام بیهوشی تا حصول اثر مطلوب (یعنی تا دستیابی به سطح بیهوشی مناسب) کفایت می‌کند. برای جراحی‌های طولانی‌تر، سیستم‌های بیهوشی پیوسته که قادر به حفظ غلظت دقیق دارو در آب عبوری از آبشش‌ها هستند، ضروری می‌باشند. دستگاه طراحی‌شده توسط لوبرت و هارمز (Lewbart and Harms, 1999) نمونه‌ای کاربردی و مقرون‌به‌صرفه برای این منظور بوده و امکان نگهداری حیوان تحت بیهوشی تا ۳ ساعت را فراهم می‌نماید. در آماده‌سازی پیش از جراحی، لازم به تأکید است که پوست سالم ماهی به دلیل وجود سدهای دفاعی ایمنی ذاتی، دارای بار میکروبی بوده و شست‌وشوی ملایم با سالین استریل یا محلول رقیق پوویدون آیوداین جهت آماده‌سازی موضع جراحی کافی است. استفاده از ضد عفونی‌کننده‌های قوی می‌تواند به لایه مخاطی و اپیتلیوم ظریف پوست آسیب وارد نماید. در طول جراحی، حفظ رطوبت بافت‌های پوستی و آبششی با به کارگیری پوشش‌های استریل پلاستیکی شفاف مرطوب و یا پمپاژ آب حاوی بیهوشی رقیق بر روی آبشش‌ها (مانند سیستم لوبرت-هارمز) الزامی است. محافظت از کره چشم در برابر نور شدید جراحی نیز بایستی مدنظر قرار گیرد [۱۰ و ۸].

نتیجه‌گیری

مدیریت اثربخش بیهوشی در آبزیان مستلزم توجه به مجموعه‌ای پیچیده از عوامل فیزیولوژیک، فارماکولوژیک و محیطی است. انتخاب عامل بیهوشی مناسب بر مبنای گونه، هدف جراحی، آماده‌سازی صحیح حیوان (شامل ناشتایی) و محیط (شامل اکسیژناسیون کافی آب، القا و ریکاوری)، و پایش مستمر و دقیق مراحل بیهوشی با استفاده از نشانگرهای بالینی (رفلکس‌ها، عملکرد تنفسی، مورفولوژی آبشش‌ها، پاسخ به محرک‌های درد) ارکان اساسی این فرآیند محسوب می‌شوند. رعایت این ملاحظات پیش‌بیهوشی نه تنها از منظر اخلاقی و رفاهی الزامی است، بلکه دقت یافته‌های پژوهشی، صحت تشخیص‌های پارازیتولوژیک و بالینی، و موفقیت اقدامات درمانی-جراحی را به‌طور معناداری بهبود می‌بخشد. با توجه به تنوع فوق‌العاده گونه‌ای و فیزیولوژیک در آبزیان، همواره می‌بایست پیش از اجرای پروتکل بیهوشی در یک گونه جدید، فرآیند با دوزهای محافظه‌کارانه آغاز شده و پاسخ حیوان به دقت تحت نظر قرار گیرد. آموزش اصولی پرسنل در زمینه آناتومی و فیزیولوژی گونه‌های هدف و روش‌های پایش بیهوشی نیز عاملی کلیدی در کاهش عوارض و ارتقای پیامدهای بالینی است.

منابع

1. Wildgoose, W.H. and British Small Animal Veterinary Association, 2001. BSAVA manual of ornamental fish. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association.
2. Fish, R.E. and American College of Laboratory Animal Medicine, 2008. Anesthesia and analgesia in laboratory animals. Amsterdam; Boston; London: Academic.
3. Jeney, G. and ScienceDirect, 2017. *Fish diseases: prevention and control strategies*. London, United Kingdom: Academic Press is an imprint of Elsevier.
4. Noga, E.J., 2010. *Fish disease: diagnosis and treatment*. Wiley-Blackwell.
5. Ross, L.G., 2001. Restraint, anaesthesia and euthanasia. In: *BSAVA Manual of Ornamental Fish*. 2nd ed. Edited by W.H. Wildgoose. Gloucester, England: British Small Animal Veterinary Association, pp. 75-83.
6. Pujol, J., Lamglait, B., Vanore, M., Rousseau, C. and Vergneau-Grosset, C., 2023. A post-operative follow-up of an endangered saltwater fish lensectomy for cataract management in a public aquarium: a case series. *Veterinary Sciences*, 10(10), p.611.

7. Minaz, M., Er, A., Ak, K., Kurtoglu, I.Z. and Kayis, S., 2024. Determining the appropriate concentration of an anesthetic mixture in three different fish species with the PROMETHEE decision model. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, p.1492769.
8. Harms, C.A. and Lewbart, G.A., 2000. Surgery in fish. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 3(3), pp.759-774.
9. Vergneau-Grosset, C. and Benedetti, I.C.C., 2022. Fish sedation and anesthesia. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 25(1), pp.13-29.
10. Schroeder, P., Lloyd, R., McKimm, R., Metselaar, M., Navarro, J., O'Farrell, M., Readman, G.D., Speilberg, L. and Mocho, J.P., 2021. Anaesthesia of laboratory, aquaculture and ornamental fish: Proceedings of the first LASA-FVS Symposium. *Laboratory Animals*, 55(4), pp.317-328.
11. Jones, M., Alexander, M.E., Snellgrove, D., Smith, P., Bramhall, S., Carey, P., Henriquez, F.L., McLellan, I. and Sloman, K.A., 2022. How should we monitor welfare in the ornamental fish trade?. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), pp.770-790.
12. Seeley, K.E., 2021. Clinical examination and diagnostic sampling. *Clinical guide to fish medicine*, pp.109-128.

A Review of Pre-anesthetic Considerations in Aquatic Animals: Clinical Principles and Practical Applications

Niloofar Seydi^{1*}, Seyyed Amir Panezvan²

1. Assistant professor, Department of clinical sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Dvm student, Department of clinical sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Razi University, Kermanshah, Iran

* nseydi@razi.ac.ir

Abstract

Safe anesthesia in aquatic animals—particularly in research, clinical diagnostics, surgery, and artificial propagation—requires a profound understanding of species physiology, pharmacology of anesthetic agents, and environmental parameters. This article reviews pre-anesthetic considerations, including appropriate agent selection (based on species, health status, and regional regulations), animal preparation (24-hour fasting, stress reduction), anesthetic monitoring (evaluation of reflex responses, opercular movements, gill morphology), and management of diverse surgical procedures (from biopsies to prolonged surgeries). Emphasis is placed on adapting protocols to the species diversity of aquatic animals and continuous monitoring of vital signs. Adherence to these principles not only ensures animal welfare but also enhances the accuracy of research outcomes and the success of therapeutic interventions.

