

مقاله پژوهشی

بررسی تطبیقی میزان رشد، بقا و پروتئین کل در *Artemia franciscana* تغذیه شده با پودر جلبک اسپیرولینا و دونالیلا در شرایط آزمایشگاهی

رضا روشندل^۱، رامین مناففر^{۲*}، سعید مشکینی^۳

DOI: 10.22124/japb.2024.25821.1517

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۴۰۲

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۲

چکیده

آرتمیا مهم‌ترین غذای زنده قابل کشت در آبی‌پروری است. با توجه به کشت انبوه، امکان استفاده راحت و ارزش غذایی اسپیرولینا در آبی‌پروری، تاثیر جلبک‌های *Dunaliella salina* و *Spirulina platensis* بر میزان رشد، بقا و پروتئین کل *Artemia franciscana* مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور ابتدا آرتمیا در شرایط آزمایشگاهی کشت و با ترکیبی از مخمر و پودر جلبک اسپیرولینا در ۵ تیمار مختلف (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پودر جلبک اسپیرولینا و مخمر) در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد جلبک دونالیلا و مخمر) پرورش داده شد. نتایج نشان داد که رشد در تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پودر اسپیرولینا و بقا در تیمار ۱۰۰ درصد پودر جلبک اسپیرولینا تفاوت معنی‌داری نسبت به تغذیه با تیمار شاهد داشت ($P < 0/05$). در بررسی اولین بلوغ در هر تیمار مشخص شد که تیمار ۱۰۰ درصد پودر اسپیرولینا زودترین زمان بلوغ را داشت که این نتیجه کاملاً با میزان پروتئین کل تیمارها مطابق بود. با توجه به نتایج، بهترین تیمار از لحاظ رشد، بقا، زمان اولین بلوغ و میزان پروتئین کل، تیمار ۱۰۰ درصد پودر اسپیرولینا بود. از این رو، پرورش آرتمیا با اسپیرولینا توجیه علمی و اقتصادی دارد.

واژگان کلیدی: آرتمیا، اسپیرولینا، بقا، پروتئین، رشد.

۱- دانشجوی دکتری شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳- دانشیار گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

* نویسنده مسئول: R.manaffar@urmia.ac.ir

مقدمه

آرتمیا به عنوان یک غذای زنده به دلیل ارزش غذایی بالا، اندازه کوچک، عدم نیاز به تغییرات انواع غذا از ناپلیوس به بزرگسالان و مقرون به صرفه بودن کشت، کاربرد فراوانی در آبزی‌پروری دارد. آرتمیا به شکل‌های مختلف در آبزی‌پروری استفاده می‌شود که شامل سیستم‌های کپسوله شده، ناپلیوس تازه تخم‌گشایی شده، متاناپلیوس، پست‌لارو و بالغ است. به دلیل پروتئین بیشتر و محتوای چربی کمتر نسبت به مرحله ناپلیوس، اشکال پست‌لارو و بالغ به عنوان زیست‌توده آرتمیا، از مزیت‌های زیادی در تغذیه آبزی‌پروری بویژه در پرورش میگو و ماهی‌های زینتی برخوردار هستند (Sorgeloos et al., 1998). لازم به اشاره است موجوداتی که به عنوان غذای زنده در پرورش آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرند غیر از داشتن ارزش بالایی از مواد مغذی مانند پروتئین‌های ضروری، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب (New, 1998) باید دارای شکل و ویژگی‌های مناسبی برای پرورش، نگهداری و تغذیه آبزیان باشند. با تکیه بر اندازه و ارزش غذایی مناسب، آرتمیا یکی از ژئوپلانکتون‌های اصلی است که به عنوان خوراک طبیعی برای پرورش ماهی و میگو

تولید آبزیانی سالم، با رشد کافی و ارزش غذایی بالا در کوتاه‌ترین زمان ممکن، کلید موفقیت در صنعت آبزی‌پروری است (Richard et al., 2015). این موفقیت تا حد زیادی به تامین نیازهای اولیه غذایی آبزیان در مراحل لاروی و استفاده از مواد غذایی با کیفیت و مناسب بستگی دارد (Vijayaram et al., 2024). با در نظر گرفتن این که اغلب لارو آبزیان فاقد یک سیستم گوارش کامل و تکامل یافته در دوران لاروی هستند و برخی از آنزیم‌های گوارشی مانند پپسین که در هیدرولیز پروتئین‌ها موثر است، هنوز به صورت کامل فعال نیستند به نظر می‌رسد انتخاب غذای زنده‌ای که بتواند در هضم دیگر مواد غذایی کنسانتره نیز به موجود یاری رساند اهمیت بسیاری در کسب موفقیت دارد (Kjorsvik et al., 2011).

آرتمیا به دلیل داشتن ویژگی‌های بسیار منحصر به فرد از جمله بالاترین قدرت تنظیم فشار اسمزی، تنوع گونه‌ای، تولیدمثل متنوع، طول عمر محدود، تغذیه راحت و نگهداری آزمایشگاهی کنترل شده به عنوان یک مدل جانوری در مطالعات اکولوژیکی، زیست‌شناسی و فیزیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Conceicao et al., 2010). علاوه بر این،

حاضر به عنوان مکمل غذایی در جیره غذایی آبزیان مورد استفاده قرار گرفته که اسپیرولینا (*Spirulina*) یکی از مهم‌ترین آنها است و می‌تواند به عنوان مکمل یا جایگزین کامل پروتئین‌ها برای رشد بهتر، افزایش کیفیت رنگ و لقاح در غذای آبزیان به کار رود (Clements and Raubenheimer, 2006).

با این که جلبک‌های مختلفی از جمله گونه‌های متفاوت جنس‌های *Dunaliella*، *Chlorella*، *Nannochloropsis* و *Isochrysis* با مصارف مطالعاتی، غذایی و دارویی به صوت عمده پرورش داده می‌شوند، اما اخیراً جلبک اسپیرولینا به دلیل ارزش غذایی بالا، کشت نسبتاً راحت و بازار پسندی آن اهمیت بیشتری در جیره غذایی و دارویی انسان‌ها یافته است (Volkman et al., 2008). اسپیرولینا یک جلبک سبز-آبی، رشته‌ای و عموماً مارپیچی شکل است (Belay, 2002; Habib et al., 2008). این ریزجلبک دارای ترکیبات فعال زیستی متعددی است که می‌تواند برای استفاده تجاری به کار رود (Sharma and Sharma, 2017). این جلبک به علت شناور بودن در آب نیازی به ساختن دیواره سلولی سلولزی ندارد. از این رو، فقدان دیواره‌های سلولزی باعث می‌شود تا با

استفاده می‌شود. آرتمیا احتمالاً محبوب‌ترین رژیم غذایی زنده در آبی پروری است که با روش‌های ویژه کشت و غنی‌سازی آن می‌توان باعث ارتقا هر چه بهتر آن نیز شد (Lavens and Sorgeloos, 1996).

