

"مقاله پژوهشی"

تأثیر ترکیب اسید چرب جیره بر عملکرد رشد و برخی آنزیم‌های هپاتوپانکراسی در شرایط استرس دمایی و کاهش اکسیژن در میگوی سفید (*Litopenaeus vannamei*) غربی

سمیرا مبارکی^۱، نرگس جوادزاده^{۱*}، حدیده معبودی^۱، محمود حافظیه^۲، مژگان خدادادی^۱

۱- گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۲

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثر ترکیب اسید چرب جیره بر عملکرد رشد و برخی آنزیم‌های هپاتوپانکراسی در شرایط استرس دمایی و کاهش اکسیژن در میگوی سفید غربی بود. بدین منظور ۲۷ تانک با حجم ۳۰۰ لیتر با تراکم ۱۵ عدد میگو با ۳ نوع جیره غذایی و تحت ۳ تیمار استرس (۱: بدون چالش استرس‌های محیطی؛ ۲: با استرس کاهش اکسیژن (۱±۲ میلی‌گرم در لیتر)؛ ۳: با استرس افزایش دما (۲±۳۶ درجه سانتی‌گراد) مورد آزمایش قرار گرفتند. پس از پایان دوره آزمایش، بیشترین میزان بقا در تیمارهای ۱ و ۳ به ترتیب به میزان ۹۱/۱۱ و ۸۶/۶۷ درصد بود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که مصرف جیره غذایی ۱ در مقایسه با جیره غذایی ۲ به میزان ۹۰ درصد بازماندگی از خود نشان داد. نرخ رشد ویژه در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت، به طوری که بیشترین نرخ آن در تیمار ۱ و کمترین آن در تیمار ۲ به دست آمد (۰/۰۵ < p). بررسی نتایج سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در روزهای مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود نداشت (p > ۰/۰۵). نتایج حاصل از بررسی میزان آنزیم‌های آسپارات آمینوترانسفراز (AST) در تیمارهای مختلف نشان داد که بین میزان آنزیم AST در جیره‌های غذایی مختلف قبل از اعمال استرس و پس از اعمال استرس‌های محیطی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p < ۰/۰۵). در میگوهای تغذیه شده با جیره غذایی ۲، میزان آنزیم در زمان بروز استرس افزایش دما (IUL) ۲۸۵/۱۷±۸۳/۷ بیشترین افزایش را در میزان تیر آنزیم AST نشان داد که میزان آن بیش از ۳ برابر میزان آنزیم در شرایط قبل از استرس بود. براساس نتایج به‌دست‌آمده، میزان آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) در میگوهای تغذیه شده با جیره‌های غذایی ۲ و ۳ افزایش یافت. همچنین نتایج اندازه‌گیری این آنزیم در تیمارهای مختلف با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌دار بود (p < ۰/۰۵). در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری نمود که میگوهای تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۷/۰۲ درصد چربی کل، مجموع اسیدهای چرب اشباع به میزان ۵ گرم در ۱۰۰ گرم غذا و مجموع اسیدهای چرب غیراشباع به میزان ۱۳ گرم در ۱۰۰ گرم غذا در شرایط نامطلوب محیطی دارای میزان بازماندگی و رشد ویژه بالاتری بودند.

کلمات کلیدی: اسید چرب، رشد، بقا، استرس محیطی، میگوی سفید غربی

مقدمه

در دهه های اخیر، آبی پروری بخش مهمی از صید جهانی را جهت تولید پودر و روغن ماهی به خود اختصاص داده است تا غذای مورد نیاز آبزیان پرورشی را تأمین نماید (Naylor et al., 2000). پرورش میگو به عنوان یکی از فعالیت های مهم آبی پروری در جهان در حال توسعه و گسترش است. استفاده از گونه های غیربومی به منظور افزایش تولیدات غذایی در سطح جهان رو به افزایش است، که از جمله این گونه ها می توان به پرورش میگوی لیتوپنئوس وانامی اشاره نمود. این میگو با نام علمی *Litopenaeus vannamei* و نام عمومی میگو سفید غربی به طور طبیعی در سواحل خلیج مکزیک، مرکز و جنوب آمریکا و جنوب پرو یافت می شود. این گونه یکی از گونه های مهم اقتصادی میگو در جهان محسوب می گردد. لیتوپنئوس یکی از جنس های خانواده پنائیده است که شامل گونه های زیادی بوده و در آبی پروری دارای ارزش اقتصادی بالایی است (Saoud et al., 2003).

غذا یکی از مهم ترین نهاده های زنجیره تولید میگو است که علاوه بر اثرگذاری مستقیم بر روی کمیت و کیفیت تولید، بیش از نیمی از هزینه ها را به خود اختصاص می دهد (Lucien-Brun and Vodál, 2006). امروزه مشخص شده است که یکی از دلایل بروز مشکلات در تولید آبزیان، کیفیت نامناسب غذا و ضعف در مدیریت تغذیه است. استفاده از ترکیبات بی کیفیت در جیره غذایی از جمله استفاده از پودر ماهی بی کیفیت و روغن ماهی نامطلوب و یا جایگزین کردن آنها با سایر پروتئین های گیاهی تأثیر مستقیمی بر بافت هپاتوپانکراس دارد. زیرا در اغلب موارد این پودرها و یا روغن ها به صورت محلی و غیر بهداشتی تهیه می شوند

و برای تولید آنها از مواد خامی استفاده می شود که در شرایط خوبی نگهداری نشده و لذا pH آنها پایین است و حاوی ترکیباتی هستند که در نتیجه اکسیداسیون چربی ها حاصل می شود (Lucien-Brun and Vodál, 2006). به طور کلی در تهیه جیره های خشک آبزیان پرورشی، چربی ها از منابع مختلفی تأمین می شوند که این امر باعث به وجود آمدن میزان اسیدهای چرب مختلف با پروفایل های متفاوت در ترکیب جیره غذایی شده و بر سلامت و رشد آنها اثرات متعدد و گوناگونی خواهد داشت (Chen et al., 20014; An et al., 2020).

اسیدهای چرب یکی از اجزای مهم سازنده چربی های جیره هستند که مسئول رشد و مکانیزم های فیزیولوژیکی ضروری مرتبط با فرآیند بقا در آبزیان می باشند. اسیدهای چرب ضروری به خصوص اسیدهای چرب پلی انوئیک بلند زنجیره (تعداد کربن > ۲۰) و اسیدهای چرب ضروری امگا ۳ نقش مهمی را در تغذیه میگوها ایفا می کنند (Chen et al., 2014). نتایج تحقیقات نشان داده است که نیاز گونه های مختلف میگوهای خانواده پنائیده به اسیدهای چرب موجود در جیره غذایی متفاوت است (Ebadi et al., 2021). میزان اسیدهای چرب غیراشباع مورد نیاز در جیره غذایی میگوی وانامی پرورش یافته در شوری ppt ۲۵ حدود ۱۰-۵۰ گرم در هر کیلوگرم غذا است (Zilli et al., 2007). آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) آنزیم هایی هستند که در انتقال گروه های آمینه از یک اسید آمینه خاص به اسید آمینه دیگر نقش دارند. معمولاً، عملکرد آنزیم های ALT و AST به عنوان شاخص سلامت اندام هپاتوپانکراس مورد ارزیابی قرار می گیرد و تیر بالای

