مقایسه برخی آنزیم‌های گوارشی ماهی بیاح (*Liza abu*) و شبه شوریده (*Johnius belangerii*) خلیج‌فارس

چکیده

مطالعه موردنظر به‌منظور تعیین و مقایسه میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی آمیلاز، آل کالین فسفاتاز و لیپاز در پنج بخش دستگاه گوارش ماهی‌های بیاح و شبه شوریده به دلیل اهمیت تغذیه‌ای و اقتصادی ازنظر صید و صیادی در ناحیه جنوبی کشور انجام پذیرفت. برای این منظور ۱۰ قطعه ماهی از هر دو گونه با میانگین وزنی ۱۰±۱۵۰ گرم از ناحیه خور موسی در خلیج‌فارس صید شدند. پس از تشریح و برداشت نمونه‌های موردنظر از بافت روده و انجام مراحل روتین اندازه‌گیری آنزیم‌ها همانند هموژیناسیون و سانتریفیوژ و درنهایت به‌وسیله دستگاه اتوآنالایزر مدل سی آ ۴۰۰ خوانده شد. نتایج نشان داد که فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، آل کالین فسفاتاز و لیپاز در دو گونه ازنظر آماری اختلاف معناداری داشتند، به‌طوری‌که در ابتدای روده هر دو ماهی میزان فعالیت آنزیم آمیلاز نسبت به قسمت میانی و انتهایی روده بالابود ($P<0/05$). همچنین میزان فعالیت آنزیم آل کالین فسفاتاز در ماهی بیاح نسبت به ماهی شبه شوریده در تمام قسمت‌ها بسیار بالا بود (۲۵۰۰۰ به ۳۰۰۰ میلی‌گرم پروتئین بر واحد). میزان فعالیت آنزیم لیپاز در بخش‌های موردبررسی اختلاف معناداری نشان داد به‌طوری‌که برخلاف آنزیم‌های آمیلاز و آلکالین فسفاتاز میزان فعالیت آن در ماهی شبه شوریده نسبت به ماهی بیاح بیشتر بود ($P<0/05$). نتایج کلی تحقیق حاضر نشان داد این اختلافات می‌تواند به علت نوع ماده غذایی مورداستفاده توسط موجود باشد، به‌طوری‌که ماهی بیاح از الگوی فیتوپلانکتون خواری و ماهی شبه شوریده از رژیم گوشت‌خواری پیروی می‌کند.

واژگان کلیدی: آنزیم‌های گوارشی، بیاح، شبه شوریده، خلیج‌فارس.

سعید حسن‌زاده[۱]
رحیم عبدی[۲*]
محمدعلی سالاری علی‌آبادی[۳]
عبدالعلی موحدی نیا[۴]
زهرا بصیر[۵]

۱، ۲، ۳، ۴. گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
۵. گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

*** مسئول مکاتبات:**
abdir@kmsu.ac.ir

کد مقاله: ۱۳۹۵۰۱۰۳۱۵
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۸

مقدمه

در صنایع شیلات برای تولید غذا مصرفی ماهی داشتن اطلاعات از نوع سیستم گوارشی ماهی تحت پرورش بسیار مهم می‌باشد، زیرا با مقایسه میزان آنزیم‌های گوارشی این ماهی با ماهیان گوشت‌خوار و گیاهخوار می‌توان درصد مناسبی از کربوهیدرات و پروتئین و لیپید را در غذای ماهی قرارداد تا بالاترین بازده را داشته باشد (Chan *et al*., 2004). ماهی‌های گوشت‌خوار دارای روده‌ای کوتاه و معده‌ای بزرگ هستند. دستگاه گوارش این دسته از ماهیان نمی‌توانند مواد گیاهی را به‌خوبی هضم کنند و نیازهای تغذیه‌ای خود را تأمین کنند (Zhao *et al*., 2013; Tocher *et al*., 2008). اگرچه ممکن است خوراک گیاهی هم بخورند اما نمی‌توانند همانند سایر ماهیان مواد غذایی گیاهی را به مشتقات سازنده‌ی آن تجزیه کنند. رژیم غذایی این ماهیان شامل مقدار زیادی مواد پروتئینی و چربی می‌باشد و سیستم گوارش آن‌ها برای هضم و جذب این مواد تکامل‌یافته است (Tong *et al*., 2012). شبه شوریده که یک ماهی گوشت‌خوار است در آب‌های ساحلی تا عمق ۴۰ متری و به‌طور