مطالعات نشان داده است که با استفاده از غنی‌سازی و تغذیه با غذاهای مغذی هم می‌توان ارزش غذایی آرتمیا را افزایش داد و هم باعث افزایش بقا و رشد لارو آرتمیا شد (Manaffar et al., 2005). از بین تمامی غذاهای مورد استفاده در پرورش آرتمیا ریزجلبک‌ها نقش مهم‌تری در جیره غذایی این زئوپلانکتون دارند (Coutteau et al., 1990). رژیم‌های غذایی پایدار به عنوان شاخصی در جهت اصلاح برنامه غذا و تغذیه به کار می‌روند. استفاده ریزجلبک‌ها به عنوان منابعی سرشار از پروتئین و دیگر مواد معدنی ضروری در بدن انسان و نیز برای تغذیه بشر و جانوران پرورشی بسیار مفید و حائز اهمیت است. این میکروجلبک‌ها کاملاً سازگار با محیط زیست و طبیعت هستند که جوامع بشری می‌توانند در آینده نزدیک از این شاخص در سیاست‌گذاری غذا و تغذیه به توسعه پایدار جوامع و استفاده بهینه از منابع انسانی و طبیعی کمک شایانی کنند (Hooti and Manaffar, 2023). تعدادی از گونه‌های جلبکی در حال

جلبک اسپیرولینا بر رشد و بازماندگی، هم‌آوری، رنگ‌پذیری، ایمنی و شاخص‌های خون داشته است (Teimouri et al., 2013).

Dunaliella یک جنس از جلبک‌های سبز تک‌سلولی و فتوسنتزی است. این جلبک‌ها به دلیل توانایی خود برای رشد در محیط‌های فوق شور، مانند دریاچه‌های نمک و حوضچه‌های نمک شناخته شده‌اند. گونه‌های دونالیلا می‌توانند مقادیر زیادی بتاکاروتن و گلیسرول را در شرایط سخت انباشته کنند که آنها را برای کاربردهای مختلف بیوتکنولوژیکی، از جمله تولید کاروتنوئیدها برای محصولات آرایشی و بهداشتی و همچنین کاربردهای بالقوه در پژوهش‌های پزشکی و سوخت‌های زیستی ارزشمند می‌کند (Oren, 2014). این جلبک به صورت موفق‌تری سال‌ها است که به عنوان اصلی‌ترین غذای آرتیمیا فرموله شده است (Coutteau et al., 1992).

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات سطوح مختلف پودر جلبک *S. platensis* بر شاخص‌های رشد و بازماندگی و میزان پروتئین‌های موجودات تغذیه شده با این جلبک طراحی و اجرا شد.

هضم آسان‌تر و سریع‌تر، مواد تشکیل دهنده اسپیرولینا بویژه پروتئین‌ها جذب شوند و در عین حال بیشترین در صد پروتئین در جلبک‌ها نیز مربوط به این جلبک است که این دو عامل سبب برتری اسپیرولینا نسبت به جلبک‌های دیگر می‌شود (Dernekbasi et al., 2010). *Spirulina platensis* یکی از گونه‌های غالب این جنس از غنی‌ترین منابع پروتئینی با منشا میکروبی است که در مقایسه با گوشت و سویا، دارای سطوح پروتئینی مشابهی است (Lupatini et al., 2017). مطالعات نشان داده است که اسپیرولینا به عنوان یک ماده غذایی، مکمل غذایی برای ماهی، میگو و طیور و به تدریج به عنوان مکمل پروتئین و ویتامین برای خوراک آبزیان استفاده می‌شود. جلبک اسپیرولینا ارزش غذایی بالایی دارد و به دلیل محتوای پروتئین بالا (۶۰ تا ۷۰ درصد وزن خشک)، ویتامین، مواد معدنی، اسیدهای چرب و مواد مغذی دیگر، غذایی ایده‌آل است. اسپیرولینا غذایی فوق العاده، دارای غلظت بالایی از بتاکارتن، ویتامین، B₁₂، آهن، عناصر کمیاب، گاما لینولئیک اسید است (Santos et al., 2016). بیشتر مطالعات قبلی در جیره‌های غذایی آبزیان نشان از اثرات مثبت استفاده از

مواد و روش‌ها

کشت جلبک اسپیرولینا

استوک جلبک *Spirulina platensis* از شرکت دانش‌بنیان زیست‌فن گستر اسپوتا (ارومیه) تهیه شد. کشت به روش آزمایشگاهی انجام شد. برای این کار ارلن‌های ۵ لیتری در مقابل لامپ‌های فلورسنت از فاصله ۱۵ سانتی‌متری به صورت ۲۴ ساعته با شدتی معادل ۴۰ میکرومول بر متر مربع نوردهی شدند. هوادهی از طریق لوله‌های هوادهی متصل به پمپ مرکزی انجام گرفت. دمای محیط کشت در محدوده 28 ± 1 درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد. برای جلوگیری از ورود هر گونه آلودگی از طریق هوا، درب ارلن‌ها با پنبه و سپس با فویل مسدود شد. pH محیط پرورش در حدود 10 ± 1

حفظ شد (Sheikhi Nejad et al., 2015; Paknejadi et al., 2018). از محیط کشت زاروک برای پرورش جلبک استفاده شد. ترکیبات مورد استفاده در محیط کشت زاروک بر اساس روش Zarrouk (۱۹۹۶) تهیه شد. دوره کشت بر روی ۱۴ روز تنظیم شد. پس از اتمام دوره و رسیدن توده زیستی به بیشترین تراکم در انتهای دوره رشد تصاعدی، زیست‌توده جلبک توسط توری‌های ۳۰ میکرونی جداسازی و سپس با آب شیر شسته شد. زیست‌توده پس از آبگیری کامل، در درون دستگاه خشک‌کن (انکوباتور ویژه، آریا تجهیز، ایران) مجهز به فن در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت خشک و آنالیز شد (جدول ۱).

جدول ۱: اطلاعات مربوط به آنالیز زیست‌توده یودری جلبک اسپیرولینا

ویژگی مطلوب بر اساس منابع	نتیجه بررسی	نوع آنالیز
پودر سبز	سبز زیتونی	ویژگی ظاهری
طعم جلبک دریایی	تائید نظری	بو / طعم
۸/۰ درصد \leq	۵/۳۰ گرم	خاکستر
۸/۰ درصد \leq	۶/۸۵ گرم	چربی کل
۶۰ درصد \geq	۶۲/۸۰ گرم	پروتئین خام
۱۰ درصد \geq	۱۲/۵۰ میکرومتر	اندازه ذرات
۱۰۰۰ CFU/g \leq	۱۰۰ CFU/g	مخمر و کپک

زیست‌توده خشک تهیه شده سپس توسط آسیاب دستی به خوبی پودر شد، به طوری که اندازه ذرات آن حداقل کوچکتر از ۵۰ میکرون بود. پودر آماده شده تا زمان آزمایش در جای خشک و تاریک نگهداری شد.