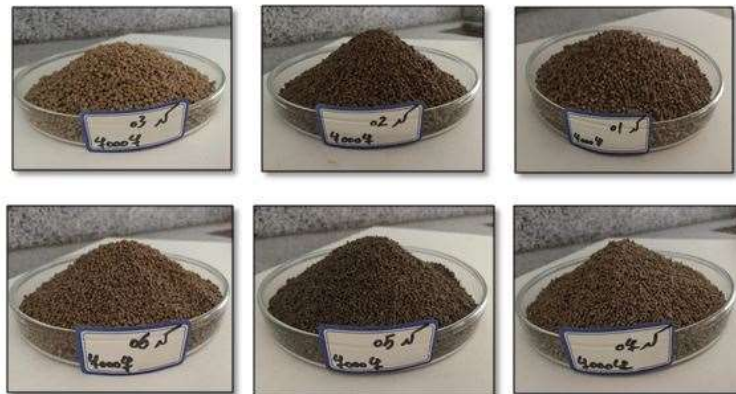
که در میگوهای لیتوپنئوس وانامی تغذیه شده با غذاهای تجاری و در شرایط پرورش استرس اسمزی، میزان بالایی از اسیدهای چرب اشباع نشده DHA (دگزا پنتوئیک اسید) و EPA (اگزا پنتوئیک اسید) به میزان ۱۷-۳۰ درصد در بافت هیپاتوپانکراس تجمع می‌یابد. همچنین مشخص شد که میگوی وانامی از اسیدهای چرب غیراشباع برای تأمین انرژی متابولیکی خود استفاده می‌کند. در این مطالعه فرض بر این بود که ترکیبات مختلف اسید چرب به کار گرفته شده در جیره غذایی میگو بر رشد و میزان آنزیم‌های هیپاتوپانکراسی در شرایط استرس محیطی موثر است. لذا هدف از این مطالعه بررسی اثر ترکیب اسید چرب جیره بر رشد، بقا، و آنزیم‌های هیپاتوپانکراسی در شرایط استرس دمایی و کاهش اکسیژن در میگوی سفید غربی بود.

مواد و روش‌ها

پس از انجام بررسی‌های میدانی، ۶ نمونه غذای تجاری از مزارع پرورش میگوی استان بوشهر جمع‌آوری گردید. ۳ نمونه از این غذاهای تجاری غذاهایی بودند که در سال‌های گذشته در پرورش میگو مورد استفاده قرار گرفته بودند و میگوها با تغذیه از آنها دچار عوارض هیپاتوپانکراسی شده بودند و ۳ نمونه دیگر از غذاهایی انتخاب شدند که در طول مرحله پرورش در میگوها باعث هیچ‌گونه عارضه در بافت هیپاتوپانکراس نمی‌شدند (شکل ۱). مواد غذایی که در این پژوهش به عنوان مواد اولیه در تهیه جیره‌های غذایی مورد استفاده قرار گرفتند، در جدول ۱ ارائه شده است.

این آنزیم‌ها نشان‌دهنده آسیب عملکرد طبیعی هیپاتوپانکراس است. هیپاتوپانکراس در سخت‌پوستان عملکرد مشابهی با کبد در مهره‌داران دارد (Pan *et al.*, 2003). آنزیم‌های ALT و AST از آنزیم‌های بسیار مهم و کلیدی در فعالیت‌های متابولیتی سخت‌پوستان هستند و در بافت هیپاتوپانکراس، عضله و آبشش آن‌ها وجود دارد (Goddard, 1996). آنزیم‌های ALT و AST شاخص‌هایی برای تشخیص عملکرد و میزان آسیب هیپاتوپانکراس محسوب می‌شوند (Phillips *et al.*, 1977). در ماهیان از اندازه‌گیری این آنزیم‌ها در مطالعات مربوط به ارزیابی آلاینده‌های فلزات سنگین، سموم دفع آفات نباتی و استرس‌های مربوط به افزایش دما، کاهش اکسیژن، کمبود غذا، آمونیاک و نیتريت و حتی در پایش برخی از بیماری‌ها استفاده می‌شود. از این آنزیم‌ها برای بررسی اثرات سموم دفع آفات نباتی در میگوی سفید غربی نیز استفاده شده است (Lovet and Felder, 1990).

Qiu و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر استرس ناشی از کاهش شدید دما و بروز استرس‌های اکسیداتیو در میگوی سفید غربی دریافتند که قرار گرفتن میگوها در شرایط دمایی غیر بهینه به مدت ۳ ساعت باعث افزایش چشمگیر اثرات ناشی از استرس‌های اکسیداتیو و نیز اکسیداسیون لیپیدها می‌شود. در مطالعه انجام شده توسط Deniss و Diaz (۲۰۰۱) بر روی اثر غلظت‌های مختلف اکسیژن بر انرژی فیزیولوژیک میگوی آبی *Litopenaeus stylirostris* مشخص گردید که چنانچه میگو در شرایط کمبود اکسیژن قرار بگیرد، دامنه رشد آن بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. Chen و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی اثر متابولیسم لیپیدها در میگوی سفید غربی در شوری‌های مختلف نشان دادند



شکل ۱: نمونه های غذای تجاری مورد استفاده جهت تغذیه میگوی سفید غربی

جدول ۱: منابع تهیه مواد غذایی برای ساخت جیره های آزمایشی جهت تغذیه میگوی سفید غربی

منبع	مواد غذایی
پارس کیلکا	پودر کلیکا
پارس کیلکا	پودر متو
پارس کیلکا	پودر ساردین
شرکت هورراش	آرد میگو
کارخانه خوراک دام مازندران	لیستئین سویا
پارس کیلکا	روغن ماهی
شرکت هورراش	گلوتن
شرکت کیمیا رشد	ویتامین E
شرکت Merck آلمان	کلسترول
شرکت Merck آلمان	سلولز
شرکت VDS نروژ	آنتی اکسیدان
شرکت VDS نروژ	ضد قارچ
شرکت VDS نروژ	پرمیکس ویتامینی
شرکت VDS نروژ	پرمیکس مواد معدنی

مدت دو دقیقه انجام گرفت. سپس به مخلوط فوق مجدداً ۱۰۰ میلی لیتر کلروفورم اضافه شد و عمل یکنواخت سازی با مخلوط کن ۳۰ ثانیه دیگر ادامه یافت. بعد از افزودن ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به مخلوط، عمل

۱۰۰ گرم از غذای میگو همراه با مخلوطی از حلال های کلروفورم و متانول به نسبت ۲:۱ (۱۰۰ سی سی کلروفورم و ۲۰۰ سی سی متانول)، در مخلوط کن به صورت یکنواخت در آورده شد و عمل هموژنیزه کردن به

جوش استفاده گردید تا حالت ژلاتینه شدن خمیر شکل بگیرد. میزان چسبندگی خمیر در طی فرایند مخلوط کردن به تدریج بیشتر شد. در پایان مواد یکدست شده و قوام لازم را به دست آورد، به طوریکه به راحتی از چرخ گوشت عبور می نمود. بعد از تبدیل شدن خمیر به رشته‌های با طول ۱۰ سانتی متر، آن‌ها را در سینی‌های فلزی بزرگ که به همین منظور آماده شده پهن کرده و سپس در آون (Memert UN400 C, Germany) با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۸ ساعت خشک شدند. جیره‌های غذایی موردنظر پس از آماده‌سازی برای حصول اطمینان از کیفیت و ترکیب تقریبی به آزمایشگاه شرکت هووراش - بوشهر منتقل شده و میزان پروتئین خام با استفاده از روش کلدال (مدل k1100، شرکت فرا آزما، ایران)، چربی خام با استفاده از سوکسله (Soxtec مدل SE416) ساخت شرکت Gerhardt (آلمان) و رطوبت، خاکستر نیز به روش ارائه شده توسط AOAC (۱۹۹۵) اندازه‌گیری شد.