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

عمده روی بسترهای گلی و مصب ما زیست می‌کنند (Allen *et al*., 2002). این ماهیان ترجیح می‌دهند نزدیک بستر دریا و غال با به‌صورت گروهی شنا کنند (Fullerton and Cheung, 2000). این ماهی از میگوها، ماهی‌ها و سایر بی‌مهرگان آبزی و سخت‌پوستان کوچک تغذیه می‌کنند. در سواحل شمالی دریای عمان و خلیج‌فارس و دریاهای گرمسیری تا معتدله سراسر دنیا پراکنده‌شده‌اند. این ماهی به دلیل نوع ماده غذایی (مواد گوشتی) که مصرف می‌کند دارای روده کوتاه می‌باشد چون مواد گوشتی مصرف‌شده با حجم کم انرژی بالایی دارد و نیاز به روده طولانی نمی‌باشد (Gisbert *et al*., 2011; Heydarnejad, 2012). ماهی‌های گیاهخوار برخلاف ماهیان گوشت‌خوار از غذاهای گیاهی تغذیه می‌کنند. اگرچه ممکن است ماهی‌های گیاه‌خوار گاهی اوقات در حال خوردن غذاهای زنده دیده شوند اما رژیم غذایی مناسب این نوع ماهیان از گیاه، جلبک و فیتوپلانکتون تشکیل‌شده است. این مواد غذایی حاوی مقادیر بالایی از کربوهیدرات‌ها می‌باشد و سیستم گوارشی این ماهیان برای هضم و جذب مواد گیاهی تکامل‌یافته است (Jiménez-Martínez *et al*., 2012). معده‌ی این ماهیان کامل نیست اما به‌جای آن دارای روده‌ای تخصص‌یافته هستند که قادر است علاوه بر عمل جذب مواد غذایی را هضم کند. دندان‌ها در این دسته از ماهی‌ها مسطح است که به آن‌ها اجازه می‌دهد تا قبل از بلع غذا ابتدا آن را خرد کنند (Furne *et al*., 2009; Furne *et al*., 2012). بیاح معمول در ۳ سالگی بالغ شده و تا حدود ۱۶ سال عمر می‌کنند. ازلحاظ تغذیه‌ای به‌طورکلی بیاح بالغ از مواد دیتریت شامل بقایای گیاهی و جانوری تغذیه می‌نماید. این ماهی به دلیل نوع ماده غذایی (مواد گیاهی و فیتوپلانکتون) که مصرف می‌کند دارای روده بسیار طولانی نسبت به طول بدن هست چون مواد غذای گیاهی دارای انرژی کمی است و باید مقدار زیادی ماده غذایی وارد روده شود و روده طولانی برای هضم و جذب این ماده کم انرژی موردنیاز است به همین علت طول روده بیاح چندین برابر طول روده شوریده می‌باشد (Koelz *et al*., 1992). آمیلاز برای هضم کربوهیدرات‌ها می‌باشد. آل کالین فسفاتاز آنزیمی است که از منطقه نوار مسواکی روده ترشح می‌شود و دارای انواع روده‌ای و کبدی است که نوع روده‌ای آن از بافت روده ترشح می‌گردد میزان فعالیت این آنزیم در روده بیانگر وضعیت فعالیت روده می‌باشد به‌طوری‌که میزان فعالیت این آنزیم به‌عنوان نشانگر تکامل سریع‌تر آنتروسیت های روده و رشد و بلوغ روده است. لیپاز آنزیمی است که توانایی هیدرولیز استرها را دارد و نقش اختصاصی تبدیل تری‌گلیسرید به گلیسرول و اسید چرب را ایفا می‌کند که به این عمل لیپولیز می‌گویند (Wold *et al*., 2007; Oledo *et al*., 2011). با توجه به اینکه عوامل متعددی مثل سن، شرایط اکولوژی محل زندگی و اندازه ماهی می‌توانند فعالیت آنزیم‌های گوارشی را تغیر دهند و بر اساس اینکه ماهی شبه شوریده رژیم گوشت‌خواری و ماهی بیاح بیشتر از فیتوپلانکتون ها تغذیه می‌کند (Allen *et al*., 2002) بنابراین با توجه به اهمیت گونه‌های ذکرشده ازلحاظ صید و صیادی و نقش تغذیه‌ای آن‌ها به‌ویژه در ناحیه جنوبی کشور مطالعه حاضر بر روی دو گونه با شرایط زیست‌محیطی و اکولوژی متفاوت جهت مشخص شدن مهم‌ترین آنزیم‌های مؤثر در فعالیت گوارشی به‌منظور تعیین نوع تغذیه مؤثر آن‌ها انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