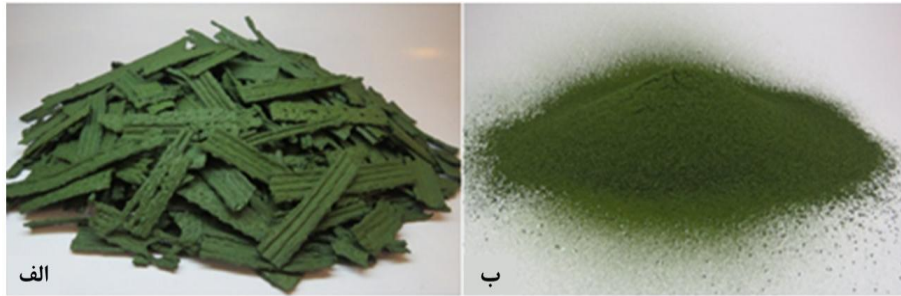
کشت جلبک دونالیلا

استوک جلبک *Dunaliella salina* از پژوهشگاه آرتمیا و آبی‌پروری دانشگاه ارومیه تهیه شد. کشت به روش ارائه شده توسط Lavens و Sorgeloos (۱۹۹۶) توسط محیط کشت Walne صورت گرفت. ترکیب شیمیایی و نحوه آماده‌سازی ترکیب شیمیایی طبق روش Coutteau و همکاران (۱۹۹۲) انجام شد. میزان نور لازم برای پرورش جلبک ثابت نبود و با افزایش عمق و غلظت محیط پرورش، شدت نور افزایش داده شد (۱۵ میکرومول در متر مربع در ثانیه برای ارلن مایر، ۷۵-۱۵ میکرومول در متر مربع در ثانیه برای حجم‌های بیشتر) تا بتواند به عمق محیط نفوذ کند. این نور توسط لامپ‌های فلورسنت تامین شد. برای این کار لوله‌های ذخیره، لوله‌های آزمایش و ارلن‌های مختلف توسط دو عدد لامپ فلورسنت از فاصله ۳۰-۴۰ سانتی‌متر نوردهی شدند. دوره نور مصنوعی به صورت ۲۴ ساعته تامین شد (Lavens and

Sorgeloos, 1996). دمای محیط کشت ۲۷ درجه سانتی‌گراد بود. شوری مورد نیاز برای پرورش جلبک بر حسب شوری استوک اولیه تنظیم شد. برای این کار آب دریاچه ارومیه که قبلاً توسط اتوکلاو استریل شده بود با اضافه کردن آب شیر بر روی این شوری و pH حدوداً ۸-۸/۵ تنظیم شد. هوادهی در مراحل مختلف توسط لوله‌های هوادهی متصل به پمپ مرکزی انجام می‌گرفت. برای جلوگیری از ورود هر گونه آلودگی از طریق هوا، یک فیلتر اصلی در ورودی هوا به لوله مادر هوا قرار داده شد (Lavens and Sorgeloos, 1996). هنگامی که غلظت جلبک‌ها در ارلن‌ها به بیشترین مقدار خود رسید عمل هوادهی قطع و جلبک موجود در آن به کمک سانتریفوژ خالص شد. طبق فرمول غذایی Coutteau و همکاران (۱۹۹۲)، جلبک غلیظ شده قبل از استفاده در تغذیه آرتمیا تا حد معینی (۱۰۶×۱۸ سلول در میلی‌لیتر) رقیق شد.

آماده‌سازی غذای آرتمیا

برای تهیه غذای پودری جلبک ابتدا ۲ گرم پودر جلبک که کاملاً در اندازه زیر ۵۰ میکرومتر پودر شده بود (شکل ۱) در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب با شوری ۱۰ گرم در لیتر حل شد. محلول در دوره مصرف در یخچال نگهداری شد.



شکل ۱: تصویر مربوط به ساختار فیزیکی پودر اسپیرولینای خشک شده. الف) زیست توده جلبک خشک شده به صورت ورقه (Flake). ب) پودر تهیه شده از زیست توده خشک جلبک

تخم‌گشایی سیستم آرتمیا تحت شرایط استاندارد انجام شد (Lavens and Sorgeloos, 1996). بدین منظور سیستمها در شرایط آزمایشگاهی استاندارد (نور ۲۰۰۰-۳۰۰۰ لوکس، دما 27 ± 1 درجه سانتی‌گراد، $pH 8 \pm 1$ ، هوادهی کافی و شوری ۳۵ گرم در لیتر) در آب رقیق شده دریاچه ارومیه توسط آب شهری (در صورت استفاده از آب شیر باید به مدت یک تا دو ساعت هوادهی شود تا کلر آب خارج شود)، تخم‌گشایی شدند. هوادهی برای تخم‌گشایی تا ۲۴ ساعت ادامه یافت و نهایتاً لاروهای تخم‌گشایی شده با استفاده از نورگرایی مثبت توسط پیپت از پوسته جدا شدند. در مرحله بعد، پرورش لاروها با تراکم ۵۰۰ عدد ناپلیوس در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آغاز شد. پرورش آرتمیا در درون مخروط‌های پلاستیکی و به صورت همزمان در تمامی تیمارها و تکرارها

استوک تهیه شده هر سه روز یک بار به صورت تازه تهیه شد. همچنین ۱ گرم پودر مخمر در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب با شوری ۱۰ گرم در لیتر حل شد و به عنوان غذا در تیمارهای مختلف استفاده شد. جلبک دونالیلای تازه نیز پس از کشت و تنظیم تراکم آن بر روی ۱۸ میلیون سلول در هر میلی‌لیتر تا مدت مصرف در یخچال نگهداری شد (Coutteau et al., 1992).

مراحل پرورش آرتمیا

سیستم آرتمیا (*Artemia franciscana*) از بانک سیستم دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه تهیه شد. این نمونه از مجموعه سیستم‌های بانک جهانی سیستم آرتمیای دانشگاه گنت بلژیک، مرکز رفرنس جهانی آرتمیا (Artemia Reference Centre) بود.

انجام شد. در تیمار بندی آرتمیایا به غیر از تیمار شاهد که به صورت استاندارد بر اساس فرمول Coutteau و همکاران (۱۹۹۲) صورت گرفت، در بقیه تیمارهای غذایی از مخمر نانوائی و درصدهایی از پودر اسپیرولینا (جدول ۲) استفاده شد. پرورش به مدت ۱۵ روز تا انتهای مرحله بلوغ آرتمیا صورت گرفت. در طول دوره آرتمیایا سه بار شمارش و زیست‌سنجی شدند و درصد بقا و رشد دقیقاً برای هر تیمار محاسبه شد (Lavens and Sorgeloos, 1996).