مشخصات جیره‌های آزمایشی

سه نوع غذای پایه که فقط در میزان بالانس اسیدهای چرب با همدیگر متفاوت هستند، مطابق با جدول ۲ تهیه گردید. سپس جیره‌های آزمایش مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج آنالیز ترکیبات جیره‌های آزمایش بر اساس درصد رطوبت و درصد ماده خشک در جدول ۳ آورده شده است. همچنین جیره‌های غذایی آزمایش تهیه شده بر اساس درصد مواد غذایی اولیه مورد آنالیز قرار گرفتند (جدول ۴).

در طی این آزمایش ۳ گروه تیمار بندی تعیین گردید. هر سه گروه دارای ۳ تیمار و هر تیمار دارای ۳ تکرار بود. گروه ۱ که در واقع میگوهای بودند که با

هموژنیزه کردن ۳۰ ثانیه دیگر انجام گرفت. این مخلوط را بر روی کاغذ صافی واتمن شماره یک فیلتر کرده و محلول فیلتر شده حاصل به قیف جداکننده منتقل گشت و فاز سنگین تر (لایه کروماتوگرافی واحد چربی خالص) جداسازی گردید (Bligh and Dyer, 1959). حلال این فاز توسط دستگاه تبخیرکننده چرخان (با حداکثر دمای ۴۰ درجه سانتی گراد) حذف گردید و نهایتاً چربی غذای میگو در بالن باقی ماند و چربی حاصل در ظروف شیشه‌ای کهربایی ۴ سی سی نگه‌داری گردید (Razak et al., 2011).

متیله کردن اسیدهای چرب

برای متیله کردن اسیدهای چرب از روش Hammond (۱۹۸۶) استفاده گردید. برای آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌های غذای میگو از استاندارد 37 component FAME Mix 10mg/ml in CH2CL2 با مارک 47885-U Supelco ساخت شرکت SIGMA-ALDRICH استفاده گردید. کروماتوگرام استاندارد GC-Shimadzu GC-17A (محصول ژاپن) مربوطه دارای ۳۷ مؤلفه اسید چرب می‌باشد.

تهیه غذا

برای تهیه غذا، ابتدا مواد خشک بر اساس فرمول غذایی تهیه شده توسط ترازوی دیجیتال (JPL, Taiwan) وزن شد و توسط آسیاب برقی به خوبی آسیاب گردید. سپس از الک با قطر ۴۰۰ تا ۵۰۰ میکرون برای یکدست شدن آن استفاده شد و پس از آن، مواد با همزن (B40, Japan) به صورت همگن مخلوط و با اضافه کردن آب جوش و روغن به شکل خمیر در آمد. در تهیه این نمونه‌ها از مخلوط‌کن با ظرفیت ۲۰ کیلوگرم استفاده شد. در تهیه غذا از آب

فایبر گلاس ۳۰۰ لیتری حاوی ۲۵۰ لیتر آب شور دریا با شوری $1 \text{ ppt} \pm 43$ در شرایط آزمایشگاهی انتقال یافتند. تراکم هریک از تانک‌ها ۱۵ قطعه میگو بود. پس از گذشت زمان آدپتاسیون (۲۴ ساعت) هر یک از تیمارها را برای مدت ۸ هفته در شرایط کنترل شده نگهداری و هر تیمار با جیره غذاهای تهیه شده ویژه خود تغذیه شدند. در طول این مدت برای اطمینان از کنترل شرایط محیطی، متغیرهای دما، اکسیژن، شوری و pH اندازه‌گیری و ثبت گردیدند. برای حذف اثر منفی این پارامترها بر نتایج پژوهش، متغیرهای محیطی در همه تیمارها ثابت و یکسان تنظیم شدند. در طول دوره آزمایش به منظور برآورد تقریبی رشد میگوها به طور تصادفی ۷ قطعه میگو از هر مخزن صید شده و به صورت هفتگی مورد سنجش قرار گرفتند. غذادهی روزانه در ۴ وعده در ساعات ۷ صبح، ۱۲ ظهر، ۵ عصر و ۹ شب انجام شد. میزان غذای دوره بر اساس زیست توده (معمولاً ۶ الی ۱۰ درصد) اندازه‌گیری شد و با توجه به میزان مصرف غذا در وعده‌های روزانه تنظیم شد و وضعیت مخازن و اشتهای میگو تعدیل و ثبت گردید، به نحوی که کمترین میزان غذای اضافی در مخازن باقی بماند.

جیره غذای ۱ تغذیه شدند: جیره غذایی (۱) بدون چالش استرس‌های محیطی، جیره غذایی (۱) با استرس کاهش اکسیژن (1 ± 2 میلی گرم در لیتر)، جیره غذایی (۱) با استرس افزایش دما (2 ± 36 درجه سانتی گراد). گروه ۲ شامل میگوهای بودند که از جیره غذای ۲ تغذیه کردند: جیره غذایی (۲) بدون ایجاد چالش استرس‌های محیطی، جیره غذای (۲) با استرس کاهش اکسیژن (1 ± 2 میلی گرم در لیتر)، و جیره غذای (۲) با استرس افزایش دما (2 ± 36 درجه سانتی گراد). گروه ۳ این تحقیق شامل میگوهای بود که با جیره غذای ۳ تغذیه شدند: جیره غذایی (۳) بدون ایجاد چالش استرس‌های محیطی، جیره غذای (۳) با استرس کاهش اکسیژن (1 ± 2 میلی گرم در لیتر)، و جیره غذای (۳) با استرس افزایش دما (2 ± 36 درجه سانتی گراد).

نحوه نگهداری و زیست‌سنجی

میگوهای سفید غربی با وزن متوسط 1 ± 8 گرم از یک مزرعه پرورش واقع در سایت پرورش میگوی شیخ استان بوشهر جمع‌آوری و به وسیله یک تانک ۲۰۰۰ لیتری مجهز به سیستم هوادهی بخش‌کننده (اکسیژن خالص) به ایستگاه تولید میگوی عاری از بیماری خلیج فارس واقع در شهر بوشهر جهت انجام پروژه انتقال یافتند. ابتدا میگوها به منظور استرس زدایی و سازگاری بیشتر با محیط درون تانک‌های ۱۰۰۰ لیتری حاوی ویتامین C ذخیره‌سازی شدند. بعد از گذشت ۳ روز میگوها زیست‌سنجی شده و به تانک‌های

جدول ۲: ترکیبات اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع غذاهای آزمایشی جهت تغذیه میگوهای سفید غربی در طی تحقیق

عنوان	میزان چربی کل	مجموع اسیدهای چرب اشباع بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم غذا	مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم غذا
غذای ۱	۷/۰۲	۵	۱۳
غذای ۲	۶/۴۱	۱	۲
غذای ۳	۸/۰۵	۳	۷/۵

جدول ۳: تجزیه تقریبی جیره‌های مورد استفاده جهت تغذیه میگوهای سفید غربی در طی تحقیق

ترکیبات	رطوبت %	مواد خشک %		
		پروتئین	چربی	فیبر
غذای ۱	۱۰/۰ ± ۱/۱۱	۳۶/۰ ± ۸۱/۲۸	۷/۰ ± ۲/۲۸	۳/۰ ± ۵/۰۶
غذای ۲	۹/۰ ± ۸/۱۱	۳۵/۰ ± ۹۶/۲۸	۶/۰ ± ۴۱/۲۸	۱/۰ ± ۰/۰۶
غذای ۳	۹/۰ ± ۹/۱۱	۳۵/۰ ± ۱۴/۲۸	۸/۰ ± ۰/۵/۲۸	۰/۰ ± ۸/۰۶