Keyword(s) : Anesthesia; Aquatic Animals; Fish; Pre-anesthetic Considerations

Evaluation of the protective effects of *Spirulina* on acetaminophen-induced hepatotoxicity in koi fish (*Cyprinus carpio*) with a focus on oxidative stress indices

Mohamadmahyar Eshraghi¹, Mohamadreza Abdollahi Tabas², Sana Naseri^{3*}, Shayan Sarvghadi⁴

1. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Islamic Azad University, Garmsar, Iran

2. Private sector veterinarian, Kashmar, Iran

3. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Islamic Azad University, Garmsar, Iran

4. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Islamic Azad University, Garmsar, Iran

Abstract

Acetaminophen (APAP) is widely used for its antipyretic and analgesic properties but is associated with dose-dependent hepatotoxicity mediated by oxidative stress. This study aimed to evaluate the protective effects of *Spirulina platensis*, a cyanobacterium with potent antioxidant properties, against APAP-induced liver damage in *Cyprinus carpio* (koi fish), focusing on oxidative stress biomarkers and liver enzyme activities. Sixty healthy koi were randomly divided into five groups (n = 12): Group I (Control), receiving a standard basal diet; Group II (APAP), administered APAP orally at 100 mg/kg body weight for 7 consecutive days; Group III (*Spirulina* only), fed a diet supplemented with *Spirulina platensis* at 10 g/kg for 14 days; Group IV (*Spirulina* pre-treatment + APAP), fed *Spirulina*-supplemented diet for 14 days with APAP administered from day 8 to 14; and Group V (Concurrent *Spirulina* + APAP), receiving both *Spirulina* and APAP for the first 7 days, followed by *Spirulina* alone. At the end of the trial, serum levels of ALT, AST, and ALP were measured. Liver samples were frozen in liquid nitrogen, stored at -80°C, and analyzed for malondialdehyde (MDA), superoxide dismutase (SOD), and catalase (CAT) levels in an accredited laboratory. Statistical analysis using one-way ANOVA and Tukey's test (SPSS; p < 0.05) revealed that APAP significantly elevated liver enzymes and MDA while reducing SOD and CAT. *Spirulina* administration, especially as pre-treatment, significantly reversed these changes. These findings suggest that *Spirulina platensis* confers hepatoprotection in fish, likely via enhancement of antioxidant defenses.

Keywords : Acetaminophen, spirulina, hepatotoxicity, *Cyprinus carpio*

1. Introduction

The liver is a vital organ involved in the metabolism, detoxification, and excretion of various xenobiotics and endogenous compounds. Hepatotoxicity, induced by chemical substances such as pharmaceuticals, poses a significant threat to aquatic organisms and is a major concern in both environmental toxicology and aquaculture health management. Acetaminophen (paracetamol), a widely used over-the-counter analgesic and antipyretic drug, is known to cause dose-dependent hepatotoxicity in humans and experimental animals due to the formation of toxic metabolites and subsequent oxidative stress [1]. Although its presence in aquatic environments is less studied, emerging research has identified pharmaceutical pollutants, including acetaminophen, as contributors to sub-lethal toxicity in fish, potentially affecting their liver function and physiological homeostasis [2].

Oxidative stress is a key mechanism underlying acetaminophen-induced liver injury. The excessive generation of reactive oxygen species (ROS) overwhelms the antioxidant defense system, leading to lipid peroxidation, mitochondrial dysfunction, DNA damage, and ultimately

cell death [3]. Liver enzymes such as alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and alkaline phosphatase (ALP) serve as sensitive biomarkers of hepatic injury and are routinely measured to assess the extent of hepatocellular damage [4].

In recent years, there has been growing interest in the use of natural antioxidants as protective agents against drug-induced oxidative liver damage. *Spirulina platensis*, a blue-green microalga, is rich in bioactive compounds such as phycocyanin, β -carotene, vitamins, and essential fatty acids, and has been shown to possess potent antioxidant, anti-inflammatory, and hepatoprotective properties [5]. Several studies have reported that *Spirulina* supplementation can mitigate oxidative stress and improve liver function in various animal models of hepatotoxicity, including those induced by acetaminophen and other xenobiotics [6].

Given the increasing ecological exposure of aquatic organisms to pharmaceutical contaminants, and the potential utility of *Spirulina* as a functional dietary supplement in aquaculture, this study aims to evaluate the protective effects of *Spirulina* against acetaminophen-induced liver damage in koi fish (*Cyprinus carpio*). The study focuses on the assessment of oxidative stress biomarkers and liver enzyme levels to elucidate the ameliorative role of *Spirulina* in counteracting acetaminophen toxicity.

2. Material and methods

2.1. Experimental Animals and Husbandry

Sixty healthy juvenile koi fish (*Cyprinus carpio*), averaging 40–50 g in body weight and 10–12 cm in length, were procured from a certified aquaculture facility. Prior to the initiation of the experiment, fish were acclimatized for a period of 14 days in aerated 200-liter fiberglass tanks under controlled environmental conditions: temperature $22 \pm 2^\circ\text{C}$, dissolved oxygen >6 mg/L, and pH 7.5 ± 0.2 . A 12:12 h light-dark cycle was maintained throughout the study. During acclimation and throughout the experiment, fish were fed a commercial basal diet at 2% of their body weight per day, administered in two equal portions. Partial water renewal (30%) was conducted daily to ensure optimal water quality. All procedures were performed in accordance with institutional guidelines for the ethical treatment of animals in research.

2.2. Experimental Design and Group Allocation

Following acclimatization, fish were randomly assigned into five experimental groups ($n = 12$ per group) in a completely randomized design:

- Group I (Control): Fish received the standard basal diet without any treatment.
- Group II (Acetaminophen): Fish were administered acetaminophen orally at a dose of 100 mg/kg body weight once daily for 7 consecutive days.
- Group III (*Spirulina* only): Fish were fed a diet supplemented with *Spirulina platensis* at 10 g/kg feed for 14 days.
- Group IV (*Spirulina* pre-treatment + Acetaminophen): Fish received the *Spirulina*-supplemented diet for 14 days. Beginning on day 8, acetaminophen was administered for 7 consecutive days (days 8–14).
- Group V (Concurrent *Spirulina* + Acetaminophen): Fish received both *Spirulina*-supplemented diet and acetaminophen from day 1 to day 7, after which only *Spirulina* supplementation continued for the remaining 7 days.

The dosage of acetaminophen and spirulina in groups IV and V is the same as the dosage of groups II and III (respectively).

The *Spirulina*-supplemented diet was prepared by uniformly blending powdered *Spirulina platensis* into moistened commercial pellets, followed by air drying at room temperature.

2.3. Sampling Procedures

At the conclusion of the experimental period (day 15), fish were fasted for 24 hours and then anesthetized with buffered tricaine methanesulfonate (MS-222) at a concentration of 100 mg/L to minimize stress during handling. Blood samples were collected aseptically from the caudal vein using sterile heparinized syringes. Serum was separated by centrifugation at 4000 rpm for 10 minutes at 4°C and stored at -20°C for subsequent biochemical assays.

Following blood collection, fish were euthanized by prolonged immersion in an overdose of MS-222 (>300 mg/L). Livers were promptly excised under sterile conditions, rinsed in ice-cold phosphate-buffered saline (PBS), blotted dry, snap-frozen in liquid nitrogen, and stored at -80°C. Liver tissues were later transported on dry ice to a certified and accredited biomedical laboratory specializing in aquatic toxicology for analysis of oxidative stress biomarkers.

2.4. Biochemical Analyses

2.4.1 Hepatic Enzyme Assays: Serum levels of hepatocellular injury markers—alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and alkaline phosphatase (ALP)—were measured using validated standard enzymatic colorimetric methods according to established clinical chemistry protocols. Enzymatic activities were determined spectrophotometrically and expressed in units per liter (U/L).

2.4.2 Oxidative Stress Biomarker Assessment: To evaluate hepatic oxidative stress, the following indices were measured in homogenized liver tissue:

- **Malondialdehyde (MDA):** As a marker of lipid peroxidation, MDA was quantified using the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) method, with results expressed in nmol/mg protein.
- **Superoxide Dismutase (SOD):** Activity was determined based on the inhibition of pyrogallol auto-oxidation, and expressed as U/mg protein.
- **Catalase (CAT):** Activity was assessed via the rate of decomposition of hydrogen peroxide, and expressed as U/mg protein.