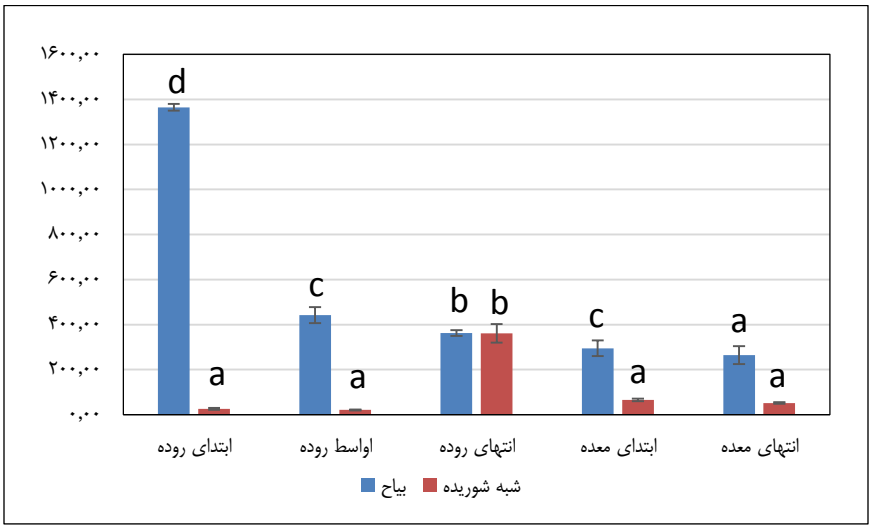
برای تعیین فعالیت آنزیم‌های گوارشی در ماهی بیاح و شبه شوریده در اواخر پاییز سال ۱۳۹۳ از ناحیه خور موسی در خلیج‌فارس نمونه‌گیری به کمک تور انتظاری صورت گرفت . نمونه‌ها هم‌اندازه به تعداد ۱۰ عدد با میانگین وزنی ۱۰±۱۵۰ گرم از هرگونه انتخاب شدند پس از بیهوشی به کمک پودر گل میخک از هرکدام پنج بخش موردنیاز برای تحقیق یعنی ابتدا معده در ناحیه کاردیا، انتهای معده، ابتدای روده، وسط روده، انتهای روده جداشده و سریع به فریزر منفی ۲۰ درجه منتقل شد (Lochmann and Sink, 2014). سپس نمونه‌ها از فریزر خارج و در دمای آزمایشگاه انجماد زدایی آن‌ها صورت گرفت. سپس آن‌ها را وزن نموده و تا حجم پنج برابر با محلول کلرید سدیم ۰/۲ مولار مخلوط شدند. سپس مخلوط به‌دست‌آمده در بشر ریخته شد و در مجاورت یخ و با استفاده از هموژنایزر عمل یکنواخت سازی انجام شد. سپس سوسپانسیون

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

حاصل در سانتریفیوژ یخچال دار با دور ۶۰۰۰ در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از سانتریفیوژ محلول رویی با پیپت برداشته شد و برای سنجش آنزیمی در میکروتیوب ۲ سی‌سی دیگری ریخته شد. سپس محلول در دستگاه اتوآنالایزر مدل سی آ ۴۰۰ (Lochmann and Sink, 2014) قرار گرفت و پس از اتمام کار دستگاه به کمک کیت پارس آزمون نتایج پرینت شده به میلی‌گرم پروتئین بر واحد تبدیل شد. نتایج حاصل یعنی میزان فعالیت آنزیم آمیلاز، آل کالین فسفاتاز و لیپاز برحسب میلی‌گرم پروتئین بر واحد به کمک نرم‌افزار SPSS ورژن ۱۸ و رسم نمودارها در فضای Microsoft Exel 2010 انجام گرفت.