همچنین با مشاهده روزانه آرتمیایا بلوغ آنها بررسی شد. بررسی رشد و بقا از ابتدا تا انتهای دوره (۱۵ روز) هر ۵ روز یک بار با روش Triantaphyllidis و همکاران (۱۹۹۶) انجام شد. بدین منظور کل آرتمیایا هر تکرار توسط فیلتر مناسب (۳۰ تا ۱۵۰ میکرومتر) جداسازی شده و همزمان با شمارش آرتمیایا هر ظرف آب کل تکرار هم با آبی با همان شوری و دما تعویض شد. به منظور بررسی میزان رشد از هر

تیمار ۵ نمونه آرتمیا برداشت شده و توسط استریومیکروسکوپ (Olympus, SM B12, ژاپن) مجهز به میکرومتر زیست‌سنجی شدند. برای انجام این کار ابتدا آرتمیایا برداشت شده در داخل لوگول ۱ درصد تثبیت و بلافاصله اندازه‌گیری طول کل انجام شد (Triantaphyllidis et al., 1995).

سنجش پروتئین

یک گرم از نمونه‌های مورد آزمایش داخل لوله‌های هضمی کجدال (سرابی، ایران) ریخته شد. سپس ۵ گرم کاتالیزور شامل ۰/۵ گرم سولفات مس (Merck، آلمان) و ۴/۵ گرم سولفات پتاسیم (Merck، آلمان) به داخل لوله‌ها افزوده شد. سپس لوله‌ها به مدت ۳-۲/۵ ساعت (با توجه به ماهیت نمونه) در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بر روی گرم کننده مخصوص تکاتور قرار داده شد تا هضم شوند و به صورت کاملاً شفاف درآیند.

جدول ۲: تیمارهای غذایی مورد استفاده برای آرتمیا

تیمار ۵	تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱	تیمار شاهد	درصد و گونه جلبک*
۱۰۰٪ پودر <i>Spirulina platensis</i>	۸۰٪ پودر <i>Spirulina platensis</i>	۶۰٪ پودر <i>Spirulina platensis</i>	۴۰٪ پودر <i>Spirulina platensis</i>	۲۰٪ پودر <i>Spirulina platensis</i>	۱۰۰٪ جلبک <i>Dunaliella salina</i>	

*: در تمامی تیمارها میزان مخمر دقیقاً بر اساس جدول استاندارد استفاده شد (Coutteau et al., 1992). درصد پودر اسپیرولینا نیز نسبت به میزان کل جلبک دونالیلا محاسبه شد.

مخمر) درصد بقا و بازماندگی بهتری داشت. همچنین در روز ۱۵ تفاوت در بازماندگی بین تیمار شاهد و تیمار ۱۰۰ درصد پودر اسپیرولینا و مخمر معنی‌دار بود ($P < 0.05$).

نتایج بررسی رشد آرتمیاهای نگهداری شده در این سیستم پرورش نشان داد که با افزایش درصد پودر اسپیرولینا در جیره، بهترین میزان رشد در آرتمیا به دست آمد (جدول ۴). به طوری که بیشترین اثرات مثبت را در رشد و اندازه طول بدن و زمان بلوغ آرتمیا در تیمار (۱۰۰ درصد پودر جلبک اسپیرولینا) در مقایسه با تیمار شاهد (تیمار ۱۰۰ درصد جلبک دونالیلا) و تیمارهای دیگر پودر اسپیرولینا داشت. بر اساس نتایج، در روزهای ۵، ۱۰ و ۱۵ شاخص رشد تیمار شاهد (۱۰۰ درصد جلبک دونالیلا) نسبت به تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پودر جلبک اسپیرولینا از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشت. در پایان دوره (روز ۱۵) تیمار شاهد از کمترین میزان رشد طول بدن نسبت به تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پودر جلبک اسپیرولینا برخوردار بود.

بعد از سرد شدن بالن و محتویات آن، مقدار ۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس این محلول در دستگاه کلتک برای تقطیر و تیتراسیون قرار داده شد. از محلول هیدروکسید سدیم ۴۰ درصد (Merck، آلمان) برای قسمت تقطیر و برای قسمت تیتراسیون از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و معرف اسید بوریک استفاده شد. دستگاه با بلانک صفر شد که شامل تمام موارد بالا به جز نمونه مورد آزمایش بود. سپس نمونه‌ها به ترتیب در دستگاه قرار داده شد و نسبت به نیتروژن کل نمونه اندازه‌گیری شد و پروتئین خام به دست آمد (AOAC, 2000).

نتایج

نتایج به دست آمده از بررسی میزان بقا و بازماندگی آرتمیا در تغذیه با تیمارهای مختلف در جدول ۳ آورده شده است که نشان می‌دهد کمترین میزان بقا در نمونه‌های تغذیه شده در تیمار ۲۰ درصد پودر جلبک اسپیرولینا و مخمر و بیشترین میزان آن در تیمار ۱۰۰ درصد پودر جلبک اسپیرولینا و مخمر بود که حتی نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد جلبک دونالیلا و

جدول ۳: درصد بقای آرتمیا در تیمارهای مختلف در طول دوره پرورش (میانگین \pm انحراف معیار)

تیمار شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	درصد بقا
۱۰۰٪ دونالیا	۲۰٪ اسپیرولینا	۴۰٪ اسپیرولینا	۶۰٪ اسپیرولینا	۸۰٪ اسپیرولینا	۱۰۰٪ اسپیرولینا	
۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	روز صفر
۵۹/۹±۲/۹۶ ^b	۵۳/۸±۲/۵۴ ^b	۵۱/۲±۱/۴۰ ^b	۳۷/۲±۰/۲۸ ^a	۵۶/۸±۲/۵۴ ^b	۵۳/۳±۲/۴۰ ^b	روز پنجم
۴۹/۴±۲/۹۶ ^c	۱۵/۸±۱/۴۱ ^a	۲۰/۰±۰/۵۶ ^a	۱۸/۸±۰/۴۲ ^a	۳۲/۰±۲/۶۲ ^b	۴۱/۸±۱/۹۷ ^c	روز دهم
۳۰/۳±۰/۱۴ ^b	۹/۰۶±۱/۶۹ ^a	۱۰/۸±۰/۸۴ ^a	۱۳/۹±۱/۲۷ ^a	۲۹/۰±۰/۲۸ ^b	۳۸/۲±۲/۲۶ ^c	روز پانزدهم

در هر ردیف اعداد با حروف لاتین متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

جدول ۴: رشد (طول کل) آرتمیا در تیمارهای مختلف (میانگین \pm انحراف معیار)