2.5. Statistical Analysis

All data are presented as mean $\pm$ standard deviation (SD). Statistical analysis was conducted using SPSS software (Version 25.0). Normality of data distribution was confirmed using the Shapiro-Wilk test. One-way analysis of variance (ANOVA) was performed to detect significant differences among groups, followed by Tukey's multiple comparison test as a post hoc analysis. A p-value of less than 0.05 was considered statistically significant.

3. Results and Discussion

The present study evaluated the hepatoprotective and antioxidative effects of *Spirulina platensis* against acetaminophen-induced liver toxicity in koi fish (*Cyprinus carpio*). Biochemical analyses revealed that exposure to acetaminophen significantly elevated the serum activities of alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and alkaline phosphatase (ALP) compared to the control group ($p < 0.05$), indicating marked hepatocellular damage (Table 1). Concurrently, hepatic malondialdehyde (MDA) levels—a biomarker of lipid peroxidation—were significantly increased, while the activities of key

antioxidant enzymes, superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), were notably diminished in the acetaminophen-treated group relative to controls ($p < 0.05$), reflecting the onset of oxidative stress (Table 2).

In contrast, fish administered *Spirulina platensis*, either as a prophylactic or co-treatment with acetaminophen, exhibited a significant reduction in serum liver enzyme levels and hepatic MDA content compared to the acetaminophen-only group ($p < 0.05$). Importantly, both SOD and CAT activities were significantly restored in these groups, suggesting a substantial modulation of the hepatic oxidative state. Notably, the pre-treatment regimen (*Spirulina* → Acetaminophen) resulted in greater biochemical normalization than the concurrent administration group (*Spirulina* + Acetaminophen), underscoring the superior efficacy of prophylactic application in mitigating hepatotoxic insult.

Table 1. Serum Liver Enzyme Activities (U/L) in Experimental Groups (Mean $\pm$ SD)

Group	ALT (U/L)	AST (U/L)	ALP (U/L)
control	21.3 $\pm$ 2.4 ^a	43.7 $\pm$ 3.1 ^a	58.4 $\pm$ 4.5 ^a
Acetaminophen	48.6 $\pm$ 4.9 ^c	91.2 $\pm$ 6.7 ^c	113.5 $\pm$ 7.8 ^c
<i>Spirulina</i>	22.1 $\pm$ 2.1 ^a	45.0 $\pm$ 3.5 ^a	59.7 $\pm$ 5.2 ^a
<i>Spirulina</i> → Acetaminophen	29.4 $\pm$ 3.2 ^b	60.8 $\pm$ 5.1 ^b	76.1 $\pm$ 6.3 ^b
<i>Spirulina</i> + Acetaminophen	33.0 $\pm$ 3.7 ^b	66.4 $\pm$ 4.8 ^b	84.9 $\pm$ 5.6 ^b

Different superscript letters (a, b, c) within each column indicate statistically significant differences ($p < 0.05$) according to one-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test.

Table 2. Hepatic Oxidative Stress Biomarkers in Experimental Groups (Mean $\pm$ SD)

Group	MDA(nmol/mg protein)	SOD(U/mg protein)	CAT(U/mg protein)
control	1.82 $\pm$ 0.14 ^a	12.5 $\pm$ 1.1 ^a	19.7 $\pm$ 1.6 ^a
Acetaminophen	4.36 $\pm$ 0.25 ^c	6.2 $\pm$ 0.8 ^c	10.3 $\pm$ 1.2 ^c
<i>Spirulina</i>	1.75 $\pm$ 0.11 ^a	12.9 $\pm$ 1.3 ^a	20.5 $\pm$ 1.7 ^a
<i>Spirulina</i> → Acetaminophen	2.51 $\pm$ 0.17 ^b	10.4 $\pm$ 1.2 ^b	15.8 $\pm$ 1.4 ^b
<i>Spirulina</i> + Acetaminophen	2.89 $\pm$ 0.21 ^b	9.1 $\pm$ 1.0 ^b	14.2 $\pm$ 1.5 ^b

Different superscript letters (a, b, c) within each column denote statistically significant differences ($p < 0.05$) as determined by one-way ANOVA followed by Tukey's multiple comparisons test.

These findings are consistent with the known mechanisms of acetaminophen hepatotoxicity, which involve the generation of reactive oxygen species (ROS), depletion of endogenous antioxidants, and lipid peroxidation, ultimately leading to hepatocellular injury. The observed hepatoprotective effects of *Spirulina* are likely mediated through its rich repertoire of bioactive constituents, including phycocyanin, phenolic compounds, and carotenoids, which are well-documented for their radical-scavenging and antioxidant enzyme-enhancing properties [7].

The *Spirulina*-only group exhibited biochemical profiles comparable to the control group across all measured parameters, confirming the non-toxic nature of *Spirulina platensis* at the administered dose and supporting its safety for dietary inclusion.

These findings are in line with earlier studies demonstrating the antioxidant and hepatoprotective capabilities of *Spirulina* in various models. For example, Sharoud (2015) [8] and Mahmoud et al. (2018) [9] reported similar protective effects against drug-induced hepatic oxidative stress in rats and Nile tilapia, respectively. The cross-species reproducibility of these outcomes reinforces the potential of *Spirulina* as a functional feed additive in aquaculture and potentially other animal health contexts.

4. Conclusion

The findings of this study demonstrate that *Spirulina platensis* significantly mitigates acetaminophen-induced hepatic injury in *Cyprinus carpio*, primarily through modulation of oxidative stress and restoration of antioxidant enzyme activity. Pre-treatment with *Spirulina* proved more effective than concurrent administration, highlighting its potential as a prophylactic dietary supplement for protecting liver function in aquatic species.

References

1. Lee, W.M., 2017. Acetaminophen (APAP) hepatotoxicity—isn't it time for APAP to go away?. *Journal of hepatology*, 67(6), pp.1324-1331.
2. Grădinaru, L., Dedi, L., Crețu, M., Grecu, I.R., Docan, A., Istrati, D.I., Dima, F.M., Stroe, M.D. and Vizireanu, C., 2024. The Antioxidant and Hepatoprotective Potential of Berberine and Silymarin on Acetaminophen Induced Toxicity in *Cyprinus carpio* L. *Animals*, 14(3), p.373.
3. Luo, G., Huang, L. and Zhang, Z., 2023. The molecular mechanisms of acetaminophen-induced hepatotoxicity and its potential therapeutic targets. *Experimental Biology and Medicine*, 248(5), pp.412-424.
4. Lala, V., Zubair, M. and Minter, D., 2023. Liver function tests. *StatPearls*.
5. El-Shall, N.A., Jiang, S., Farag, M.R., Azzam, M., Al-Abdullatif, A.A., Alhotan, R., Dhama, K., Hassan, F.U. and Alagawany, M., 2023. Potential of *Spirulina platensis* as a feed supplement for poultry to enhance growth performance and immune modulation. *Frontiers in immunology*, 14, p.1072787.
6. Mohamed, N.A., Hashem, M.A., Alzahrani, A.M., Abdel-Moneim, A.M. and Abdou, H.M., 2021. Hepatoprotective effect of *Spirulina platensis* against carbon tetrachloride-induced liver injury in male rats. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 73(11), pp.1562-1570.
7. Ramachandran, A. and Jaeschke, H., 2021. Oxidant stress and acetaminophen hepatotoxicity: mechanism-based drug development. *Antioxidants & redox signaling*, 35(9), pp.718-733.
8. Sharoud, M.N., 2015. Protective effect of *Spirulina* against paracetamol-induced hepatic injury in rats.
9. Mahmoud, M.M., El-Lamie, M.M., Kilany, O.E. and Dessouki, A.A., 2018. *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) supplementation improves growth performance, feed utilization, immune response, and relieves oxidative stress in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) challenged with *Pseudomonas fluorescens*. *Fish & shellfish immunology*, 72, pp.291-300.