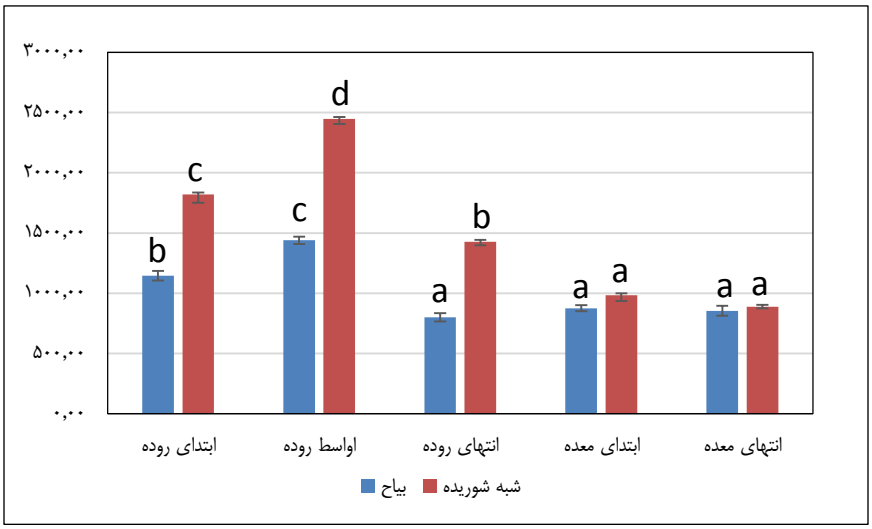
نتایج

نتایج حاصل از مقایسه میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی نشان داد که در ماهی بیاح میزان فعالیت آنزیم آمیلاز در ابتدای روده نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر بوده است و در انتهای معده میزان آن کمتر از سایر بخش‌های موردبررسی بود، می‌باشد. میزان فعالیت آنزیم آمیلاز در ماهی شبه شوریده همانند ماهی بیان در ابتدای روده بالاترین میزان و در انتهای معده کمترین میزان را نشان داد. فعالیت آنزیم آمیلاز در ماهی بیان نسبت به شبه شوریده نیز بررسی شد که نتایج نشان داد میزان فعالیت آنزیم آمیلاز در ماهی بیاح نسبت به ماهی شبه شوریده بسیار بالابود. همچنین در ماهی بیاح میزان فعالیت آنزیم آل کالین فسفاتاز همانند آنزیم آمیلاز در ابتدای روده نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر بوده است و در انتهای معده میزان آن کمتر از سایر بخش‌ها موردبررسی بود. میزان آنزیم آل کالین فسفاتاز در ماهی شبه شوریده همانند ماهی بیاح در ابتدای روده بالاترین میزان و در انتهای معده کمترین میزان را نشان داد. فعالیت آنزیم آل کالین فسفاتاز در ماهی بیاح نسبت به شبه شوریده نیز بررسی شد که نتایج نشان داد میزان فعالیت آنزیم آل کالین فسفاتاز در ماهی بیاح نسبت به ماهی شبه شوریده بسیار بالا و ازنظر آماری معنادار می‌باشد ($P<۰/۰۵$). در ماهی شبه شوریده میزان فعالیت آنزیم لیپاز در وسط روده نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر می‌باشد و در انتهای معده میزان آن کمتر از سایر بخش‌ها موردبررسی بود. میزان فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی بیاح همانند ماهی شبه شوریده در وسط روده بالاترین میزان و در انتهای معده کمترین میزان را نشان داد. فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی بیاح نسبت به شبه شوریده نیز بررسی شد که نتایج نشان داد میزان فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی شبه شوریده نسبت به ماهی بیاح بالاتر بوده است (نمودارهای ۱ تا ۳).