تیمار شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	طول کل (میکرومتر)
۱۰۰٪ دونالیا	۲۰٪ اسپیرولینا	۴۰٪ اسپیرولینا	۶۰٪ اسپیرولینا	۸۰٪ اسپیرولینا	۱۰۰٪ اسپیرولینا	
۲۴۲۱/۶۶±۱۹۳/۸۸ ^b	۲۳۵۹/۱۶±۱۸۹/۰۸ ^b	۲۱۵۳/۸۳±۱۸۵/۵۷ ^c	۲۳۲۴/۶۶±۱۹۲/۹۰ ^b	۲۹۶۸/۵±۱۹۴/۲۵ ^a	۲۹۳۱/۳۳±۱۹۵/۴۴ ^b	روز پنجم
۴۸۲۱±۲۳۹/۹۴ ^c	۳۶۶۰/۵±۱۱۵/۱۱ ^c	۵۳۴۱±۲۹۰/۵۰ ^b	۴۹۲۱/۱۶±۳۹۵/۲۱ ^b	۴۸۵۰/۳۳±۲۳۸ ^b	۵۷۰۵/۱۶±۳۵۶/۱۳ ^a	روز دهم
۵۷۶۶/۱۶±۳۱۳/۷۸ ^d	۵۵۰۴/۱۶±۳۸۷/۲۹ ^d	۶۰۱۰/۵±۲۲۹/۷۴ ^c	۶۸۶۲/۳۳±۱۵۸/۰۴ ^{bc}	۷۳۹۳/۶۶±۲۶۹/۹۳ ^b	۸۵۴۵/۳۳±۱۶۴/۲۹ ^a	روز پانزدهم

در هر ردیف اعداد با حروف لاتین متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

بررسی میزان رشد (طول بدن) آرتمیایها با انواع تیمارهای تغذیه‌ای مختلف نشان داد بیشترین میزان رشد در تیمار ۱۰۰ درصد اسپیرولینا و کمترین میزان رشد در تیمار ۲۰ درصد اسپیرولینا بود، همچنین تفاوت در میزان رشد طول بدن بین تیمار شاهد و تیمار ۱۰۰ درصد اسپیرولینا معنی‌دار بود ($P < 0.05$). نتایج بررسی میزان پروتئین در تیمارهای مختلف در جدول ۶ آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش درصد پودر اسپیرولینا مقدار پروتئین افزایش یافت و

همچنین تفاوت معنی‌داری در محتوای پروتئین در آرتمیاهای تغذیه شده با پودر جلبک اسپیرولینا و جلبک دونالیلا مشاهده شد ($P < 0/05$). در بین تیمارها بالاترین میزان پروتئین مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد اسپیرولینا بود که این پروتئین در این تیمار با میزان بلوغ هماهنگ بود.

بحث

سال‌ها پیش روش استاندارد برای پرورش آرتمیا توسط جلبک زنده دونالیلا و نوع خاصی از مخمر معرفی شد که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است (Coutteau et al., 1992). با توجه به مشکلات تهیه و کشت غذای زنده برای پرورش آرتمیا از یک طرف و قطع تولید مخمر Lansy PZ که عموماً برای تغذیه آرتمیا مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این پژوهش روش موثرتر و راحت‌تری برای پرورش آرتمیا جستجو شد. در این مطالعه سعی شد تا با استفاده از پودر جلبک اسپیرولینا، روش ساده‌تر و موفق‌تری برای پرورش و همچنین غنی‌سازی میزان پروتئین این موجود معرفی شود.

جدول ۵: زمان اولین روز بلوغ آرتمیاهای در طول دوره پرورش

تیمار شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵
۱۰۰٪ دونالیلا	۲۰٪ اسپیرولینا	۴۰٪ اسپیرولینا	۶۰٪ اسپیرولینا	۸۰٪ اسپیرولینا	۱۰۰٪ اسپیرولینا
روز ۱۲	روز ۱۳	روز ۱۲	روز ۱۲	روز ۱۱	روز ۱۰

جدول ۶: مقادیر پروتئین کل آرتمیا در تیمارهای آزمایشی (میانگین \pm انحراف معیار)

شماره	تیمار	مقدار پروتئین
۱	۲۰٪ اسپیرولینا	۵۸/۰۲ \pm ۰/۱۱ ^c
۲	۴۰٪ اسپیرولینا	۵۹/۴۷ \pm ۰/۲۳ ^{bc}
۳	۶۰٪ اسپیرولینا	۶۰/۱۵ \pm ۰/۴۱ ^b
۴	۸۰٪ اسپیرولینا	۶۱/۸۳ \pm ۰/۲۶ ^a
۵	۱۰۰٪ اسپیرولینا	۶۲/۰۵ \pm ۰/۰۹ ^a
۶	۱۰۰٪ دونالیلا	۵۳/۱۹ \pm ۰/۹۲ ^d

اعداد با حروف لاتین متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌دار هستند ($P < 0/05$).

نشان داد. همچنین بررسی‌های به عمل آمده در این پژوهش نشان از رشد طول بدن در تیمارهای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پودر جلبک اسپیرولینا و مخمر نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد جلبک دونالیلا و مخمر داشت که اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان داد. پیش از این مطالعه، مطالعات دیگر نشان داده بودند که می‌توان از اسپیرولینا به عنوان منبع غذایی در جیره غذایی آبیان استفاده کرد. به طور مثال در مطالعه‌ای تاثیر جلبک اسپیرولینا بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و رنگ‌پذیری ماهی دماسونی (*Pseudotropheus demasoni*) انجام شد و مطابق نتایج، هر سه تیماری که با جیره حاوی جلبک اسپیرولینا تغذیه شده بودند، افزایش وزن معنی‌دار داشتند (Sudagar et al., 2016). در مطالعه‌ای گزارش شد که استفاده از جلبک اسپیرولینا در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) سبب افزایش وزن و کاهش ضریب تبدیل غذایی نسبت به تیمارهای دیگر شد (Guroy et al., 2019) ($P < 0.05$).