Short-Term Cold Storage and Its Impact on *Tenebrio molitor* Growth Performance: Evaluating Resource-Efficiency for Sustainable Animal Feed Production

Raziye Rashidi Ilzoleh* and Vahid Akmalı

1. Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran,
rashidireprobio@gmail.com

2. Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran, v_akmalı@razi.ac.ir

Abstract

The rising global demand for sustainable protein sources has increased interest in using insects, particularly the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*), in animal feed. Known for its rich nutritional profile, including high protein and lipid content, *T. molitor* is used in poultry, aquaculture, and companion pet nutrition. However, industrial-scale production of mealworms faces challenges, particularly in maintaining synchronized growth and managing production flow. One potential solution is short-term cold storage (4°C), which can temporarily halt larval development without compromising long-term viability. This study investigates the effects of 4-week cold storage on the early-instar larvae of *T. molitor*. Key indicators, such as growth rate, developmental duration, and size and weight of the insect at different stages, were assessed. Results showed that cold exposure significantly reduced the larval period and body length, as well as adult lifespan. However, other parameters, such as larval weight, pupal weight, and beetle body weight, remained unaffected. These findings suggest that short-term cold storage can be used as an effective management strategy to optimize production, with minimal negative impact on the viability of larvae. The study highlights the potential of cold storage to manage surplus larvae and align production cycles with market demand, providing a viable tool for insect farming in commercial settings. While cold exposure affects certain developmental aspects, the overall impact on production efficiency remains modest, suggesting that cold storage can be integrated into commercial insect farming operations to maintain productivity and sustainability.

Keywords: Mealworm, Cold storage, Sustainable animal feed, Insect farming, Larval growth performance.

1. Introduction

The increasing global demand for sustainable, high-quality protein sources has driven interest in insect-based feed ingredients, particularly in commercial animal production systems. Among edible insect species, the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L., 1758; Coleoptera: Tenebrionidae) has gained substantial attention due to its rich composition of proteins, lipids, and essential nutrients [1-2]. This species has a complete life cycle consisting of four distinct stages: egg, larva, pupa, and adult. The duration of this cycle varies depending on environmental conditions such as temperature, humidity, and diet composition, and under optimal thermal conditions (25 to 30°C), it lasts between 3 to 4 months. The larvae, commonly known as mealworms, are highly valued due to their high nutritional content—especially their rich protein levels—and are widely used as feed for captive mammals, birds, reptiles, and amphibians [3]. These larvae have been widely utilized in the poultry and aquaculture industries. More recently, they have seen growing utilization in zoo animal management and companion pet nutrition due to their exceptional feed conversion ratios and high protein digestibility [4-5]. Their nutrient profile aligns well with the dietary requirements of poultry,

particularly in terms of amino acid composition and energy content [2]. Recent Studies have reported that insect-based diets can enhance broiler growth performance by over 3% and improve egg production in layers by more than 5% [6]. Additionally, mealworm farming offers significant environmental advantages, including reduced greenhouse gas emissions, lower water and land use, and minimal energy inputs compared to conventional livestock systems [7]. As the commercial production of *T. molitor* expands, there is increasing interest in developing practical storage solutions that support supply chain flexibility while maintaining larval viability and nutritional quality [8]. However, as ectothermic organisms, insects are sensitive to temperature changes, and cold storage can influence several physiological and developmental parameters. Prior studies have shown that exposure to low temperatures can delay development, reduce energy reserves, and increase mortality or deformities, particularly under starvation conditions or when storage exceeds 20 days [9-11]. Notably, these cold-induced effects vary based on larval size and developmental stage. Larger larvae tend to exhibit greater tolerance due to higher lipid and protein reserves, while smaller larvae are more vulnerable to prolonged cold stress [11-12]. Short-term storage of *T. molitor* larvae at refrigerator temperature can lead to an increase in mortality rate and a decrease in metamorphosis rate; however, it does not have a significant effect on fertility and reproductive parameters [13]. Despite the well-documented ecological and economic potential of *T. molitor*, large-scale production still faces challenges, particularly in the early developmental stages when larvae are highly sensitive to environmental conditions. A major concern in industrial insect farming is maintaining synchronized growth and managing production flow amid infrastructure limitations or unfavorable rearing conditions. Short-term cold storage (e.g., refrigeration at 4°C) has been proposed as a strategy to temporarily slow or halt larval development without compromising long-term viability. This approach could help manage rearing capacity, reduce overcrowding, and improve the timing of larval harvests. Therefore, this study aims to evaluate the impact of short-term refrigeration at 4°C for 4 weeks on early-instar *T. molitor* larvae, focusing on key performance indicators such as growth rate, developmental duration, and size and weight at various stages. The findings will assess the feasibility of using cold storage as a management tool in commercial insect farming for animal nutrition applications.

2. Materials and methods

1.2. Mealworm rearing and diet preparation

The *T. molitor* larvae were obtained from the Ecology laboratory at the Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah province, Iran. The insects were maintained at stable rearing conditions, i.e., continuous darkness, and 28 ± 1 °C, $65 \pm 5\%$ relative humidity, in a warm room equipped with a thermostat (VWR Environmental Chamber, Model No. 2020, Sheldon Manufacturing Company Inc., Cornelius, Oregon) [14]. Wheat bran was used as feed, and carrots were used as a source of moisture and vitamins. In this study, the effects of short-term cold exposure on the biological traits of *T. molitor* were examined using a completely randomized design with two main treatments and three replications per treatment. The control group (Treatment A) was continuously reared at an optimal temperature of 27 ± 1 °C, while the experimental group (Treatment B) was exposed to 4°C for four weeks before being returned to standard rearing conditions. Each replication included 30 age-synchronized larvae. Throughout the rearing period, key indicators such as initial and final body weight, food consumption, the feed conversion efficiency, larval development duration, and adult emergence time were recorded. To isolate the thermal effects, all other environmental

parameters - including relative humidity, photoperiod, and diet composition were rigorously controlled and maintained identically across all treatments.

2.2. Biological parameters

For experimental trials, we randomly selected 30 late-instar larvae (4th-6th instar stages) from the colony, ensuring uniform size distribution (mean weight $\pm$ SD: $X.X \pm X.X$ mg) to minimize developmental variability. Initially, the total weight of the larvae was measured, and they were subsequently transferred to new containers containing experimental feed, where they were maintained in a heated chamber [14]. The biological parameters evaluated included the duration of the larval stage from the beginning of the experiment, pupal stage duration, final weights of larvae, pupae, and adults, as well as adult lifespan. The duration of the larval stage for each larva was recorded from the start of the experiment until the onset of pupation. The pupal stage duration was measured by calculating the time from the emergence of the pupa to the emergence of the adult insect. To minimize the risk of cannibalism among pupae, individuals were carefully separated and transferred to individual containers immediately after pupation [15]. The lifespan of adults was determined from the time of emergence from the pupa until the last day of survival. The weight of all larvae at the final larval stage was measured, as well as the weight of pupae immediately after pupation and the weight of adult beetles after emerging from the pupal stage. All weights were recorded using a digital precision balance with an accuracy of 0.001 g. The collected data were analyzed using statistical methods to compare the treatments [14]. The recorded data were analyzed using SPSS software. Independent Samples t-test was used to compare the means of two independent groups.