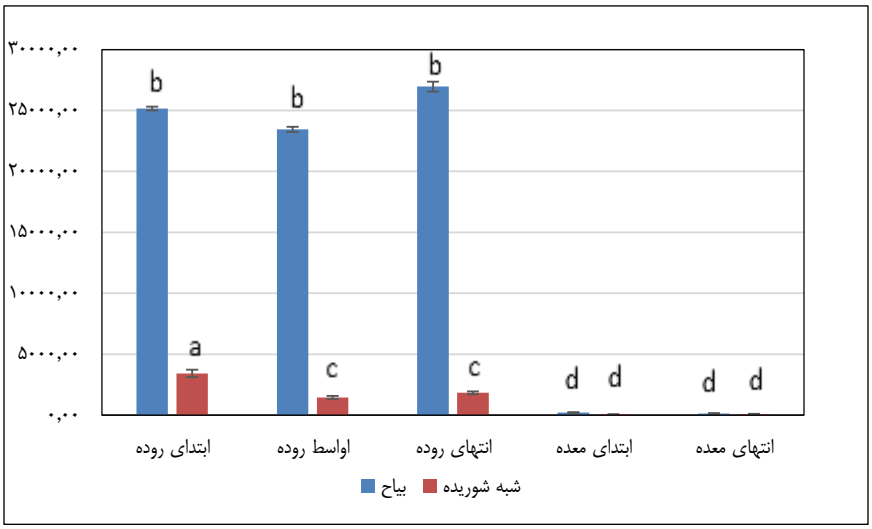


[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

شکل ۱: مقایسه میزان فعالیت آنزیم آمیلاز (برحسب میلی‌گرم پروتئین بر واحد) در گونه‌های بیاح (*Liza abu*) و شبه شوریده (*Johnius belangerii*) در قسمت‌های مختلف موردمطالعه در خلیج‌فارس (۱۳۹۳).



شکل ۲: مقایسه میزان فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز (برحسب میلی‌گرم پروتئین بر واحد) در گونه‌های بیاح (*Liza abu*) و شبه شوریده (*Johnius belangerii*) قسمت‌های مختلف موردمطالعه در خلیج‌فارس (۱۳۹۳).



شکل ۳: مقایسه میزان فعالیت آنزیم لیپاز (برحسب میلی‌گرم پروتئین بر واحد) در گونه‌های بیاح و شبه شوریده قسمت‌های مختلف موردمطالعه در خلیج‌فارس (۱۳۹۳).