گزارش شده است که در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا، وزن بدن و افزایش وزن به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت ($P < 0.05$)

نتایج این مطالعه نشان از افزایش رشد و طول کل و همچنین مقادیر پروتئین آرتمیاهای تغذیه شده با پودر اسپیرولینا و مخمر در مقایسه با آرتمیاهای تغذیه شده با جلبک دونالیلا و مخمر داشت ($P < 0.05$). نتایج نشان داد در صورت جایگزینی موفق پودر جلبک اسپیرولینا با دونالیلا می‌توان به راحتی نتایج بهتری در میزان رشد و پروتئین‌های آرتمیا به دست آورد. در سال‌های اخیر اسپیرولینا به عنوان منبع پایدار پروتئین برای مصرف مستقیم و خوراک جانوران و همچنین محتوای پروتئین خام بالا (بیش از ۶۰ درصد در محتوای ماده خشک) و به عنوان منبعی از آمینواسیدهای ضروری و اسیدهای چرب در کانون توجه قرار گرفته است (Henrikson, 2010; Jung et al., 2019). دسترسی آسان‌تر به پودر جلبک اسپیرولینا از یک طرف و ارزش غذایی بالای اسپیرولینا و نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که در کارگاه‌های پرورش و تکثیر آرتمیا می‌توان آرتمیاهایی را با ارزش غذایی بالاتر تولید کرد. در بررسی میزان بقای آرتمیا تغذیه شده با پودر جلبک اسپیرولینا نتایج این مطالعه نشان داد که بازماندگی در تیمارها با افزایش درصد پودر اسپیرولینا افزایش یافت و حتی تیمار ۵ نسبت به تیمار شاهد بازماندگی و بقا بهتری را

استفاده کرد. Naegel (۱۹۹۹) محتوای پروتئین ۵۶/۴، ۴۲/۸۷ و ۴۱/۱۶ درصد را برای *A. franciscana* تغذیه شده با نوعی پودر غنی غذایی به نام Nestum و *Chaetoceros* به دست آورد. Leticia و Teresita (۲۰۰۴) مقدار ۵۳/۱ درصد پروتئین را برای آرتمیای پرورش داده شده با سبوس برنج و *Tetraselmis suecica* گزارش کردند. آزمایش دیگری نیز توسط Soltanian و همکارانش در سال ۲۰۰۸ انجام شد که در آن دو گروه آرتمیا با سویه‌های وحشی و جهش یافته مخمر مورد تغذیه قرار گرفتند و نتایج نهایی حاکی از بهبود هضم مخمر در دستگاه گوارش آرتمیا به دنبال تیمار شیمیایی آن و تاثیر مثبت تغذیه با این گروه مخمرها بر آرتمیا بود که سبب افزایش و بهبود میزان رشد و بقای آنها شده بود. در مطالعه‌ای استفاده از ضایعات کشاورزی و تاثیر آنها بر رشد و بقای *A. urmiana* و *Artemia parthenogenetic* مورد مطالعه قرار گرفته است و در پایان روز پانزدهم، اگرچه بهترین نتایج در مورد رشد، بقا و تولید زیست‌توده در شاهد به دست آمد، اما نتایج تمام شاخص‌های ارزیابی شده تیمارهای آزمایشی با شاهد قابل مقایسه بود (Ownagh et al., 2015).

(Pokniak, 2007). همچنین گزارش شد که افزودن جلبک اسپیرولینا در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان سبب بهبود معنی‌داری در شاخص‌های رشد در مقایسه با گروه شاهد شد. (Ahmadzadenia et al., 2011) ($P < 0.05$). پیش از این پژوهشگران تاثیر سطوح مختلف *Spirulina platensis* در شاخص‌های رشد و ترکیبات لاشه صدف دوکفه‌ای آب شیرین (*Anodonta cygnea*) را نشان دادند. در این پژوهش، پس از اتمام دوره تغذیه با توجه به نتایج به دست آمده به دلیل اثرگذاری بر افزایش میزان پروتئین لاشه مصرف جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی صدف آنودونت توصیه شد (Mostafaei et al., 2024). همچنین در مطالعه‌ای که بر روی اثر جیره‌های حاوی رنگدانه‌های آستاگزانتین، زردچوبه و جلبک اسپیرولینا بر روی رشد، شاخص‌های خونی، ایمنی و رنگ‌پذیری ماهی اسکار ببری (*Astronotus ocellatus*) انجام شد، نتایج نشان داد که رنگدانه‌های مورد استفاده می‌توانند سبب بهبود شاخص‌های رشد، ایمنی و رنگی شدن در ماهی اسکار ببری شود (Hamrang Omshi et al., 2019).

مطالعات نشان داده‌اند که می‌توان از منابع مختلف غذایی برای پرورش آرتمیا

از جلبک‌ها در جیره‌های غذایی موجودات پرورشی استفاده از فیتوپلانکتون‌ها در اولویت پژوهشگران قرار دارد.

همان‌طور که در جدول‌های بالا مشخص شد میزان رشد لاروهای آرتمیا و میزان پروتئین آرتمیا با افزایش درصد پودر جلبک اسپیرولینا افزایش یافت. همچنین با توجه به داده‌های به دست آمده از میزان بقا مشخص شد که با افزایش غلظت اسپیرولینا افزایش یافت. همچنین بررسی‌های ظاهری آرتمیای هر تیمار نشان داد که سریع‌ترین زمان رسیدن به بلوغ در تیمار تغذیه شده با غلظت ۱۰۰ درصد اسپیرولینا و مخمر بود. که علت این نتایج مثبت را می‌توان در غنی بودن اسپیرولینا از مواد مغذی مورد نیاز و آنتی‌اکسیدانی جستجو کرد که تاثیر مثبت و هم‌سویی در رشد، بقا و بلوغ آرتمیاها داشت.

در مجموع، نتایج اخیر بیان‌گر این مطلب است که استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا نه تنها اثر سو در عملکرد رشد *A. franciscana* نداشت، بلکه به علت وجود پروتئین بالا یک منبع با کیفیت برای تغذیه لاروهای آرتمیا است و همچنین می‌تواند به عنوان محرک رشد عمل کند و در برخی از سطوح نیز موجب افزایش رشد لاروها شود. بر طبق برخی از گزارش‌ها،

پژوهشگران نشان دادند جانشینی مخمر نانوائی صنعتی دستکاری شده به جای مخمر *Lansy PZ* بر شاخص‌های رشد و بازماندگی دو گونه آرتمیای *A. urmiana* و *A. franciscana* دارای تاثیر مثبت است. بر این اساس پیشنهاد شد که مخمر نانوائی بدون لایه مانان پروتئین می‌تواند جانشین مناسبی برای مخمر *Lansy PZ* در تغذیه آرتمیا همراه با جلبک، بویژه در سیستم‌های پرورشی باشد (Talebi et al., 2013).

