ساخت سوسپانسیون تقویت‌کننده غذاهای زنده آبزیان

یوسفعلی اسدپوراوصالو*

مرکز تحقیقات آرتمیای کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیق، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۰۸

چکیده

غنی‌سازی غذاهای زنده برای بالا بردن ارزش غذایی آبزیان امری ضروری است. بدین منظور سوسپانسیون‌های تجاری متفاوتی در جهان تولید و عرضه می‌شود و در سطح وسیعی در صنعت آبزی پروری ایران نیز کاربرد دارد. در این پژوهش، با آنالیز سوسپانسیون‌های خارجی اقدام به ساخت سوسپانسیون در پژوهشکده آرتمیای ارومیه شد و از ناپلیوس *Artemia urmiana* به عنوان نماینده غذاهای زنده استفاده گردید. برای این منظور از روغن کبد کوسه و ضایعات کارخانجات روغن‌کشی آفتابگردان و ترکیبات دیگر استفاده گردید. سوسپانسیون‌های تهیه شده، مورد آزمون‌های مختلف و مقایسه با نمونه شاهد قرار گرفتند. عملیات سرشارسازی غذاهای زنده آبزیان با اسیدهای چرب درون سوسپانسیون، مطابق روش‌های استاندارد تعریف شده انجام شد. نتایج نشان داد که درصد تقویت‌کنندگی این سوسپانسیون‌ها در ناپلیوس، نمونه شاهد و نمونه ساخت پژوهشکده به ترتیب ۳ ±۳۷ و ۳ ±۲۵ درصد بود. سپس ناپلیوس‌های غنی شده آرتمیا به طور زنده بر روی تعداد ۵۰۰ لارو تازه به تغذیه افتاده ماهی قزل آلا در ۴ تیمار برای زیست سنجی فاکتورهای رشد به مدت ۳۰ روز مورد تغذیه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمارهای ۱ و ۲ با تیمارهای ۳ و ۴ اختلاف معنی‌داری در درصد بقاء، ضریب رشد، طول‌کل و میزان ناهنجاری داشتند، ولی اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار ۳ و ۴ مشاهده نگردید (P<۰/۰۵). در مجموع نتایج نشان داد که سوسپانسیون غنی‌ساز حاوی اسیدهای چرب ضروری تولید شده در پژوهش حاضر، مشابه نمونه‌های خارجی در کلیه آزمون‌های میدانی موفقیت آمیز بوده است.

واژگان کلیدی: سوسپانسیون تقویت کننده، *Artemia urmiana*، GC، پروفایل اسید چرب

* نگارنده پاسخگو: dr.asadpour@outlouk.com

مقدمه

توسعه و موفقیت در صنعت آبزی پروری وابسته به موفقیت در مراحل لاروی آبزیان پرورشی است، چرا که در بیشتر کارگاه‌ها بیش از ۴۰ درصد در مرحله لاروی تلفات وجود دارد;Bengtson, 2003) *et al.*,1997) (Anderson).

آرتمیا در این صنعت به عنوان یک غذای زنده منحصر به فرد شناخته شده است ولی این موجود از نظر میزان اسیدهای چرب ضروری دوکوزا هگزائنوئیک اسید (Docosa Hexaenoic Acid, DHA) و ایکوزا پنتائنوئیک اسید (Eicosa Pentaenoic Acid, EPA) فقیر می‌باشد.

این اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره برای رشد، بازماندگی، مقاومت در برابر بیماری‌ها، پیگمانتاسیون مناسب و حذف بیشتر ناهنجاری‌ها بسیار ضروری هستند. نتایج تحقیقات انجام یافته توسط Turchini و همکاران (2003) و Hosseinpour و همکاران (2010) بر روی لارو ماهیان خاویاری، Moussavi و همکاران (2008) بر روی تغذیه بر روی ماهی آنجل، Agh و همکاران (2011) بر روی متابولیسم لارو ماهی قزل آلا، Valipour و همکاران (2012) بر روی شاه میگوی سد ارس و Sarveh (2012)، بر روی ماهی قزل آلا همگی این موضوع را تأیید می‌کنند. استفاده از آرتمیای غنی شده نتایج شگفت آوری در افزایش رشد، بازماندگی، کاهش تلفات، مقاومت در برابر بیماری‌ها و استرس‌های محیطی در لاروها ایجاد می‌کند. آرتمیا موجودی پالایشگر غیرانتخابی است و هر غذایی را در محیط زیست خود که از نظر اندازه، قابلیت ورود از دهان به سیستم گوارشی داشته باشد را می‌بلعد و این مشخصه موجب شده غنی‌سازی آرتمیا با روش‌های مختلفی انجام پذیر باشد. اهمیت استفاده از سوسپانسیون‌های غنی‌ساز موجب شده است که شرکت‌های بزرگ تحقیقاتی در جهان، انواع سوسپانسیون‌های غنی ساز آماده مصرف را به دنیا عرضه دارند. در این مورد می‌توان به محصولات شرکت INVE با ملیت اروپایی–آمریکایی اشاره نمود (Sorgeloos *et al.*, 2001). این مطالعه با هدف استفاده بهینه از ضایعات آفتابگردان و کبد کوسه در جهت تولید سوسپانسیون‌های غنی‌ساز در داخل کشور و قطع وابستگی به واردات این محصول انجام شد که ضمن ممانعت از خروج ارز از کشور، سبب ایجاد اشتغال و توسعه اقتصادی، اجتماعی در کشور می‌گردد.

مواد و روش‌ها

روغن کبد کوسه ماهی از چابهار و ضایعات روغن گیاهی آفتابگردان از کارخانه عمل‌آوری روغن‌صنعتی خوی تهیه گردید. ترکیبات ویتامین از داروخانه‌های دامپزشکی و سوسپانسیون غنی‌ساز خارجی با مارک شرکت INVE به میزان ۲ لیتر از شرکت A. P. T. Co خریداری گردید.

آنالیز ترکیبات سوسپانسیون وارداتی

آنالیز سوسپانسیون وارداتی شرکت INVE مطابق روش استاندارد انجام گردید (AOAC, 1998) و نسبت به شناسایی ساختار ترکیبی سوسپانسیون در آزمایشگاه شیمی تجزیه مواد دانشگاه ارومیه اقدام شد. نمونه روغن غنی ساز داخلی مشابه نمونه وارداتی سنتز شد. تولید سوسپانسیون با استفاده از همزن مغناطیسی Cole-Parmer مدل ۰۴۸۰۴-۰۱ ساخت ایالات متحده ۲۰۰ دور در دقیقه در حرارت $50^{\circ}C$ برای پخش و ایجاد پیوستگی دو فاز جداگانه آبی و روغنی انجام شد. در این تحقیق از بوتیل هیدروکسی اینیزول به عنوان آنتی‌اکسیدان و برای ایجاد ثبات و عدم‌گسیختگی در سوسپانسیون سنتز شده از چند امولسیفایر متفاوت محلول در آب و محلول در روغن تا سه درصد به صورت ترکیبی از لیستین، گلیسیرول و توئین ۸۰ استفاده شد.