3. Results and Discussion

Independent samples t-tests were conducted to compare the effects of short-term cold exposure on various developmental and morphological traits of the beetle species. The results showed a statistically significant reduction in the larval period in the cold-exposed group ($M = 82.66$, $SD = 7.40$) compared to the control group ($M = 88.07$, $SD = 6.13$), $t(178) = 5.34$, $p < .001$. Similarly, the larva body length was significantly shorter in the treatment group ($M = 2.19$ cm, $SD = 0.19$) than in the control group ($M = 2.33$ cm, $SD = 0.21$), $t(178) = 4.71$, $p < .001$. The beetle life span was also significantly reduced under cold exposure ($M = 51.14$ days, $SD = 10.65$) compared to controls ($M = 58.90$ days, $SD = 7.72$), $t(164) = 5.43$, $p < .001$. However, there were no statistically significant differences between groups in pupal period ($p = .738$), larval weight ($p = .075$), pupal weight ($p = .189$), beetle weight ($p = .550$), or beetle body length ($p = .079$). These findings suggest that short-term cold exposure significantly alters certain aspects of development and adult longevity, while having limited impact on others such as body mass and pupal development. The present study demonstrates that short-term cold exposure induces statistically significant alterations in several biological and physiological traits of *T. molitor* larvae. Specifically, reductions were observed in larval period, body length, and adult longevity. However, despite these statistical significances, the actual differences in mean values between control and treatment groups were modest. For instance, the larval period decreased by approximately 5.4 days, and larval body length reduced by 0.14 cm. These findings suggest that while cold exposure elicits measurable physiological effects, the magnitude of these changes may not be biologically critical under practical rearing conditions. Importantly, several parameters remained unaffected by cold exposure, including pupal period, larval weight, pupal weight, beetle weight, and beetle body length. This indicates a degree of physiological resilience in *T. molitor* larvae to short-term cold stress, supporting the viability

of cold storage as a management strategy in commercial rearing operations. A comparison with existing literature supports these findings. Previous research has shown that prolonged cold storage (over 20 days) increases mortality and causes developmental disruptions in *T. molitor* larvae, especially under starvation conditions [2]. Conversely, our short-term exposure did not result in such negative effects, which is consistent with studies indicating that refrigeration for limited periods does not significantly affect fertility or reproductive outcomes [13]. Additionally, another study found that *T. molitor* larvae can be kept alive at 10°C for up to 120 days with minimal impact on survival and development, provided that proper nutritional support is maintained [16]. This underscores the importance of storage duration and nutritional status in determining the outcomes of cold storage (Figure 1).

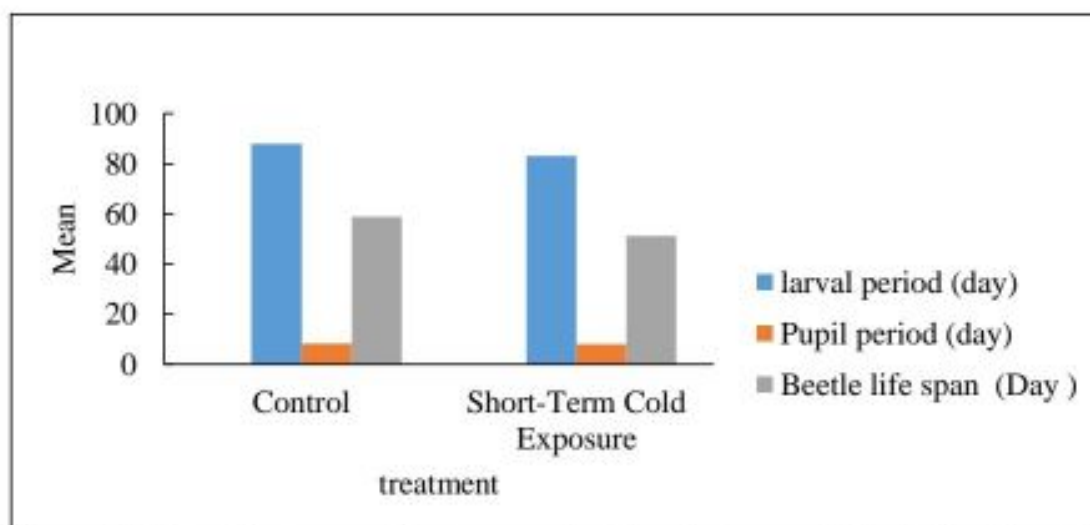


Figure 1. Effect of short-term cold storage on the life cycle (mean $\pm$ S.E.) of *Tenebrio molitor*.

4. Conclusion

This study shows that short-term cold exposure significantly reduces the larval period, body length, and adult lifespan of *T. molitor* larvae, without major impacts on pupal development or body mass. Cold storage effectively regulates growth and development in commercial insect farming, offering flexibility in rearing and harvest synchronization while maintaining larval quality. Integrating cold storage into rearing protocols supports the sustainable scaling of insect-based feed production, balancing ecological benefits with operational needs in poultry and aquaculture nutrition. Overall, short-term cold exposure is a practical tool for managing surpluses and aligning production cycles with market demands in mealworm farming.

References

- Adámková, A., Adámek, M., Mlček, J., Borkovcová, M., Bednářová, M., Kouřimská, L. & Vítová, E. (2017). 'Welfare of the mealworm (*Tenebrio molitor*) breeding with regard to nutrition value and food safety', *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11(1), pp. 460–465.
- Belhadj Slimen, I., Yecrou, H., Ben Larbi, M., M'Hamdi, N. & Najjar, T. (2023). 'Insects as an alternative protein source for poultry nutrition: a review', *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1200031.
- Kopecká, A., Kouřimská, L., Škvorová, P., Kurečka, M. & Kulma, M. (2024). 'Effect of Temperature on the Nutritional Quality and Growth Parameters of Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor* L.): A Preliminary Study', *Applied Sciences*, 14(6), 2610.
- Van Huis, A., van Isterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*, FAO Forestry Paper No. 171.

5. Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V. & Ankers, P. (2014). 'State-of-the-art on use of insects as animal feed', *Animal Feed Science and Technology*, 197, pp. 1–33.
6. Khalifah, A., Abdalla, S., Rageb, M., Maruccio, L., Ciani, F. & El-Sabrout, K. (2023). 'Could insect products provide a safe and sustainable feed alternative for the poultry industry: A comprehensive review', *Animals*, 13(9), 1534.
7. Oonincx, D. G. A. B. & de Boer, I. J. M. (2012). 'Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – A life cycle assessment', *PLOS ONE*, 7(12), e51145.
8. Sönmez, E. & Erilli, N. A. (2023). 'The effect of prolonged cold storage period and starvation on total lipid content and adult cannibalism of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)', *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(1), pp. 62–68.
9. Liu, F., Zhang, J., Yan, C. & Ma, L. (2014). 'Effects of temperature and photoperiod on *Tenebrio molitor* development', *Journal of Insect Physiology*, 65, pp. 30–34.
10. Sönmez, E. (2021). 'Effects of cold storage on developmental biology of *Tenebrio molitor* at different larval stages', *Türk Entomoloji Dergisi*, 45(2), pp. 269–278.
11. Sönmez, E. & Koç, A. (2019). 'Effects of low-temperature exposure on adult emergence and deformities in *Tenebrio molitor*', *Journal of Applied Entomology*, 143(9), pp. 901–908.
12. Graham, R. I., Grzywacz, D., Mushobozi, W. L. & Wilson, K. (2000). 'Larval size and survival of *Tenebrio molitor* after exposure to 4°C', *Biological Control*, 18(1), pp. 100–106.
13. Rashidi Ilzoleh, R. & Akmalı, V. (2024, September 9–11). 'Effect of short-term storage of *Tenebrio molitor* larvae at refrigerator temperature on reproductive parameters', *11th International Biology Conference*, University of Tehran, Tehran, Iran.
14. Rashidi Ilzoleh, R. & Akmalı, V. (2025). 'Comparative impact of seven bran diets on the growth, development and survival rate of *Tenebrio molitor* Linnaeus 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae', *Iranian Journal of Science and Technology Transactions A: Science*. (Accepted for publication)
15. Rashidi Ilzoleh, R. & Akmalı, V. (2023). 'Cannibalistic behavior of the yellow mealworm beetle (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758) under laboratory conditions', *Applied Biology*, 36(2), pp. 62–80.
16. Errico, S., Dimatteo, S., Moliterni, S. & Baldacchino, F. (2021). 'Effects of long-lasting cold storage on *Tenebrio molitor* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae)', *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(7), pp. 1111–1116

Molecular Insights into Androgen Regulation of Testicular Development During Sexual Maturation in Trout

Seyyed Amin Mortazavi^{1*}, Mehdi Golshan², Sajad Nazari³, Mostafa Ghaderi Zefrehei⁴

1. Animal science department, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kohgiluyeh and Boyerahmad, Iran, aminmrt1@gmail.com
2. Iranian Fisheries Research Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran., mahdigolshan@yahoo.com
3. Cold-Water Fishes Genetic and Breeding Research Center, Iranian Fisheries Research Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Yasouj, Iran, sajadnazari13@googlemail.com
4. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran, mosmos741@gmail.com

Abstract

This study aims to elucidate protein interactions (PPI) involved in the biosynthesis of androgen hormones within the testicular tissue of trout. In this regards, a DNA microarray data (accession number: GSE16030), was extracted from the GEO database using GeoQuery. Differentially expressed genes (DEGs) was obtained using LIMMA package, an add-on R package. Using DEGs the PPI network was reconstructed using the STRING database, and protein modules were identified using the MCODE extension. Enrichment analysis of DEGs revealed that the primary categories of active biological processes for most genes were cellular processes, metabolic processes, and responses to stimuli. Reconstruction of the PPI network identified intramodular genes *HSD3B*, *CYP11C1*, *CYP17A1*, *DMRT1*, and *STAR* as influential in the biosynthesis of androgen hormones in testicular tissue.

Keywords Trout, Androgen, DNA microarray, PPI network

1. Introduction

Androgens are natural or synthetic compounds that, by binding to androgen receptors, stimulate, control, develop, or maintain male characteristics in vertebrates [1]. The primary and most well-known androgen is testosterone. In fish, androgens promote the proliferation and differentiation of spermatogonia, as well as meiotic division and spermatogenesis [1]. The 11-Ketotestosterone, produced in the steroidogenesis pathway, is recognized as the principal androgen for reproduction in fish. Secreted by Leydig cells, 11-Ketotestosterone initiates spermatogonial divisions in mitosis by activating B and inhibits anti-Müllerian function, thereby initiating meiosis. Despite the extensive DNA microarray information available in the GEO database in the field of aquaculture, there has been limited research on the bioinformatics analysis of genes encoding hormones affecting maturation in aquatic species. Therefore, identifying DEGs and pathways is crucial and warrants investigation.

This research was conducted to deepen our understanding of the role and regulation of androgen hormones in the reproductive biology of fish, particularly focusing on the molecular mechanisms that govern testicular development and maturation. Androgens, such as testosterone and 11-Ketotestosterone, are crucial for the development and maintenance of male characteristics in vertebrates, including the promotion of spermatogonial proliferation, differentiation, and spermatogenesis in fish. Despite the availability of extensive genetic data

through technologies like DNA microarrays, there has been limited exploration into how specific genes and their pathways influence maturation in aquatic species. The motivation behind this study stems from the need to bridge this gap in knowledge. By employing advanced bioinformatics tools and methodologies, such as gene expression network analysis and gene set identification, this research aims to identify differentially expressed genes (DEGs) and their associated pathways. Understanding these genetic components and their interactions at the transcriptome level is essential for uncovering the hidden mechanisms that drive critical biological processes. This investigation not only enhances our comprehension of cellular processes influenced by androgen hormones but also holds potential for significant economic implications in aquaculture by improving reproductive efficiency and health in farmed fish. Through the use of comprehensive gene annotation and enrichment analysis, this study seeks to elucidate the complex interplay of genetic factors that contribute to reproductive success in fish, thereby offering insights that could lead to advancements in both scientific understanding and practical aquaculture applications.

2. Material and methods

DNA microarray data were extracted from the GEO database with accession number GSE160360 [2] using the GEOquery software package in R. Supplementary information related to the GSE16030 DNA microarray experiment is provided in Table 1. To identify DEGs in each tissue, samples were initially divided into three groups according to the experimental design: control (14 samples), testosterone injection (14 samples), and 11-Ketotestosterone injection (7 samples) [3]. DEGs were identified using the GEO2R tool on the GEO website (ncbi.nlm.nih.gov/geo/geo2r) with a significance level of 0.05 and the Benjamini and Hochberg method for correcting the P-value. DEGs were identified based on the logarithm of the fold-change of greater than one and a significance level of 0.05. After identifying and combining DEGs, ontology [4] and identification of related pathways were performed using the DAVID tool (<https://david.ncifcrf.gov>) with a threshold level of 0.01 [5]. Ontology was examined to identify the function of biological enrichment in three independent categories of biological processes. KEGG analysis was also used to identify associated pathways. Only ten ontology terms in three pathways of biological processes, cellular components, molecular function, and pathways with the lowest statistical significance were used for further analyses. Hub gene classification based on biological processes was performed using the Panther online software (<http://pantherdb.org/geneListAnalysis.do>) [6].

To investigate the interactions between the DEGs in the network, the STRING tool (<https://string-db.org>) was used to reconstruct the PPI network [7]. Relationship pairs with a score higher than 0.07 were extracted, and unrelated genes in the network were hidden. Cytoscape software was used to graphically plot the network. Gene association classification and identification of important gene modules were performed using the MCODE plugin [8]. The selection criteria for protein modules were determined as follows: MCODE scores > 2 and number of nodes > 5. MCODE scores > 5, cut degree = 2, node cut score = 0.2, maximum depth = 100, and k-score = 2. The significance level of the p-value was considered to be 0.05.

Test	Tissue	Species	Platform	Number of arrays*
GSE16030	Trout	testis	AGENAE_TroutGeneric2_9216	35 (7/14/14)

*Number (control/testosterone injection/11-Ketotestosterone injection)

3. Results and Discussion

The PPI network resulting from the DEGs in the GSE16030 study is depicted in Figure 1. The reconstructed PPI network was sparse, with no interactions found for most of the DEGs.