بحث و نتیجه‌گیری

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

بر اساس تحقیق انجام‌گرفته مشخص گردید که میزان فعالیت آنزیم آمیلاز در ماهی بیاح نسبت به ماهی شبه شوریده بالا می‌باشد این آنزیم نقش مهمی در هضم موارد غذایی دارد. ماهی بیاح از مقدار فراوانی مواد گیاهی تغذیه می‌کند که دارای حدوداً ۵۰ درصد کربوهیدرات می‌باشد و ماهی برای استفاده از این میزان کربوهیدرات نیاز به مقدار زیادی آنزیم برای گوارش دارد که در دستگاه گوارش جانوران این فرایند را آنزیم آمیلاز انجام می‌دهد. علت بالا بودن مقدار این آنزیم در دستگاه گوارش ماهی بیاح به علت مصرف مقادیر بالایی از مواد گیاهی می‌باشد. این آنزیم کربوهیدرات موجود در مواد غذایی را به مالتوز، مالتوز تریوز، ترکیب انشعاب دار الیگوساکاریدی و گلوکز هیدرولیز می‌کند به همین دلیل میزان فعالیت آنزیم آمیلاز در شبه شوریده که از مواد گوشتی تغذیه می‌کند کمتر از ماهی بیاح است چون مواد گوشتی حاوی مقادیر فراوانی پروتئین و انواع لیپیدها می‌باشد و فقط مقدار اندکی مواد کربوهیدراتی دارد. در تحقیقی بامطالعه بر روی گونه جوان گربه‌ماهی کانال نتایج مشابهی گزارش گردید (Lochmann and Sink, 2014). علاوه بر آن میزان فعالیت آمیلاز در محیط قلیایی بیشتر است که می‌تواند علت دیگری برای بالا بودن مقدار فعالیت آن در بیاح که نوع ماده غذایی‌اش قلیایی است باشد (Stevens and Hume,1995). آنزیم‌ها کاتالیزورهای واکنش‌های بیوشیمیایی می‌باشند (Babaei *et al*., 2011). گوارش مواد غذایی در دستگاه گوارش آبزیان به مقدار زیادی به آنزیم‌های گوارشی بستگی دارد (Galaviz *et al*., 2011). آنزیم آمیلاز جهت تجزیه کربوهیدرات‌ها و آنزیم آلکالین فسفاتاز که در فرآیند معدنی سازی اسکلت آبزیان نقش مهمی دارد (Liu *et al*., 2009). میزان فعالیت آنزیم لیپاز در ماهی شبه شوریده بیشتر از میزان فعالیت این آنزیم در ماهی بیاح بوده است. ماهی شبه شوریده برعکس ماهی بیاح از مقدار زیادی مواد گوشتی استفاده می‌کند که این مواد حاوی مقدار زیادی از لیپیدها می‌باشد و برای هضم و جذب این میزان بالا لیپید مقدار بیشتری از آنزیم لیپاز موردنیاز است تا مواد درشت ملک ول چربی را به مواد کوچک‌تر (تبدیل‌تری گلیسیریدها به اسیدهای چرب و گلیسرول) که قابل‌جذب توسط روده باشد هیدرولیز کند. ولی به دلیل رژیم غذایی گیاهی در ماهی بیاح که حاوی مقدار اندکی چربی می‌باشد نیاز به مقدار زیادی لیپاز نمی‌باشد و به همین دلیل میزان این آنزیم در دستگاه گوارش ماهی بیان نسبت به شبه شوریده کمتر بود. آنزیم آل کالین فسفاتاز در محیط قلیایی فعالیت بالایی دارد و چون مواد غذایی گیاهی که ماهی بیاح مصرف می‌کند یک محیط قلیایی ایجاد می‌کند بنابراین میزان فعالیت آنزیم آل کالین فسفاتاز در این ماهی بالاتر از ماهی شبه شوریده است. علاوه بر آن فسفات در مواد گیاهی نسبت به مواد گوشتی بالا است و این اصل نیز در بالا بودن میزان فعالیت آل کالین فسفاتاز در ماهی با رژیم غذایی گیاهی نقش مهمی دارد که با تحقیقات سایر محققین بر روی دیگرگونه‌ها با رژیم همه‌چیزخواری بر پایه گوشت‌خواری مطابقت دارد (Stoner & Livingston,1984). از روی نوع و میزان آنزیم‌های گوارشی می‌توان نوع ماده غذایی مورداستفاده ماهی که توانایی هضم آن را دارد پیش‌بینی کرد (Moran and Clements, 2002). به‌طور خلاصه مطالعه روی ترشحات گوارشی در ماهی می‌تواند جنبه‌های مشخص از فیزیولوژی غذایی را روشن کند و باعث حل مشکل غذایی مانند تطابق توانایی تغذیه ماهی به رژیم غذایی مصنوعی شود (Mountfort *et al*., 2002). پایه بیشتر مشکلات پرورش ماهی جدید حل مشکل تغذیه‌ای آن می‌باشد (Nasopoulou and Zabetakis, 2012).

منابع

Allen, L. G, Findlay, A. M. and Phalen, C. M., 2002. Structure and standing stock of the Wsh assemblages of San Diego Bay, California from1994 to 1999. Bulletin of the Southern California Academy of Sciences 101:49–85.

Alvarez-González, C. A., Moyano-López, F. J., Civera-Cercedo, R., Carrasco-Chávez, V., Ortiz-Galindo, J. and Dumas, S., 2008. Development of digestive enzyme activity in larvae of spotted sand bass (*Palabraxmaculato fasciatus*). I: Biochemical analysis. Fish Physiology and Biochemistry, 34: 373-384.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

Babaei, S. S., Kenari, A. A., Nazarí, R. and Gisbert, E., 2011. Developmental changes ofdigestive enzymes in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) during larval ontogeny. Aquaculture, 318: 138-144.

Chan, A. S., Horn, M. H., Dickson, K. A. and Gawlicka, A., 2004. Digestive enzyme activities in carnivores and herbivores: comparisons among four closely related pricklebackWshes (Teleostei: Stichaeidae) from a California rocky intertidal habitat. Journal of fish biology, 65: 848–858.

Fullerton, K. and Cheung, P., 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part I: proximate composition, amino acid profiles, and some physico-chemical properties. Food Chemistry, 71: 475–482.

Furne, M., Morales, A. E., Trenzado, C. E., García-Gallego, M. and Carmen, M., 2012. The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon and rainbow trout. Journal of Comparative Physiology B, 182: 63-76.

Furne. M., Sanz, A., García-Gallego, M., Hidalgo, M. C. and Domezain, A., 2009. Metabolic organization of the sturgeon (*Acipenser naccarii*). A comparative study with rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 289: 161-166.