آنالیز اسیدهای چرب و تعیین پروفیل و در صد

چربی استخراج شده از نمونه‌ها، با افزودن ۳ میلی‌لیتر پتاسیم هیدروکسید متانولی (۲ مولار) صابونی شده و سپس با افزودن ۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید متانولی (۲ مولار) به متیل استر تبدیل گردید. متیل استر اسیدهای چربی در یک میلی‌لیتر هپتان نرمال استخراج شد. جهت آنالیز پروفیل اسیدهای چرب یک میکرولیتر از فاز هپتان نرمال به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد. برای شناسائی تک تک اسیدهای چرب از مخلوط استاندارد اسیدهای چرب ساخت شرکت سیگما با مقایسه زمان‌های بازداری استفاده گردید. دستگاه کروماتوگراف گازی مدل Agilent-6890 ساخت کمپانی Agilent آمریکا، مجهز به دریچه تزریق کاپیلاری، ستون کاپیلاری ویژه تجزیه اسیدهای چرب (DB-wax) به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر با فاز ساکن پلی اتیلن گلیکول به ضخامت ۰/۲۵ میکرو متر و دتکتور یونش شعله‌ای (FID) می‌باشد. دمای اولیه آون در $100^{\circ}C$ به مدت یک دقیقه نگه داشته شده و بعد با نسبت $25^{\circ}C$ بر دقیقه تا $200^{\circ}C$ افزایش یافت و ۱۲ دقیقه در همان دما ماند. از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل و آرایندده به ترتیب با سرعت جریان ۱ و ۴۵ میلی لیتر بر دقیقه استفاده گردید. دمای دریچه تزریق در $250^{\circ}C$ و دمای آشکار ساز در $260^{\circ}C$ تنظیم شده بودند. پردازش داده‌های دستگاه با استفاده از نرم افزار Chemstation در محیط ویندوز صورت پذیرفت.

آزمون‌های میدانی

- عملیات غنی سازی بر روی آرتمیا: سیست های *Artemia urmiana* از بانک سیست مرکز تحقیقات آرتمیای کشور واقع در شهر ارومیه تهیه و ضدعفونی گردیدند. برای برطرف شدن آلودگی، سیست ها با سدیم هیپوکلریت ۲۰۰ ppm به مدت ۳۰ دقیقه به حالت غوطه‌ور در زوک های یک لیتری ضدعفونی گردیدند (Van Stappen, 1996) .

- تخم گشایی سیست‌های آرتمیا: تخم گشایی سیست‌های آرتمیا مطابق روش استاندارد انجام شد (Sorgeloos,1980). برای جداسازی لاروها از پوسته سیست‌ها و مواد زاید دیگر از ویژگی نورگرایی مثبت لاروهای آرتمیا استفاده شد. بعد از جمع آوری کل ناپلیوس‌ها، از مجموع نمونه‌ها میانگین گرفته شد تا تعداد ناپلیوس‌ها در یک میلی‌لیتر محاسبه شود. در این تحقیق از تراکم ۲۰۰۰۰۰ ناپلیوس آرتمیا اینستار I در هر لیتر آب شور استفاده شد. میزان آب مورد نیاز حاوی ناپلیوس محاسبه و به درون زوک های تمیز حاوی آب تازه با شوری ۳۵ ppt به حجم یک لیتر با هوادهی اپتیمم ۵-۲ ppm برای غنی سازی منتقل شدند (Anderson *et al.*, 1997).

- تهیه محلول‌های غنی ساز آرتمیا و اعمال عملیات غنی سازی: غنی سازی آرتمیا بر اساس تکنیک‌های غنی‌سازی بلژیکی به شرح ۳ تیمار ذیل صورت گرفت (Sorgeloos, 1981).

تیمار ۱: ناپلیوس بدون سوسپانسیون غنی ساز.

تیمار ۲: حاوی سوسپانسیون غنی ساز شاهد.

تیمار ۳: ناپلیوس حاوی سوسپانسیون غنی ساز ساخت داخل: غلظت مورد استفاده برای هر تیمار ۰/۴ گرم به ازای هر لیتر آب حاوی ۲۰۰۰۰۰ ناپلیوس در ظروف مخلوطی شکل ۲/۵ لیتری بود. زمان مورد استفاده از محلول ۱۲ ساعت، در دمای ثابت $25^{\circ}C$، با اکسیژن‌دهی اپتیمم ۵-۲ ppm، با شوری ۳۵ گرم در لیتر و سایر شرایط یکسان در نظر گرفته شد.