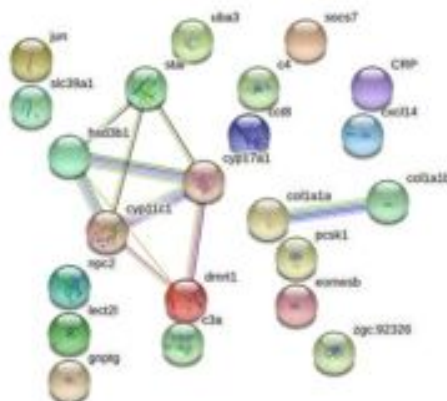


Figure 1: PPI network of DEGs caused by androgen hormone on testicular tissue. Circles represent genes (proteins), and lines represent connections and relationships

According to the two groups (control-testosterone and control-11-Ketotestosterone), the number of DEGs (53 unique genes and 16 common genes) was relatively low (76). This could be due to the specific grouping of samples and the type of platform used in generating DNA microarray data (AGENAE_TroutGeneric2_9216) and the GPL3650 platform. Additionally, the criteria considered for identifying DEGs (corrected P-value > 0.05 and log of the fold change > 1) could also affect the number and type of these genes. Other factors include the percentage of matching between annotation information and probe mapping to the gene. In the case of GSE16030 data, about 60% of the probes did not have gene annotation information, so their gene expression information was removed from the final matrix. The number of deletions will be effective in identifying DEGs. Figure 2 shows the metabolic pathway resulting from the DEGs (both treatment comparisons (11-Ketotestosterone)) and the gene enrichment in the category of biological processes due to the effect of androgen hormone on testis tissue in trout. Similar results were obtained for the metabolic pathways of the common genes between the two treatment comparison groups. However, no metabolic pathways were obtained for the genes unique to the control-testosterone treatment group.

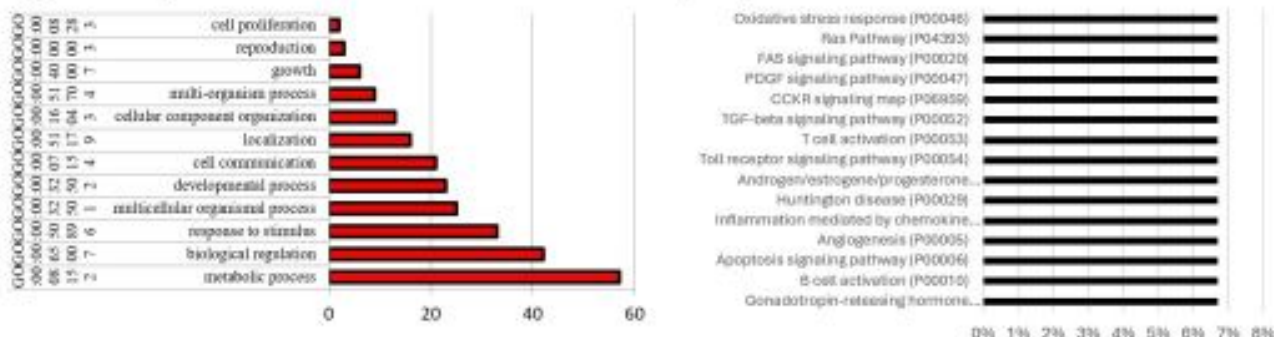


Figure 2: Metabolic pathway (right) and enrichment (left) in the category of biological processes identified by DEGs due to the effect of androgen hormone on the testis

As illustrated, all pathways are present in the same proportion, and the androgen biosynthesis pathways, apoptosis signaling pathway, beta and T cell activation, CCKR signaling map, FAS and PDGF signaling, TGFB and Toll receptor pathways; inflammation by chemokine-cytokines and gonadotropin hormones, Huntington's disease, and response to oxidative stress are among the metabolic pathways affecting testicular cells under the influence of androgen hormones in salmonids. Most of the unique and common genes in the biological process category were active in the cellular, metabolic, and biological regulatory processes categories. However, for all DEGs, the response to stimuli category was considered among the most enriched categories. Considering that the main data of this study, GSE16030, were conducted on testicular cells in early puberty of trout (high mitotic and meiotic activity to reach sexual maturity and tissue development of testicular cells), the significance of metabolic pathways and biological processes can be justified. In metabolic pathways, the androgen biosynthesis pathways, apoptosis signaling pathway, B and T cell activation, CCKR signaling map, FAS and PDGF signaling, TGFB and Toll receptor pathways; inflammation by chemokine-cytokines and gonadotropin hormones, and response to oxidative stress are active. Activation or increased activity of genes in the mentioned pathways due to androgen hormone treatment in trout indicates an increase in metabolic activities due to cell proliferation and the need of testicular cells to consume energy to produce these types of cells. Since the biological processes category also included cellular metabolic processes and responses to stimuli, these results in the metabolic pathways category indicate the need for increase in the body's basal metabolism to compensate for these processes. Considering the severe metabolic pressure on testicular tissue cells for proliferation and energy requirements, the presence of immune cell groups and related metabolic pathways, such as B and T cell activation and inflammatory response mediated by chemokines and cytokines, can be partially justified. Since the activated metabolic pathway is another gonadotropin hormone receptor pathway, it may be possible to understand the significance of the PDGF pathway. The activation of the RAS pathway is also justified, given that this pathway represents the transmission of messages from the extracellular space to the nucleus for cell growth, proliferation, and differentiation. Since this study showed that the activation of the aforementioned signaling pathways is essential for the biosynthesis of androgen hormones and cell proliferation and differentiation, the metabolic pathways of B and T cells also indicate that these cells are proliferating when they generate immune cells, which can be partly explained by the activation of programmed cell death, accompanied by the degradation and loss of some testicular cells. *CYP11C1* is a gene encoding the enzyme 11-beta-hydroxylase and is mainly expressed in Leydig cells in the testis and anterior interstitial cells of salmon [9]. *CYP11C1* is responsible for the catalysis of testosterone to 11-alpha-beta-hydroxytestosterone and also the catalysis of 11-deoxycortisol to cortisol. Zheng et al. (2020) showed that *CYP11C1* is important for testicular development and the initiation of spermatogenesis [9]. *CYP11C1* also plays an important role in the production of 11-ketotestosterone and cortisol.

4. Conclusion

In conclusion, this study provides valuable insights into the molecular mechanisms underlying androgen regulation of testicular development during sexual maturation in trout. By leveraging DNA microarray technology and advanced bioinformatics tools, we have identified key DEGs and pathways that play crucial roles in the reproductive processes of fish. The identification of genes such as *HSD3B*, *CYP11C1*, *CYP17A1*, *DMRT1*, and *STAR* highlights their significance in androgen biosynthesis and testicular tissue development. Understanding

these genetic components and their interactions not only enhances our knowledge of cellular processes influenced by androgen hormones but also offers potential economic benefits for aquaculture by improving reproductive efficiency and health in farmed fish. This research underscores the importance of integrating bioinformatics with traditional biological studies to uncover hidden mechanisms and advance both scientific understanding and practical applications in aquatic species management. Future studies should aim to validate these findings through laboratory techniques such as RT-PCR, paving the way for the development of biomarkers for sexual maturation traits in trout and other farmed fish species.