اعمال چالش‌های استرس‌زا

به منظور اعمال استرس دمایی مطابق با شرایط محیطی زمان برداشت محصول، دمای محیط به میزان 2 ± 36 درجه سانتی‌گراد توسط بخاری‌های برقی آکواریمی تنظیم شد و تیمارها به مدت ۴۸ ساعت تحت چالش افزایش دما قرار گرفتند (Qiu et al., 2011). به منظور اعمال استرس کمبود اکسیژن، ابتدا هواده تانک‌های تیمار استرس اکسیژنی را تا زمان رسیدن اکسیژن محلول به میزان $2 - 1/5$ ppm قطع نموده، سپس به کمک تنظیم هواده به میزانی که اکسیژن محلول در رنج چالش باقی بماند به مدت ۴۸ ساعت میگوها در این شرایط قرار گرفتند. در این مدت هیچ‌گونه تعویض آبی نیز صورت نگرفت. تغذیه در زمان چالش مطابق برنامه قبل از چالش انجام گرفت (Pakravan et al.,)

(2018). پس از پایان زمان اعمال استرس محیطی، میگوهای همه تیمارها به صورت جداگانه برداشت شده و مورد زیست‌سنجی در انتهای دوره قرار گرفتند. همچنین درصد شیوع و میزان پیشرفت عارضه سر قرمزی در میگوهای برداشت شده بعد از اعمال شرایط فرآوری میگو که در زمان برداشت انجام می‌شود محاسبه شد (Wang et al., 2018). زیست‌سنجی با ترازوی دیجیتال با دقت صدم گرم از کل نمونه‌ها در ابتدای دوره و انتهای دوره انجام شد. پارامترهای دیگر رشد در میگوها در فاصله بین زیست‌سنجی اول و نهایی با استفاده از رابطه‌های زیر مورد سنجش قرار گرفت (Ricker, 1975).

جدول ۴: ترکیب جیره های آزمایشی (گرم ماده غذایی در ۱۰۰ گرم جیره) مورد استفاده جهت تغذیه میگوی سفید غربی

جیره های غذایی			مواد اولیه (%)
غذای ۳	غذای ۲	غذای ۱	
۳۸/۰۷	۴۰/۶۱	۴۰	پودر ماهی
۱۵	۱۵	۱۵	پودر میگو
۱/۵	۱/۵	۱/۵	بایندر (ژلاتین)
۱	۱	۱	لیستین
۰/۵	۰/۵	۰/۵	کلسترول
۲۵/۷۱	۲۵/۷۱	۲۵/۷۱	آرد گندم
۸/۰۵	۶/۴۱	۷/۰۲	چربی
۲	۲	۲	مکمل معدنی
۲	۲	۲	مکمل ویتامینی
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	آنتی اکسیدان
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	ضد قارچ
۱/۵	۱/۵	۱/۵	دی کلسیم فسفات
۳	۳	۳	سلولز
۰/۵	۰/۵	۰/۵	اکسید کروم
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع کل

اندازه گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب
اندازه گیری عوامل کیفی آب همچون دما، شوری و اکسیژن محلول هر روز در ساعات ۱۰ الی ۱۱ صبح و pH به صورت هفتگی با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر HQ40D ساخت HACH ساخت کشور آلمان اندازه گیری و ثبت گردید.

اندازه گیری میزان آنزیم های آسپارات آمینو ترانسفر (AST) و آمینو ترانسفراز آلانین (ALT)
به منظور اندازه گیری میزان آنزیم های AST و ALT، همولنف میگوهایی که در شرایط استرس زای محیطی قرار داشتند. به کمک سرنگ از غشاء داخلی حفره میان سفالوتوراکس و بخش شکمی استخراج گردیده و با ۴۰۰ میکرو لیتر از محلول کلرید سدیم

N_0 : تعداد میگوها در انتهای دوره آزمایش، N_t : تعداد میگوها در ابتدای دوره آزمایش

ضریب تبدیل غذایی (FCR)

ضریب تبدیل غذایی میگوها با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردد (Zhao et al., 2015).

افزایش وزن / مقدار غذای مصرف شده = ضریب

تبدیل غذایی (FCR)

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن داده‌ها با آزمون آماری Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت. سپس مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA انجام گرفت. بررسی اختلاف معنی دار بودن بین تیمارها با استفاده از آزمون توکی انجام شد. آنالیزها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2007 انجام گرفت.

نتایج

بالانس جیره بر اساس اسیدهای چرب

نتایج به دست آمده از آنالیز پروفایل اسیدهای چرب غذاهای تجاری جمع آوری شده از سطح مزارع پرورش میگو در جدول ۵ و نتایج حاصل از آنالیز جیره‌های ساخته شده بر اساس پروفایل اسیدهای چرب در جدول ۶ ارائه شده‌اند.

ایزوتونیک شامل ۰/۹۴ میلی مول در یک لیتر EDTA همراه با ۱۰۰ میکرولیتر از همولفی که بلافاصله استخراج شده بود، مخلوط شدند. سپس میزان فعالیت آنزیم‌های AST و ALT با استفاده از کیت شناسایی Bionik و دستگاه اسپکتوفتومتر U-2000 (Hitachi, Tokyo, Japan) در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد با طول موج ۳۴۰ نانومتر اندازه گیری و ثبت گردید (Pan et al., 2003).

میانگین افزایش وزن (WG)

میانگین افزایش وزن میگوها با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Zhao et al., 2015).

میانگین وزن ابتدای دوره - میانگین وزن انتهای دوره =

میانگین افزایش وزن (WG)

ضریب رشد ویژه (SGR)

ضریب رشد ویژه، یک شاخص برای بررسی وضعیت رشد میگوها به صورت روزانه است و با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Ricker, 1975).

$100 \times (\text{طول دوره پرورش} / \text{وزن ابتدای دوره Ln} -$

$\text{وزن انتهای دوره Ln}) = \text{ضریب رشد ویژه (SGR)}$

درصد بازماندگی (SR)

درصد بازماندگی میگوها با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Ricker, 1975).

$$\text{Survival Rate} = (N_t/N_0) \times 100$$

جدول ۵: آنالیز غذاهای تجاری مورد استفاده جهت تغذیه میگوی سفید غربی در طی دوره مطالعه بر اساس پروفایل اسیدهای چرب