- انجام آنالیز شیمیایی آرتمیاهای غنی شده: برای تعیین میزان غنی شدگی‌با سوسپانسیون‌ها از هر یک از تیمارهای ۱، ۲ و ۳ به میزان ۱ گرم ناپلیوس غنی شده آرتمیا برداشت شده و با آب مقطر شستشو و پس از آب‌گیری با اسپاتول جمع آوری شده و به درون میکروتیوب ها منتقل شدند. پس از درج مشخصات هر تیمار بر روی میکرو تیوب‌ها برای تعیین پروفایل و میزان اسیدهای‌چرب با مخلوط یخ در یخدان

فایبرگلاس به مرکز آزمایشگاهی جهاد دانشگاهی ارومیه منتقل شدند.

– استخراج اسیدهای چرب و تعیین پروفیل آنها: نمونه‌ها پس از آماده سازی به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شده و پروفیل نمونه‌ها به دست آمد.

– آزمون مرحله دوم از عملیات میدانی تیمارها: مرحله دوم در مجتمع قزل ماهی سردآبی زیوه واقع در کیلومتر ۳۷ ارومیه، انجام شد. در این مجتمع و در سالن تکثیر از ۵ تراف مستطیلی شکل با ظرفیت هر کدام ۴۰ لیتر آب استفاده شد. درون هر تراف ۵۰۰ قطعه لارو ماهی قزل آلا که تقریباً دو سوم از کیسه زرده خود را جذب نموده و در حال شروع به تغذیه خارجی بوده و میانگین وزنی ۲ ±۱۰۰ میلی‌گرم داشتند، رها سازی و نگهداری شدند. برای انجام آزمون، ذخیره سازی با تراکم ۲۵ قطعه لارو در هر لیتر، در تانک‌هایی با حجم آب ۲۰ لیتر، به شرح ذیل انجام گردید:

تیمار ۱: لاروهای تازه به تغذیه افتاده با غذای کنسانتره SFT00 شرکت چینه.

تیمار ۲: لاروهای تازه به تغذیه افتاده با غذای کنسانتره به انضمام ناپلیوس آرتمیای بدون غنی‌شدگی.

تیمار ۳: تراف مخصوص لاروهای تازه به تغذیه افتاده باغذای کنسانتره به انضمام ناپلیوس غنی‌شده با سوسپانسیون تقویت کننده وارداتی شرکت INVE.

تیمار ۴: تراف مخصوص لاروهای تازه به تغذیه افتاده غذای کنسانتره به انضمام ناپلیوس غنی شده با سوسپانسیون تقویت کننده تولید داخل.

شرایط محیطی شامل دمای ۱۲°C، اکسیژن دهی با تنظیم آب ورودی معادل ۷ میلی گرم در لیتر و pH برابر ۷/۸، برای تمامی تیمارها در شرایط یکسان سالن تکثیر کارگاه تأمین گردید. غذای آغازین لارو به شکل گرانولی با اندازه ۰/۴ الی ۰/۷ میلی متر با ترکیب ۱۲ درصد چربی خام، ۴۸ درصد پروتئین، ۱۳ درصد خاکستر، ۲/۵ درصد فیبر، ۱/۵ درصد فسفر و ۱۱ درصد رطوبت بود. برای سهولت و کاهش درصد خطا، عملیات تخم گشایی سیست ها، غنی سازی ناپلیوس‌ها و غذادهی به لاروها همگی در همان کارگاه و به مدت یک ماه انجام شد. محاسبه درصد تخم گشایی مؤثره مطابق رابطه‌های HE = N×۲۰۰۰ و $H\% = (N \times 100)(N + U + E)^{-1}$ انجام گردید. در این معادلات N: میانگین ناپلیوس‌های حاصله،U: تعداد متوسط حالت چتری شکل‌ها و E: تعداد سیست‌های تخم گشایی نشده بود. ناپلیوس‌های جمع‌آوری شده به میزان ۲۰۰۰۰۰ عدد در هر لیتر آب اعم از غنی شده و غنی نشده بود که تفکیک شده و به یخچال با دمای ۴°C برای نگه‌داری به صورت زنده منتقل گردیدند و برای مدت ۲ روز استفاده شدند. مقدار غذای روزانه مورد نیاز هر یک از تیمارها بر اساس رابطه Stickney و Perkins (1981) محاسبه و تعیین گردید. غذادهی ۶ بار در هر ۲۴ ساعت انجام شد:

٪ ۵× وزن متوسط لاروها × تعداد لاروهای هر تیمار
= مقدار غذای روزانه به گرم

میزان غذای هر تیمار براساس ۵ درصد کل وزن بیومس آن محاسبه گردید. با گذشت هر روز میزان ۰/۵ گرم به کل غذای روزانه اضافه گردید. میزان ناپلیوس‌های غنی شده مورد استفاده معادل ۶ درصد وزن خشک ناپلیوس آرتمیا محاسبه شده و به وزن کل میزان غذای مورد استفاده اضافه گردید. از آنجایی‌که هر ناپلیوس اینستار I آرتمیای دریاچه ارومیه معادل ۳ الی ۴ میکروگرم وزن خشک دارد، لذا هر ۲۵۰۰۰۰ ناپلیوس اینستار I آرتمیای دریاچه ارومیه معادل یک گرم وزن خشک خواهد داشت. میزان رطوبت موجود در غذای کنسانتره مورد استفاده معادل ۱۰ درصد می‌باشد، لذا در هر روز معادل ۲۵۰۰۰ عدد ناپلیوس به جیره غذایی تیمارهای ۲ تا ۴ اضافه شد. بر این اساس در هر روز ۱۵۵ میلی لیتر از حجم یک لیتری ناپلیوس جمع آوری شده و در ۶ مرحله در شبانه روز

در ساعت‌های ۷، ۱۱، ۱۵، ۱۹ و ۲۴ بـه مـدت ۱۰ روز اضافه گردید. در ۱۰ روز دوم مقدار ۲۰۰ میلـی لیتـر و در ۱۰ روز سوم، ۲۵۰ میلی‌لیتـر داده شـد. در هـر بـار غذادهی حدود نیم ساعت جریان آب به حداقل رسانده می‌شد، تا ماهیان فرصـت لازم بـرای تغذیـه را داشـته باشند. هر روز صبح تعداد تلفات هر حوضچه شمارش و ثبت شده و مرده‌ها بـه آرامـی بـا سـیفون از تـراف هـا خارج شدند. فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب هر روز کنترل شد و فیلترها و تورهای خروجـی آب تـراف هـا نیز هر روز تمیز شـدند. بـه منظـور آگـاهی از عملکـرد تیمارهـا، هـر روز در طـول دوره پـرورش حرکـت و رفتارهای تغذیه‌ای ماهی‌هـا ماننـد نحـوه شـنا کـردن، گرفتن غذاهای پلت و آرتیما و ناهنجاری مورد مشاهده و بررسی قرار گرفت. در پایان روز سی‌ام زیست سنجی لاروها به صورت کاملاً تصادفی انجام شـد و بـرای ایـن منظور از یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و یک خط‌کش میلی‌متری استفاده شد. بـا توجـه بـه میـزان طول کل و وزن ماهیان اندازه‌گیری شده، شاخص‌هـای رشد برحسب معادلات ذیل محاسبه و ارزیـابی گردیـد (Huang *et al*., 2011):

$$K\% = FBW/TL^3 \times ۱۰۰$$

$$(SGR) = (\ln \text{وزن نهایی} - \ln \text{وزن اولیه}) \times ۱۰۰$$

درصد نرخ رشد ویژه

ضـریب تبـدیل غـذایی= وزن نهـایی − وزن اولیـه /میزان غذایی مصرفی

TL: میانگین طول نهایی بر حسب سـانتی‌متـر در هـر تیمـار (Turchini *et al*., 2003). FBW: میـانگین وزن‌نهایی در هر تیمار (Martinez *et al*., 2007) .