Galaviz, M. A., García-Gasca, A., Drawbridge, M., Alvarez-González, C. A. and López, L. M., 2011. Ontogeny of the digestive tract and enzymatic activity in white sea bass, Atracto scionnobilis, larvae. Aquaculture, 318: 162-168.

Gisbert, E., Fernández, I. and Álvarez-González, C. A., 2011. Prolonged feed deprivation does not permanently compromise digestive function in migrating European glass eels Anguilla anguilla. Journal of Fish Biology, 78: 580-592.

Heydarnejad, M. S., 2012. Survival and growth of common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to different water pH levels. Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences, 36: 245-249.

Jiménez-Martínez, L. D., Alvarez-González, C. A., Tovar-Ramírez, D., Gaxiola, G., Sanchez-Zamora, A., Moyano, F. J. and Palomino-Albarrán, I. G., 2012. Digestive enzyme activities during early ontogeny in Common snook (*Centropomus undecimalis*). Fish Physiology and Biochemistry, 38: 441-454.

Liu, H., Wu, X., Zhao, W., Xue, M. and Guo, L., 2009. Nutrients apparent digestibility coefficients of selected protein sources for juvenile Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*), compared by two chromic oxide analyses methods. Aquaculture Nutrition, 15: 650-656.

Logothetis, E. A., Horn, M. H. and Dickson, K. A., 2001. Gut morphology and function in (*Atherinopsa Vinis)* (Teleostei: Atherinopsidae), a stomachless omnivore feeding on macroalgae. Journal of fish biology, 59: 1298–1312.

Moran, D. and Clements, K. D., 2002. Diet and endogenous carbohydrases in the temperate marine herbivorous (*Kyphosus sydneyanu*s) (Perciformes: Kyphosidae). Journal of fish biology, 60: 1190–1203.

Mountfort, D. O., Campbell, J. and Clements, K. D., 2002. Hindgut fermentation in three species of marine herbivorous Wsh. Applied and environmental microbiology, 68:1374–1380.

Nasopoulou, C. and Zabetakis, I., 2012. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. LWT-FOOD Science and Technology, 47: 217-224.

Oreilly, K. M. and Horn, M. H., 2004. Phenotypic variation among populations of (*Atherinopsa Vinis*) (Atherinopsidae) with insights from a geometric morphometric analysis. Journal of fish biology, 64: 1117–1135.

Oledo, E. M., Moyano-López, F. J., Tovar-Ramírez, D., Strüssmann, C. A., Al varez-González, C. A., Martínez-Chávez, C. C. and Martínez-Palacios, C. A., 2011. Development of digestive biochemistry in the initial stages of three cultured Atherinopsids. Aquaculture Research, 42: 776-786.

Sink, T. D. and Lochmann, R. T., 2014. The effects of soybean lecithin supplementation to a practical diet formulation on juvenile channel catfish (Ictalurus punctatus): Growth, survival, hematology, innate immune activity, and lipid biochemistry. Journal of the World Aquaculture Society, 45: 163-172.

Stevens, C. E. and Hume, I. D., 1995. Comparative physiology of the vertebrate digestive system. Press Syndicate, University of Cambridge, Melbourne.

Stoner, A. and Livingston, R., 1984. Ontogenetic patterns in diet and feeding morphology in sympatric sparid fishes from seagrass meadows. Copeia, 174–187.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

Tocher, D. R., Bendiksen, E. A., Campbell, P. J. and Gordon, Bell, J., 2008. The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish. Aquaculture, 280: 21–34.

Tong, X. H., Xu, S. H., Liu, Q. H., Li, J., Xiao, Z. Z. and Ma, D. Y., 2012. Digestive enzyme activities of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) during early developmental stages under culture condition. Fish Physiology and Biochemistry, 38: 715-724.

Wold, P. A., Hoehne-Reitan, K., Cahu, C.L., Infante, J. Z., Rainuzzo, J. and Kjørsvik, E., 2007. Phospholipids vs. neutral lipids: Effects on digestive enzymes in Atlantic cod larvae. Aquaculture, 272: 502-513.

Zhao, J., Ai Q., Mai, K., Zuo, R. and Luo, Y., 2013. Effects of dietary phospholipids on survival, growth, digestive enzymes and stress resistance of large yellow croaker (*Larmichthys crocea*) larvae. Aquaculture, 410: 122-128.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]