درصد اسیدهای چرب	۱	۲	۳	۴	۵	۶
C14:0	۱/۸۵	۱/۶۱	۵/۴۲	۲/۰۲	۲/۲۴	۲/۱۸
C16:0	۲۰/۴۹	۲۲/۵۶	۲۴/۹۲	۱۵/۷۱	۲۰/۲	۱۹/۰۳
C16:1	۲/۶۷	۵/۲۴	۵/۶۷	۱/۵۴	۳/۳۳	۲/۲۴
C18:0	۵/۴۹	۵/۹۳	۶/۶۸	۵/۰۲	۵/۴۷	۵/۲
C18:1 n-9	۲۷/۸۵	۳۳/۳	۲۵/۹۹	۲۲/۹۹	۲۶/۳۹	۲۶/۰۴
C18:2 n-6	۲۶/۶۱	۱۸/۹۹	۱۱/۱۲	۳۹	۲۵/۹۷	۳۴/۶۹
C18:3 n-3	۴/۱۱	۲/۳۴	۲/۲۷	۵/۳۱	۴/۴۸	۳/۲۷
EPA	۲/۵۶	۲/۱	۴/۰۵	۱/۸۴	۲/۴۴	۱/۷۵
DHA	۶/۵۳	۴/۳۴	۵/۶۳	۴/۰۲	۴/۳۹	۲/۴۳
مجموع امگا۳	۱۳/۲	۸/۷۸	۱۱/۹۵	۱۱/۱۷	۱۱/۳۱	۷/۴۵
مجموع امگا۶	۲۶/۶۱	۱۸/۹۹	۱۱/۱۲	۳۹	۲۵/۹۷	۳۴/۶۹
مجموع امگا۹	۲۷/۸۵	۳۳/۳	۲۵/۹۹	۲۲/۹۹	۲۶/۳۹	۲۶/۰۴
مجموع اسیدهای چرب اشباع	۲۷/۸۳	۳۰/۱	۳۷/۰۲	۲۲/۷۵	۲۷/۹۱	۲۶/۴۱
مجموع اسیدهای چرب غیراشباع	۷۰/۳۳	۶۶/۳۴	۵۴/۷۳	۷۴/۷	۶۷	۷۰/۴۲
مجموع اسیدهای چرب اشباع در ۱۰۰ گرم	۵/۲	۱/۳۵	۲/۷۲	۱/۴۷	۲/۹۵	۳/۲۲
مجموع اسیدهای چرب غیراشباع در ۱۰۰ گرم	۱۳/۱۵	۲/۹۸	۴/۰۲	۴/۸۴	۷/۰۸	۸/۶

پارامترهای رشد و بازماندگی

بیشترین میزان بقا در تیمارهای ۱ و ۳ به ترتیب ۹۱/۱۱ و ۸۶/۶۷ درصد بود. نتایج به دست آمده نشان داد که مصرف غذای ۱ در مقایسه با غذای ۲ به میزان ۹۰ درصد بازماندگی از خود نشان داد. بیشترین نرخ رشد ویژه مربوط به تیمار ۱ و کمترین آن مربوط به تیمار ۲ بود و هردو تیمار با یکدیگر دارای اختلاف معنی داری

بودند ($p < 0.05$). بر اساس نتایج به دست آمده، استفاده از غذای کنسانتره حاوی ۷/۰۲ درصد چربی (شامل ۵ درصد اسیدهای چرب اشباع و ۱۳ درصد اسیدهای چرب غیراشباع) باعث افزایش رشد و بازماندگی میگوها گردیده است (جدول ۷، شکل ۲).

جدول ۶: آنالیز غذاهای ساخته شده جهت تغذیه میگوی سفید غربی در طی تحقیق بر اساس پروفایل اسیدهای چرب

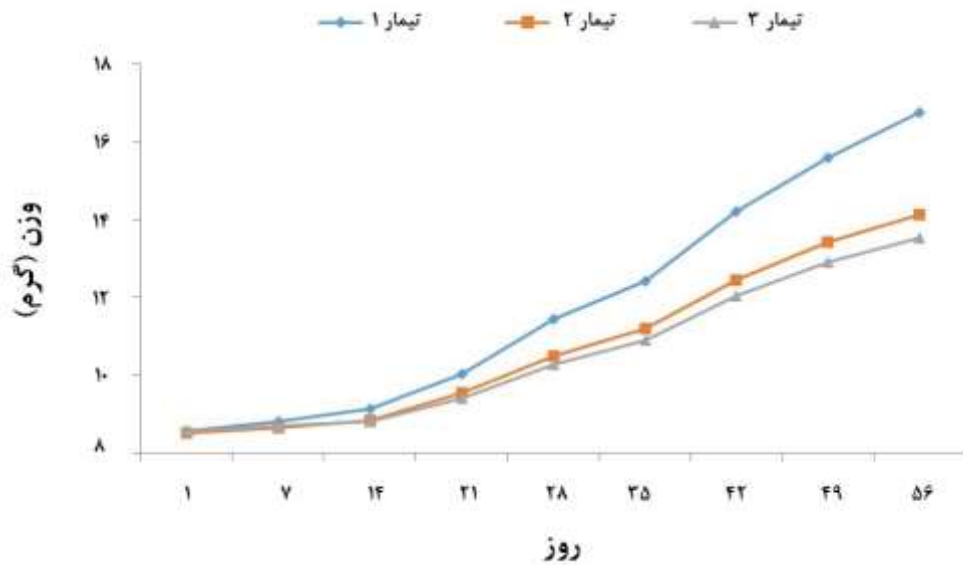
۳	۲	۱	درصد اسیدهای چرب
۰/۰۳±۱/۴۵	۰/۰۵±۱/۲۶	۰/۰۴±۱/۴۸	C14:0
۰/۱۲±۲۱/۲۸	۰/۰۹±۲۵/۱۳	۰/۱۱±۲۱/۰۴	C16:0
۰/۰۴±۲/۸۵	۰/۰۸±۳/۳۳	۰/۰۶±۳/۲۸	C16:1
۰/۱۲±۶/۸۸	۰/۱۲±۷/۶۹	۰/۲۱±۶/۲۹	C18:0
۲/۰۱±۳۴/۲۵	۰/۰۴±۰/۷۵	۱/۳±۳۱/۸۷	C18:1 n-9
۲/۱۹±۲۹/۱۷	۳/۱۱±۳۶/۴۷	۲/۱۴±۳۱/۳۵	C18:2 n-6
۰/۱۳±۲/۵۴	۲/۸۸±۲۲/۲۷	۰/۱۷±۲/۸۴	C18:3 n-3
۰/۱۴±۲/۵۴	۰/۲۲±۱/۵۹	۰/۳۱±۲/۸۴	مجموع امگا۳
۳/۴۱±۲۹/۱۷	۱/۱۱±۲۲/۲۷	۲/۵۶±۳۱/۳۵	مجموع امگا۶
۲/۲۱±۳۴/۲۵	۳/۰۴±۳۶/۴۷	۲/۳۳±۳۱/۸۷	مجموع امگا۹
۲/۷۱±۳۰/۳۹	۳/۶۶±۳۴/۹۹	۳/۱۸±۲۹/۴۵	مجموع اسیدهای چرب اشباع
۳/۲۴±۶۹/۸۵	۴/۰۴±۶۴/۶	۴/۵۰±۷۰/۵	مجموع اسیدهای چرب غیراشباع
۰/۱۱±۲/۲۲	۰/۱۴±۴/۳۵	۰/۳۶±۳/۱۱	مجموع اسیدهای چرب اشباع در ۱۰۰گرم
۰/۷۷±۵/۱	۰/۳۵±۸/۰۸	۰/۸۷±۷/۴۶	مجموع اسیدهای چرب غیراشباع در ۱۰۰گرم

* میانگین ± خطای استاندارد) با ۳ تکرار

جدول ۷: نتایج حاصل از بررسی درصد رشد و بازماندگی میگوی سفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف اسیدهای چرب.

۳	۲	۱	پارامترهای رشد/ تیمار
۸/۰±۵۱/۸۳ ^a	۸/۰±۵۷/۸۶ ^a	۸/۰±۵۵/۷۶ ^a	وزن اولیه
۱۴/۰±۱۲/۶۸ ^b	۱۳/۰±۵۳/۷ ^b	۱۶/۰±۷۵/۸۵ ^a	وزن نهایی
۵/۰±۶۱/۹۵ ^b	۴/۰±۹۶/۵۱ ^b	۸/۱±۲۱/۰۷ ^a	وزن به دست آمده (WG)
۰/۰±۹۱/۱۷ ^b	۰/۰±۸۲/۱۳ ^b	۱/۰±۲۱/۱۷ ^a	نرخ رشد ویژه (SGR)
۲/۰±۲/۲ ^{ab}	۲/۰±۳۷/۱۰ ^b	۱/۰±۸۴/۱۰ ^a	ضریب تبدیل غذایی FCR
۸۶/۵±۶۷/۴۴ ^{ab}	۷۷/۳±۷۸/۱۴ ^b	۹۱/۳±۱۱/۱۴ ^a	بقا (%)

حروف یکسان به معنی عدم وجود اختلاف معنی دار و حروف متفاوت به معنی اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ بین تیمارهای آزمایشی است.