در مطالعه‌ای که توسط Coutteau و همکارانش در سال ۱۹۹۰ انجام گرفت، مخمر نانوائی به عنوان جایگزینی برای جلبک *Dunaliella tertiolecta* زنده در تغذیه آرتمیا (در هنگام پرورش) مورد ارزیابی قرار گرفت و بدین ترتیب این مخمر با به کارگیری یک تیمار شیمیایی ساده، برای آرتمیا قابل هضم شد و این نتیجه به دست آمد که مخمر نانوائی می‌تواند به عنوان جایگزینی بالقوه برای جلبک زنده در تغذیه آبزیانی چون آرتمیا مورد استفاده قرار گیرد. بدین ترتیب، مخمر نانوائی تیمار شده (تحت تیمار شیمیایی قرار گرفته) نویدبخش یک جایگزین مناسب برای جلبک در تغذیه آبزیان بود (Coutteau et al., 1992). با وجود این گزارش‌ها، هنوز هم به دلیل اهمیت استفاده

استفاده از اسپیرولینا در جیره آبزیان باعث بهبود عملکرد، کارایی و کیفیت غذا، تاثیر بر میزان اشتها و افزایش میزان تغذیه می‌شود. از این رو، این عوامل می‌توانند دلیل رشد بهتر تیمارها نسبت به شاهد باشند. این نتایج نشان می‌دهد که پودر اسپیرولینا پتانسیل امیدوارکننده‌ای به عنوان یک مکمل خوراکی برای استفاده در خوراک‌های نسل بعدی جانوران برای افزایش رشد و غنی‌سازی مشخصات تغذیه‌ای دارد. همچنین انتظار می‌رود این مطالعه دیدگاه ارزشمند و درک عمیقی را برای پژوهشگران، آبی‌پروران و کنسرسیوم‌هایی که مایل به ترویج آرتمیا به عنوان یک غذای زنده پایدار در صنعت آبی‌پروری در جهان هستند، ارائه دهد.

منابع

- Ahmadzadenia Y., Nazeradi K., Hezave S.G., Hejazi M.A., Ghavidel S.Z., Hassanpour S. and Chaichisemrari M. 2011.** Effect of replacing fishmeal with *Spirulina* on carcass composition of rainbow trout. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(6): 66–71. doi: 10.5555/20113319515
- AOAC. 2000.** Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, USA. 1040P. doi: 10.1002/jps.2600650148
- Belay A. 2002.** The potential application of *Spirulina* (*Arthrospira*) as a nutritional and therapeutic supplement in health management. *Journal of the American Nutraceutical Association*, 5: 27–48.
- Clements K.D. and Raubenheimer D. 2006.** Feeding and nutrition. P: 47–82. In: Evans D.H. (Ed.). *The Physiology of Fishes*. CRC Press, USA. doi: 10.1201/9781420058093
- Conceicao E., Aragao C., Richard N., Engrola S., Gavaia P., Mira S. and Dias J. 2010.** Novel methodologies in marine fish larval nutrition. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36: 1–16. doi: 10.1007/s10695-009-9373-z
- Coutteau P., Brendonck L., Lavens P. and Sorgeloos P. 1992.** The use of manipulated baker's yeast as an algal substitute for the laboratory culture of Anostraca. *Journal of Hydrobiologia*, 234: 25–32. doi: 10.1007/BF00010776
- Coutteau P., Lavens P. and Sorgeloos P. 1990.** Baker's yeast as a potential substitute for live algae in aquaculture diets: *Artemia* as a case study. *Journal of the World Aquaculture Society*, 21(1): 1–9. doi: 10.1111/j.1749-7345.1990.tb00947.x
- Dernekbası S., Unal H. and Karayucel I. 2010.** Effect of dietary supplementation of different of spirulina (*Spirulina platensis*) on growth and feed conversion in guppy (*Poecilia reticulata* Peters, 1860). *Animal and Veterinary Advances*, 9(9): 1395–1399. doi: 10.3923/javaa.2010.1395.1399
- Guroy B., Guroy D., Mantoglu S., Çelebi K., Şahin O.I., Kayali S. and Canan B. 2019.** Dietary *Spirulina* (*Arthrospira platensis*, Gomont, 1892) improved the flesh quality and shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) fed fish meal or plant-based diet. *Aquaculture Research*, 2019:1–9. doi: 10.1111/ARE.14206
- Habib M.A.B., Parvin M., Huntington T.C. and Hasan M.R. 2008.** Review on culture, production and use of *Spirulina* as

- food for humans and feeds for domestic animals and fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italy. 33P.
- Hamrang Omshi A., Bahri A.H., Khara H. and Mohammadzadeh F. 2019.** Comparing effects of astaxanthin, turmeric and spirulina (*Spirulina platensis*) on growth, hematological and immunological parameters and coloration in the tiger oscar (*Astronotus ocellatus*). *Aquatic Physiology and Biotechnology*, 7(1): 1–21. doi: 10.22124/japb.2019.8500.1191
- Henrikson R. 2010.** *Spirulina* World Food: How This Micro Algae Can Transform Your Health and Our Planet. Ronore Enterprises Incorporated, Canada. 217P.
- Hooti V. and Manaffar R. 2023.** *Spirulina*; The Food for Future. *Journal of Ornamental Aquatics*, 10(2): 1–13.
- Jung F., Kruger-Genge A., Waldeck P. and Kupper J.H. 2019.** *Spirulina platensis*, a super food? *Journal of Cellular Biotechnology*, 5(1): 43–54. doi: 10.3233/JCB-189012
- Kjorsvik E., Galloway T.F., Estevez, A., Saele O. and Moren M. 2011.** Effects of larval nutrition on development. P: 219–248. In: Holt G.J. (Ed.). *Larval Fish Nutrition*. Wiley, USA. 448P. doi: 10.1002/9780470959862.ch7
- Lavens P. and Sorgeloos P. 1996.** Manual on the production and use of live food for aquaculture (No. 361). Food and Agriculture Organization (FAO), Italy. 295P.
- Lupatini A.L., Colla L.M., Canan C. and Colla E. 2017.** Potential application of microalga *Spirulina platensis* as a protein source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3): 724–732. doi: 10.1002/jsfa.7987
- Manaffar R., Abtahi B. and Agh N. 2005.** Enrichment of *Artemia urmiana* nauplii using emulsion of fatty acids and an investigation of hufa metabolism in cold incubation. *Iranian Journal of Natural Resources*, 58(1): 125–134. doi: 10.22124/japb.2019.8500.1191
- Mostafaei F., Alaf Novirian H., Falahatkar B. and Shabanipour N. 2024.** The effect of feeding with different levels of *Spirulina platensis* on growth indices and carcass composition of freshwater bivalve mussel (*Anodonta cygnea*). *Aquatic Physiology and Biotechnology*, 12(1): 41–65. doi: 10.22124/japb.2023.24701.1500
- Naegel L.C.A. 1999.** Controlled production of *Artemia* biomass using an inert commercial diet, compared with the microalgae *Chaetoceros*. *Journal of Aquaculture Engineering*, 21: 49–59. doi: 10.1016/S0144-8609(99)00023-0