References

- 1) Schulz, R. W., Taranger, G. L., Bogerd, J., Nijenhuis, W., Norberg, B., Male, R., and Andersson, E., 2019. Entry into puberty is reflected in changes in hormone production but not in testicular receptor expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Reproductive Biology and Endocrinology*, 17(1), 48.
- 2) Davis, S., and Meltzer, P. S., 2007. GEOquery: a bridge between the Gene Expression Omnibus (GEO) and BioConductor. *Bioinformatics*, 23(14), 1846-1847 .
- 3) Crespo, D., Bogerd, J., Sambroni, E., LeGac, F., 2019. The initiation of puberty in Atlantic salmon brings about large changes in testicular gene expression that are modulated by the energy status. *BMC Genomics*, 20(1), 475.
- 4) Ashburner, M., Ball, C. A., Blake, J. A., Botstein, D., Butler, H., Cherry, J. M., Davis, A. P., Dolinski, K., Dwight, S. S., Eppig, J. T., Harris, M. A., Hill, D. P., Issel-Tarver, L., Kasarskis, A., Lewis, S., Matese, J. C., Richardson, J. E., Ringwald, M., Rubin, G. M., and Sherlock, G. 2000. Gene ontology: tool for the unification of biology. The Gene Ontology Consortium. *Nature Genetics*, 25(1), 25-29.
- 5) Huang, D. W., Sherman, B. T., and Lempicki, R. A., 2009. Systematic and integrative analysis of large gene lists using DAVID bioinformatics resources. *Nature Protocols*, 4(1), 44-57.
- 6) Mi, H., Huang, X., Muruganujan, A., Tang, H., Mills, C., Kang, D., and Thomas, P. D., 2017. PANTHER version 11: expanded annotation data from Gene Ontology and Reactome pathways, and data analysis tool enhancements. *Nucleic Acids Research*, 45(D1), D183-D189. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw1138>
- 7) Jensen, L. J., Kuhn, M., Stark, M., Chaffron, S., Creevey, C., Muller, J., Doerks, T., Julien, P., Roth, A., Simonovic, M., Bork, P., and von Mering, C. 2009. STRING 8--a global view on proteins and their functional interactions in 630 organisms. *Nucleic Acids Research*, 37(Database issue), D412-D416. <https://doi.org/10.1093/nar/gkn760>.
- 8) Bader, G. D., and Hogue, C. W. V., 2003. An automated method for finding molecular complexes in large protein interaction networks. *BMC Bioinformatics*, 4, 2-2. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-4-2>
- 9) Zheng, Q., Xiao, H., Shi, H., Wang, T., Sun, L., Tao, W., Kocher, T.D., Li, M., Wang, D. 2020. Loss of Cyp11c1 causes delayed spermatogenesis due to the absence of 11-ketotestosterone. *Journal of Endocrinology*, 244: 487 - 499.

"به نام خدا"

بیانیه پایانی یازدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین‌المللی علوم دامی ایران

باسپاس به درگاه خداوند متعال و قدردانی از برنامه‌ریزی‌ها و تلاش‌های مؤثر برگزارکنندگان کنگره به استحضار می‌رساند:

یازدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین‌المللی علوم دامی ایران در روزهای ۲۶ و ۲۷ شهریورماه ۱۴۰۴ توسط انجمن علوم دامی ایران و گروه مهندسی علوم دامی دانشگاه رازی کرمانشاه و با همکاری دستگاه‌های آموزشی، پژوهشی و اجرایی مرتبط با علوم دامی، تولیدکنندگان و حامیان، و با مشارکت اعضای هیات علمی، دانشجویان و پژوهشگران دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، کارشناسان و متخصصان در کهن‌دیوار کرمانشاه برگزار گردید. با توجه به موارد مطرح شده در سخنرانی‌ها و مقاله‌های مختلف ارائه شده، مباحث کارشناسی و هم‌اندیشی‌های انجام شده، و بررسی وضعیت موجود در بخش دامپروری کشور، موارد ذیل به منظور افزایش بهره‌وری پرورش دام و طیور و پایداری توسعه و امنیت غذایی پیشنهاد گردید:

۱- آمار واردات نهاده‌های دامی و گوشت قرمز در طی سال‌های اخیر و روند افزایشی آن علاوه بر خروج سالیانه مبالغ متناهی از منابع محدود ارزی کشور، بیانگر وضعیت هشدار در خصوص پایداری تولیدات و امنیت غذایی در کشور است و نیاز به بررسی جدی این چالش و تجدید نظر در راهکارها دارد.

۲- با توجه به نقش آمار درست در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و پیش‌بینی تولیدات و تفاوت‌های قابل توجه بین آمارهای اعلام شده توسط دستگاه‌های مرتبط، ضرورت راستی‌آزمایی آمارهای مربوط به جمعیت‌های دامی و تولیدات آن‌ها و همچنین مشخص نمودن یک دستگاه به عنوان متولی اصلی آمار و مبنا قرار گرفتن آمارهای آن دستگاه مورد تاکید قرار گرفت.

۳- با توجه به مسیر طی شده در دهه‌های اخیر در خصوص متمرکز نمودن عمده منابع و پشتیبانی‌ها در توسعه واحدهای پرورشی صنعتی و عدم توجه به توانمندی‌های بخش‌های غیر صنعتی، لزوم تجدید نظر در راهکارها و رویکردهای توسعه دام و طیور و در اولویت قرار دادن استفاده از ظرفیت‌های قابل توجه و فراموش شده این بخش در راستای تولید پایدار محصولات مورد نیاز، رفع ناترازی‌ها و پایداری امنیت غذایی ضروری است.

۴- با توجه به ظرفیت‌های استفاده نشده در بخش‌های غیر صنعتی، منابع خوراکی موجود در کشور، مسائل و چالش‌های محیط زیستی و آب، تجدید نظر در توسعه واحدهای صنعتی بزرگ مقیاس مبتنی بر نهاده‌های وارداتی به منظور کاهش آسیب‌های ناشی از این رویکرد پیشنهاد می‌گردد.

۵- با توجه به روند افزایشی خروج ارز از کشور جهت واردات نهاده‌ها و گوشت قرمز پیشنهاد می‌گردد معادل ریالی حداقل ۱۰٪ از این ارز خروجی به منظور افزایش بهره‌وری و استفاده برنامه‌ریزی شده از ظرفیت‌های بالقوه کشور جهت تامین پایدار محصولات مورد نیاز اختصاص یابد.

۶- ترویج و تسهیل استفاده از محصولات فرعی و بقایای کشاورزی و صنایع غذایی به صورت برنامه‌ریزی شده و با استانداردهای لازم، و ایجاد ساختار قانونی و تخصصی لازم به منظور جلوگیری از تداخل‌های غیر تخصصی مورد تاکید قرار گرفت.

۷- با توجه به جایگاه بخش دامپروری در ایجاد امنیت غذایی، اشتغال‌زایی، تولید ثروت، ظرفیت این بخش در جذب کارشناسان و نیروهای متخصص و همچنین فعال بودن تعداد قابل توجهی کارشناس در این بخش به صورت غیر دولتی، وجود یک شکل صنفی تخصصی و فعال (همانند نظام مهندسی دامپروری) به منظور دفاع از حقوق صنفی کارشناسان علوم دامی و جلوگیری از تداخل‌های غیر تخصصی در امور پرورشی و آسیب‌های ناشی از آن بسیار ضروری است.

۸- پیشنهاد می‌گردد یک روز به عنوان روز دامپرور به منظور ارج نهادن به خدمات دامپروران و کارشناسان دامپروری در تقویم کشور تعیین گردد.

۹- به مشارکت گرفتن جدی و عملی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و علمی در سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها، حل مشکلات و چالش‌های بخش دامپروری، تعیین راه‌کارها و رویکردهای توسعه‌ای با توجه به تاکیدهای مکرر ریاست محترم جمهور در این زمینه از ضرورت زیادی برخوردار است.

با احترام

۲۷ شهریور ماه ۱۴۰۴

یازدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین‌المللی علوم دامی ایران