شکل ۲: وضعیت رشد و بازماندگی میگو در تیمارهای مختلف طی ۸ هفته طول دوره مطالعه

آنزیم های (AST) و (ALT)

میزان تیر آنزیم را نشان می دهد که میزان آن بیش از ۳ برابر میزان آنزیم در شرایط قبل از اعمال استرس در همان میگوها است. نتایج حاصل از بررسی میزان آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) میگوهای پا سفید غربی در تیمارهای مختلف آزمایش، در جدول ۹ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، میزان این آنزیم در میگوهایی که با جیره های غذایی ۲ و ۳ تغذیه شده بودند، به شدت افزایش یافت و نتایج حاصل از اندازه گیری این آنزیم در تیمارهای مختلف با یکدیگر دارای اختلاف معنی داری بودند ($p < 0.05$) (جدول ۹).

نتایج حاصل از بررسی میزان آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) میگوهای پا سفید غربی در تیمارهای مختلف آزمایش در جدول ۸ نشان داده است. بر اساس نتایج به دست آمده، میزان آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) در جیره های غذایی مختلف قبل از اعمال استرس و پس از اعمال استرس های محیطی کاهش اکسیژن و افزایش دما دارای اختلاف معنی داری می باشد ($p < 0.05$). در میگوهایی که با جیره غذای ۲ تغذیه شده اند، میزان آنزیم در زمان بروز استرس افزایش دما ($285/837 \pm 17$ IUL) بیشترین افزایش

جدول ۸: میزان آنزیم آسپاراتات آمینوترانسفراز (IUL) میگوهای سفید غربی.

تیمار	قبل از اعمال استرس	استرس کاهش اکسیژن	استرس افزایش دما
۱	$36/3 \pm 73/28$	2 ± 29 ۳۳/۵۰	$4/05 \pm 50/68$
۲	$8/72 \pm 88/63$	$9/20 \pm 50/272$	7 ± 17 ۲۸۵/۸۳
۳	3 ± 34 ۷۰/۵۰	$193/99 \pm 52$	8 ± 39 ۲۱۳/۱۴

حروف یکسان به معنی عدم وجود اختلاف معنی دار و حروف متفاوت به معنی اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ بین تیمارهای آزمایشی است.

جدول ۹: نتایج حاصل از بررسی میزان آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (IUL) میگوهای سفید غربی.

تیمار	قبل از اعمال استرس	استرس کاهش اکسیژن	استرس افزایش دما
۱	^a ۴۸/۳±۴۰/۳۱	^a ۸۲/۳±۴۱/۷۵	^a ۱۱۲/۶±۱۵/۶۳
۲	^b ۱۴۵/۱۴±۱۲/۲۸	^b ۳۶۲/۱۲±۵۵/۲۴	^b ۳۸۰/۹±۲۹/۵۴
۳	^c ۱۱۵/۵±۴۳/۴۷	^c ۳۱۷/۱۵±۴۵/۵۸	^c ۳۴۸/۱۳±۹۵/۷۳

حروف یکسان به معنی عدم وجود اختلاف معنی دار و حروف متفاوت به معنی اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ بین تیمارهای آزمایشی است.

بحث

میگوهای خانواده پنائیده نسبت به استرس‌های مختلف محیطی و اکسیداتیو نظیر استرس‌های ناشی از تغییرات دمایی، آمونیاک و استرس ناشی از کمبود اکسیژن بسیار حساس هستند (Chein et al., 1999; Chein et al., 2003). چنانچه میگوها تحت استرس قرار گیرند، رادیکال‌های آزاد به طور گسترده فعال می‌شوند و بر شدت اثر استرس‌ها می‌افزایند (اثر سینرژیک)، به طوری که موجب اکسیداسیون چربی‌های غیراشباع در ساختار هپاتوپانکراس شده و پارگی غشای سلولی اتفاق می‌افتد (Lucien-Brun and Vodál, 2006). همچنین تغییر در سطح رنگ‌دانه‌های موجود در بافت هپاتوپانکراس، نظیر افزایش سطح رنگدانه آستاگران‌تین که دارای نقش آنتی‌اکسیدانی هستند و در ایجاد عارضه در بافت هپاتوپانکراس تأثیرگذار است (Han et al., 2013). افزایش این رنگدانه در بافت میگوها به دنبال افزایش میزان پروتئین خام در جیره غذایی میگو حاصل می‌شود که نشان‌دهنده ارزش بالای غذایی میگو است و حضور این رنگدانه‌ها در بافت میگو برای سلامت مصرف‌کننده مفید است (Ambati et al., 2014).

غذا یکی از مهم‌ترین نهادهای زنجیره‌ی تولید میگو است که علاوه بر اثرگذاری مستقیم بر روی کمیت و

کیفیت تولید، بیش از نیمی از هزینه‌ها را به خود اختصاص می‌دهد. عمدتاً وضعیت تغذیه و مدیریت تولید به‌ویژه در مراحل انتهایی تولید، نقش بسیار مؤثری بر کیفیت محصول خواهد داشت (Lucien-Brun and Vodál, 2006). بر اساس نتایج حاصله، میگوهای تغذیه‌شده با جیره غذایی ۱ (محتوی چربی کل به میزان ۷/۰۲ درصد) در مقایسه با میگوهای تغذیه‌شده با جیره غذایی ۲ (محتوی ۶/۴۱ درصد چربی کل) به‌طور معنی‌داری از بقا و بازماندگی بیشتری (۹۱/۱۱±۳/۱۴) برخوردار بودند. همچنین بیشترین نرخ رشد ویژه (۱/۰±۲۱/۱۷) مربوط به میگوهای بود که با جیره غذایی ۱ تغذیه شدند. جیره غذایی ۱ دارای بیشترین مجموع اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ به ترتیب ۲/۸۴±۰/۳۱ و ۳۱/۳۵±۲/۵۶ بود. بر این اساس، جیره غذایی ۱ دارای میزان چربی کل به میزان ۷/۰۲ درصد با مجموع اسیدهای چرب اشباع ۵ گرم در ۱۰۰ گرم غذا و مجموع اسیدهای چرب غیراشباع ۱۳ گرم در ۱۰۰ گرم غذا، دارای بیشترین میزان نرخ رشد ویژه در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایش بود. لذا وجود اسیدهای چرب در ترکیب جیره غذایی بر میزان رشد و بازماندگی میگو تأثیرگذار بوده است. González-Félix و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که وجود اسیدهای چرب در جیره‌های غذایی میگو

اکسیداتیو کاهش می یابد (Denisse and Diaz, 2011; Akhtar *et al.*, 2014).