- New M.B. 1998.** Global aquaculture: Current trends and challenges for the 21st century. In *Annans do Aquacultura, Brasil*, 98(1): 2–6.
- Oren A. 2014.** The ecology of *Dunaliella* in high-salt environments. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 21: 1–8. doi:10.1186/s40709-014-0023-y
- Ownagh E., Agh N. and Noori F. 2015.** Comparison of the growth, survival and nutritional value of *Artemia* using various agricultural by-products and unicellular algae *Dunaliella salina*. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 14(2): 358–368.
- Paknejadi M., Malekhamadi F. and Soltani N. 2018.** Effect of different amounts of nitrogen and pH on biomass production, lipid content and fatty acid composition in *Spirulina major*. *Journal of Aquatic Ecology*, 8(2): 14–30.
- Pokniak J. 2007.** Incorporacion de espirulina (*Spirulina maxima*) en dietas para alevines de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Avances en Ciencias Veterinarias*, 22(1-2): 1–5. doi: 10.5354/acv.v22i1-2.911
- Richard N., Engrola S., Palma P.S., Simes D.C. and Conceicao L.E. 2015.** Assessment of protein digestive capacity and metabolic utilisation during ontogeny of Senegalese sole larvae: A tracer study using in vivo produced radiolabelled polypeptide fractions. *Aquaculture*, 441: 35–44. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.02.003
- Santos T.D., De Freitas B.C.B., Moreira J.B., Zanfonato K. and Costa J.A.V. 2016.** Development of powdered food with the addition of *Spirulina* for food supplementation of the elderly population. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37: 216–220. doi: 10.1016/j.ifset.2016.07.016
- Sharma P. and Sharma N. 2017.** Industrial and biotechnological applications of algae: A review. *Journal of Advances in Plant Biology*, 1(1): 1–25. doi: 10.14302/issn.2638-4469.japb-17-1534
- Sheikhi Nejad A., Lababpour A. and Moazami N. 2015.** Increasing cyanobacteria *Spirulina* production with mixing and chemical composition of culture medium. *Journal of Plant Research*, 28(2): 344–353.
- Soltanian S., Dhont J., Sorgeloos P. and Bossier P. 2008.** Anti-infectious potential of beta-mercapto-ethanol treated baker's yeast in gnotobiotic *Artemia* challenge test. *Journal of Applied Microbiology*, 104(4): 1137–1146. doi: 10.1111/j.1365-2672.2007.03629.x
- Sorgeloos P., Coutteau P., Dhert P., Merchie G. and Lavens P. 1998.**

- Use of brine shrimp, *Artemia* spp., in larval crustacean nutrition: A review. *Reviews in Fisheries Science*, 6(1-2): 55–68. doi: 10.1080/10641269891314195
- Sudagar M., Khalese M., Mazandarani M., Hosseini S.A. and Zakariaee H. 2016.** Effects of *Spirulina* algae on growth, survival and coloration demasoni fish (*Pseudotropheus demasoni*). *Journal of Fisheries*, 69(1): 21–27. doi: 10.22059/jfisheries.2016.57887
- Talebi F., Esmaili F., Aboulghasem Abdi J. and Manafifar R. 2013.** Effects of substitution of manipulated baker's yeast for Lansy PZ as feed on the growth and survival of *Artemia urmiana* and *A. franciscana*. *Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources)*, 66(3): 317–330. doi: 10.22059/JFISHERIES.2013.36007
- Teimouri M., Amirkolaie A.K. and Yeganeh S. 2013.** The effects of *Spirulina platensis* meal as a feed supplement on growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 396: 14–19. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.02.009
- Teresita D.N.J.M. and Leticia G.R. 2004.** Biomass production and nutritional value of *Artemia* sp. (Anostraca: Artemiidae) in Campeche, Mexico. *Journal of Revista de Biologia Tropical*, 53: 447–454. doi: 10.15517/rbt.v53i3-4.14613
- Triantaphyllidis G.V., Abatzopoulos T.J., Miasa E. and Sorgeloos P. 1996.** International study on *Artemia*. LVI. Characterization of two *Artemia* populations from Namibia and Madagascar: Cytogenetics, biometry, hatching characteristics and fatty acid profiles. *Hydrobiologia*, 335: 97–106. doi: 10.1007/BF00015271
- Triantaphyllidis G.V., Pouloupoulou K., Abatzopoulos T.J., Pinto Perez C.A. and Sorgeloos P. 1995.** International study on *Artemia*. XLIX. Salinity effects on survival, maturity, growth, biometrics, reproductive and lifespan characteristics of a bisexual and a parthenogenetic population of *Artemia*. *Hydrobiologia*, 302: 215–227. doi: 10.1007/BF00032111
- Vijayaram S., Ringo E., Ghafarifarsani H., Hoseinifar S. H., Ahani S. and Chou C.C. 2024.** Use of algae in aquaculture: A review. *Fishes*, 9(2): 1–21 (63). doi: 10.3390/fishes9020063
- Volkman H., Imianovsky U., Oliveira J.L. and SantAnna E.S. 2008.** Cultivation of *Arthrospira (Spirulina) platensis* in desalinator wastewater and salinated synthetic medium: Protein content and amino-acid profile. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39(1): 98–101. doi: 10.1590/S1517-838220080001000022

Zarrouk C. 1996. Contribution to the study of cyanobacteria, influence of various physical and chemical factors on growth and

photosynthesis in *Spirulina maxima*. Ph.D. Thesis, University of Paris, France.



Research Paper

Comparative investigation of protein level and growth and survival in *Artemia franciscana* fed with *Spirulina* algae powder and *Dunaliella* algae in laboratory condition

Reza Roshandel¹, Ramin Manaffar^{2*}, Saeed Meshkini³

DOI: 10.22124/japb.2024.25821.1517

Received: October 2023

Accepted: February 2024

Abstract

Artemia is the most important live food in aquaculture. Considering its mass cultivation, easy usability, and nutritional value in fish farming, the effect of *Spirulina platensis* and *Dunaliella salina* algae on the growth, survival, and total protein of *Artemia franciscana* were evaluated. For this purpose, *Artemia* was cultured in laboratory conditions with a combination of yeast and *Spirulina* powder in five different treatments (20, 40, 60, 80 and 100% *Spirulina* powder and yeast) compared to the control treatment (100% *Dunaliella* algae and yeast). The results showed that there were significant differences in growth in treatments with 40, 60, 80 and 100% *Spirulina* powder, and survival in the 100% *Spirulina* powder treatment, compared to the control ($P < 0.05$). The investigation of the first molt in each treatment revealed that the 100% *Spirulina* powder treatment had the earliest molting time, which was consistent with the total protein content of the treatments. According to the results, the best treatment in terms of growth, survival, time to first molt and total protein content was the 100% *Spirulina* powder treatment. Therefore, *Artemia* cultivation with *Spirulina* is scientifically and economically justified.

Key words: *Artemia*, Growth, Protein, *Spirulina*, Survival.

1- Ph.D. Student in Fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.

2- Associate Professor in Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.

3- Associate Professor in Food Hygiene and Quality Control Department, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.

*Corresponding Author: R.manaffar@urmia.ac.ir