در تحقیق حاضر آنزیم AST در همه میگوها در شرایط قبل از اعمال استرس نسبت به شرایط بعد از اعمال استرس های محیطی شامل کاهش اکسیژن و افزایش دما افزایش یافته است. این افزایش در میگوهایی که با غذای ۲ و ۳ تغذیه شده اند بسیار بیشتر (حدود ۳ برابر) می باشد. این موضوع نشان می دهد که وجود اسیدهای چرب به میزان مناسب در غذای میگو مانع از عملکرد ضعیف رادیکال های آزاد در فرآیند ذخیره سازی شده و در صورت وجود آنتی اکسیدانی چون ویتامین E مقاومت میگوها در برابر شرایط استرس زا افزایش می یابد (Ebadi *et al.*, 2021). بنابراین میزان AST افزایش یافته است. بر اساس مطالعه Chien و همکاران (۲۰۰۳)، چنانچه میگوهای تغذیه شده با مکمل آستاگزانتین در شرایط استرس زا قرار بگیرند، از مقاومت بیشتری برخوردار خواهند بود و میزان آنزیم AST موجود در آنها به طور چشمگیری افزایش می یابد.

آنزیم دیگری که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت، آنزیم ALT بود. هرگونه آسیب به سلول های هپاتوپانکراسی می تواند با افزایش تیترا آنزیم ALT همراه باشد. در صورت آسیب های هپاتوپانکراسی افزایش آنزیم ALT بیشتر از افزایش AST خود را نشان خواهد داد. در این مطالعه، میزان آنزیم ALT در همه میگوها در شرایط قبل از اعمال استرس نسبت به شرایط بعد از اعمال استرس های محیطی (افزایش دما و کاهش اکسیژن) به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته است. این افزایش در تیمارهای ۲ و ۳ بسیار بیشتر است. بالاترین میزان آنزیم ALT مربوط به غذای تیمار ۲ در

بسیار مفید بوده و به رشد و بازماندگی بیشتر آنها کمک می کند. مطالعات Chen و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که میزان اسیدهای چرب اشباع نشده DHA و EPA در ترکیب جیره غذایی بسیار مهم و ضروری می باشند و در تأمین انرژی متابولیک میگو نقش مهمی دارد. این در حالی است که جیره غذای شماره ۱ دارای بیشترین میزان اسیدهای چرب DHA و EPA به ترتیب با ۲/۵۶ و ۶/۵۳ بود که جزء اسیدهای چرب امگا ۳ هستند و بر میزان رشد و بازماندگی میگوها تأثیر مثبت دارند.

غلظت های مختلف اکسیژن بر انرژی فیزیولوژیک میگوها مؤثر می باشد و عوامل مختلفی نیز بر میزان اکسیژن مصرفی توسط میگوها تأثیر می گذارد (Gao *et al.*, 2018; Pakravan *et al.*, 2018). کاهش اکسیژن در محیط تأثیر نامطلوبی بر رشد و بازماندگی میگوها دارد. در این تحقیق میگوهایی که در معرض استرس کاهش اکسیژن قرار داشتند به عارضه سر قرمزی مبتلا شدند. بنابر نتایج مطالعات Yang و همکاران (۲۰۱۷) استرس های اکسیداتیو بر بافت های مختلف بدن میگو به ویژه بافت هپاتوپانکراس تأثیرگذار بوده و آن را تخریب می کند. Vinatea و همکاران (۲۰۱۱) با شبیه سازی یک مدل برای تعیین اثر اکسیژن مصرفی میگوی وانامی، اعلام کردند که میزان کاهش اکسیژن مصرفی توسط میگو می تواند بر اثر عواملی چون افزایش تراکم، افزایش شوری و دما باشد و موجب بروز آسیب های اکسیداتیو در بافت هپاتوپانکراس میگو گردد. چنانچه میگو در شرایط کمبود اکسیژن قرار بگیرد ظرفیت اسمزی آن کاهش یافته و مقاومت میگو در برابر استرس های

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر نماییم.

منابع

1. AOAC., 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. Published by Association of Official Analytical Chemist, Virginia, USA, 771 p.
2. Akhtar, M.S., Pal, A. K., Sahu, N. P., Ciji, A., & Mahanta, P.C., 2014. Higher acclimation temperature modulates the composition of muscle fatty acid of *Tor putitora* juveniles. *Weather and Climate Extremes*, 4, 19-21.
3. Ambati, R.R., Phang, S.M., Ravi, S., Aswathanarayana, R.G., 2014. Astaxanthin: sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications - a review. *Marine drugs*, 12(1), 128-152.
4. An, W., He, H., Dong, X., Tan, B., Yang, Q., Chi, S., Zhang, S., Liu, H., & Yang, Y., 2020. Regulation of growth, fatty acid profiles, hematological characteristics and hepatopancreatic histology by different dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels in the first stages of juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, 17, 100321.
5. Bligh, E. G., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37(8), 911-917.
6. Chen, K., Li, E., Gan, L., Wang, X., Xu, C., Lin, H., Qin, J.G. & Chen, L., 2014. Growth and lipid metabolism of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at different salinities. *Journal of Shellfish Research*, 33(3), 825-832.
7. Chien, Y.H., Pan, C.H., Hunter, B., 2003. The resistance to physical stresses by *Penaeus monodon* juveniles fed diets supplemented with astaxanthin. *Aquaculture*, 216(1-4), 177-

شرایط استرس افزایش دما می‌باشد (IUL) $38.0/9 \pm 29/54$ ، که این میزان در مقایسه با شرایط بدون استرس (IUL) $145/14 \pm 12/28$ بسیار بیشتر شده است. بر اساس نتایج، در شرایطی که کیفیت غذا مناسب نباشد و میگوها در شرایط استرس‌زا قرار گیرند، دچار آسیب‌های شدید بافتی خواهند شد. افزایش میزان آنزیم ALT نشان‌دهنده آسیب بافت هیپاتوپانکراس است که در شرایط اعمال استرس بیش از ۵۰ درصد نسبت به شرایط قبل از اعمال استرس افزایش یافته است. (Pourmohammad *et al.*, 2016; Xu *et al.*, 2018).

بر اساس مطالعات Pan و همکارانش (۲۰۰۳)، اگر میگوها در شرایط استرس محیطی قرار گیرند میزان آنزیم‌های ALT و AST در آن‌ها افزایش می‌یابد و چنانچه این میگوها با غذای حاوی آنتی‌اکسیدان ضد استرس تغذیه شوند بهبود یافته و بازماندگی آن‌ها افزایش می‌یابد. به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که میگوهای تغذیه‌شده با جیره غذای دارای ۷/۰۲ درصد چربی کل، مجموع اسیدهای چرب اشباع ۵ گرم در ۱۰۰ گرم غذا و مجموع اسیدهای چرب غیراشباع ۱۳ گرم در ۱۰۰ گرم غذا در مواجهه با شرایط نامطلوب محیطی (وجود استرس‌های ناشی از کاهش اکسیژن و افزایش دما) دارای میزان بازماندگی و رشد ویژه بالاتری در مقایسه با سایر میگوهای مورد آزمایش بودند. کیفیت نامناسب غذا در بروز عوارض بافتی هیپاتوپانکراس میگوهای پرورشی سفید غربی در شرایط استرس‌های محیطی کاهش اکسیژن و افزایش دما بسیار مؤثر است و می‌توان این عوارض را حتی در مرحله پرورش و قبل از زمان برداشت میگو مشاهده کرد.

- issues in marketing White shrimp. AQUA Culture Asia Pacific Magazine May/June, 2006, 32-33.
17. Miget, R.J., 2010. Shellfish Handling Practices: Shrimp and Molluscs. Southern Regional Aquaculture Center.
 18. Mohammadi Doust. M., Afsharnasab, M., Kakoulaki, S., Motamedisede, F., Houshmand, H., Ahangarzadeh, M., Mohseninejad, L., 2019. Effects of inactivated Spot White Virus with radiation on Immune Parameters and Survival Rate of White Leg Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*). Journal of Aquaculture Development, 13(3), 105-118.
 19. Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., ... & Troell, M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature, 405(6790), 1017-1024.
 20. Pakravan, S., Akbarzadeh, A., Sajjadi, M. M., Hajimoradloo, A., Noori, F., 2018. Chlorella vulgaris meal improved growth performance, digestive enzyme activities, fatty acid composition and tolerance of hypoxia and ammonia stress in juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Nutrition, 24(1), 594-604.
 21. Pan, C. H., Chien, Y. H., Hunter, B., 2003. The resistance to ammonia stress of *Penaeus monodon* Fabricius juvenile fed diets supplemented with astaxanthin. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 297(1), 107-118.
 22. Phillips, J., McKinney, R., Hird, F., Macmillan, D., 1977. Lactic acid formation in crustaceans and the liver function of the midgut gland questioned. Comparative biochemistry and physiology B, Comparative Biochemistry, 56(4), 427-33.
 23. Pourmohammad, N., Yavari, Y., Mousavi, S. M., & Zakeri, M., 2016. Effect of different levels of dietary protein and water salinity on antioxidant enzymes of white leg shrimp (*Penaeus vannamei*) juveniles. Journal of the Persian Gulf, 7(25), 1-12.
 24. Qiu, J., Wang, W.N., Wang, L.J., Liu, 191.
 8. Denisse Re, A., Díaz, F., 2011. Effect of different oxygen concentrations on physiological energetics of blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson). The Open Zoology Journal, 4(1), 1-8.
 9. Ebadi, H., Zakeri, M., Mousavi, S.M., Yavari, V., Souri, M., 2021. The interaction effects of dietary lipid, vitamin E and vitamin C on growth performance, feed utilization, muscle proximate composition and antioxidant enzyme activity of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture Research, 52(5), 2048-2060.
 10. Gao, Y., He, Z., Zhao, B., Li, Z., He, J., Lee, J., & Chu, Z., 2017. Effect of stocking density on growth, oxidative stress and HSP 70 of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 17(5), 877-884.
 11. Goddard, S., 1996. Feeding and diet. In *Feed management in intensive aquaculture* (pp. 23-33). Springer, Boston, MA.
 12. González-Félix, M. L., Gatlin Iii, D.M., Lawrence, A.L., Perez-Velazquez, M., 2003. Nutritional evaluation of fatty acids for the open thelycum shrimp, *Litopenaeus vannamei*: II. Effect of dietary n-3 and n-6 polyunsaturated and highly unsaturated fatty acids on juvenile shrimp growth, survival, and fatty acid composition. Aquaculture Nutrition, 9(2), 115-122.
 13. Hammond, E., 1986. Packed-column gas chromatography. Analysis of oils and fats London, UK: Elsevier Applied Science (Pub). 113-35.
 14. Han, D., Li, Y., Hu, Q., 2013. Astaxanthin in microalgae: pathways, functions and biotechnological implications. Algae, 28(2), 131-147.
 15. Lovet, D.L., Felder, D.L., 1990. Ontogenetic Change in Digestive Enzyme Activity of Larval and Postlarval White Shrimp *Penaeus setiferus* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). Biological Bulletin, 178(2):144-159
 16. Lucien-Brun, H., Vodral, F., 2006. Quality

2015. Effects of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and antioxidants of juvenile mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador). *Aquaculture*, 435, 200-206.
33. Zilli, L., Schiavone, R., Storelli, C., Vilella, S., 2007. Analysis of calcium concentration fluctuations in hepatopancreatic R cells of *Marsupenaeus japonicus* during the molting cycle. *The Biological Bulletin*, 212(2), 161-168.
- Y.F., Wang, A.L., 2011. Oxidative stress, DNA damage and osmolality in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* exposed to acute low temperature stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 154(1), 36-41.
25. Razak, Z.K.A., Basri, M., Dzulkefly, K., Razak, C.N.A., Salleh, A.B., 2001. Extraction and characterization of fish oil from *Monopterus albus*. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 7(1), 217-220.
26. Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin - Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382.
27. Saoud, I.P., Davis, D.A., Rouse, D.B., 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*, 217(1-4), 373-383.
28. Vinatea, L., Muedas, W., & Arantes, R., 2011. The impact of oxygen consumption by the shrimp *Litopenaeus vannamei* according to body weight, temperature, salinity and stocking density on pond aeration: a simulation. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 33(2), 125-132.
29. Wang, H., Wang, C., Tang, Y., Sun, B., Huang, J., Song, X., 2018. Pseudoalteromonas probiotics as potential biocontrol agents improve the survival of *Penaeus vannamei* challenged with acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND)-causing *Vibrio parahaemolyticus*. *Aquaculture*, 494, 30-36.
30. Xu, C., Li, E., Liu, Y., Wang, S., Wang, X., Chen, K., Qin, G., Chen, L., 2018. Effect of dietary lipid level on growth, lipid metabolism and health status of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at two salinities. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 204-214.
31. Yang, P., Lai, D.Y., Jin, B., Bastviken, D., Tan, L., Tong, C., 2017. Dynamics of dissolved nutrients in the aquaculture shrimp ponds of the Min River estuary, China: Concentrations, fluxes and environmental loads. *Science of the Total Environment*, 603, 256-267.
32. Zhao, J., Wen, X., Li, S., Zhu, D., Li, Y.

The effect of dietary fatty acid composition on growth performance and some hepatopancreatic enzymes under temperature stress and hypoxia in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*

Mobaraki, S.¹, Javadzadeh, N.^{1*}, Mabudi, H.¹, Hafezieh, M.², Khodadadi, M.¹

1-Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received: 11 May 2024

Accepted: 24 July 2024

Abstract

This study aimed to investigate the effect of dietary fatty acid composition on growth performance and some hepatopancreatic enzymes under temperature stress and hypoxia in western white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). For this purpose, 27 tanks with a volume of 300 liters, the density of 15 shrimps with 3 types of diets under 3 stress treatments (1: no challenge to environmental stresses; 2: with hypoxic stress (2±1 ppm); 3: with increasing temperature stress (36±2 °C). After the end of the experimental period, the highest survival rates in treatments 1 and 3 were 91.11 and 86.67%, respectively. The obtained results showed that the consumption of diet 1 compared to diet 2 shows a 90% survival rate. There was a significant difference in specific growth rate between treatments so that the highest rate was obtained in treatment 1 and the lowest in treatment 2 ($p < 0.05$). The results of the physical and chemical parameters of water on different days showed that there was no significant difference between different treatments ($p < 0.05$). The results of aspartate amino transferase (AST) in different treatments showed that there is a significant difference between the amount of AST in different diets before and after environmental stress ($p > 0.05$). In shrimp fed with diet 2, the amount of enzyme during temperature stress (285.83±17.7 IUL) showed the highest increase in the amount of enzyme titer, which was more than 3 times the amount of enzyme in pre-stress conditions. Based on the results, the amount of alanine amino transferase (ALT) in shrimp fed with diets 2 and 3 increased sharply. Also, the measurement results of this enzyme in different treatments were significantly different ($p > 0.05$). Generally, it can be concluded that shrimp fed a diet with 7.02% of total fat, total saturated fatty acids (5 g per 100 g of food), and total unsaturated fatty acids (13 g per 100 g of food) had the highest survival rate and higher specific growth under adverse environmental conditions.

Keywords: Fatty Acid, Growth, Survival, Environmental Stress, *Litopenaeus vannamei*.

* Corresponding Author: nargesjavadzadeh@yahoo.com