آنالیز شیمیایی ترکیبات سوسپانسیون ساخت داخل

برای آنالیز ترکیبات غذای آغازین لاروها و نیز تعیین ترکیبات سوسپانسیون ساخت داخل در دو مرحله مجموعه آنالیزهای شیمیایی به شرح ذیل صورت پذیرفت. درصد چربی و پروتئین خام به ترتیب با استفاده از روش‌های سوکسله و کلدال براساس استاندارد AOAC به شماره‌های ۱۶/ ۹۴۸ اندازه گیری شد. اندازه‌گیری خاکستر، رطوبت، فیبر و فسفر غذای آغازین نیز مطابق روش‌های استاندارد AOAC به ترتیب با شماره‌های ۹۳۸/۰۸، ۹۵۲/۰۸، ۹۶۲/۰۹ و ۹۶۵/۰۹ انجام گردید (AOAC, 1990).

آنالیز آماری

نتایج حاصل از شاخصه‌هـای انـدازه‌گیـری‌شـده بـا اسـتفاده از آنـالیز واریـانس یـک‌طرفـه (ANOVA) بـا اندازه‌گیری تکـراری و آنـالیز واریـانس دوطرفـه مـورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتـه و در نهایـت داده‌هـای هـر تیمار تحت آنالیز همبستگی قرار گرفتند.

نتایج

نتایج آنالیز پروفایل و درصد اسیدهای‌چرب

نتـایج آنـالیز پروفایـل و درصـد اسـیدهای‌چـرب تشکیل‌دهنده، کنسانتره، سوسپانسیون تقویـت کننـده شرکت INVE، سوسپانسیون ساخت داخل و نـاپلیوس آرتمیای تقویت نشده به شرح جدول (۱) به دست آمد.

نتایج آزمون میدانی کارگاهی

در این مرحله بررسی زیست سنجی لاروها انجام شد. برای این منظور تعداد ۵۰ قطعه لارو ماهی در روز اول شروع به تغذیه مختلط زیست سنجی شده و وزن اولیه آنها به دست آمد و سپس در مرحله پایانی روز سی‌ام نیز زیست سنجی کامل لاروها انجام شد و نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول۱- نتایج آنالیز پروفیل و در صد اسیدهای چرب تیمارها

نمایه اسید چرب	تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱
C14:0	۴/۱۶	۳/۳۲	۳/۱۱	۱۰/۳۲
C14:1n5	۱/۰۵	۰/۰۸	۱/۰۵	۰/۱۸
C16:0	۱۰/۴۸	۱۱/۴۸	۱۰/۴۸	۷/۴۳
C16:1n7	۷/۵۴	۵/۵۳	۶/۵۴	۱۰/۵۳
C18:0	۳/۵۵	۴/۵۵	۳/۵۵	۱۱/۵۴
C18:1n9	۱۲/۵۴	۱۶/۸۶	۱۳/۵۴	۱۱/۸۶
C18:2n6cis	۳/۱۲	۴/۱۱	۵/۸۰	۱۲/۸۰
C18:3n3	۲/۳۵	۰/۸۷	۳/۳۷	۱/۳۷
C20:0	۰	۱/۴۳	۰	۰/۱۰
C18:3n6	۱/۷۵	۴/۸۷	۰/۸۷	۱/۸۷
C18:4n3	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
C22:0	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴
C20:3n6	۳/۳۳	۰/۴۹	۱/۴۹	۰/۴۹
C20:3n3	۵/۵۴	۱/۲۱	۱/۰۲	۰/۰۲
C20:4n6	۱/۰۸	۰/۷۸	۱/۰۸	۰
C20:5n3	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۵۴	۰/۵۴
C22:5n6	۳/۶۰	۵/۵۱	۰	۰/۵۴
C22:5n3	۵/۸۰	۲/۲۸	۰	۰/۸۷
C22:6n3	۲/۱۱	۹/۶۸	۰	۰/۶۵
C24:0	۰/۴۵	۰/۵۴	۰	۰/۵۴
SFA (Saturated fatty acid)	۱۸/۸۳	۲۱/۴۷	۱/۳۹	۳۰/۰۳
MUFA (Mono unsaturated fatty acid)	۲۰/۱۴	۲۳/۴۸	۲۱/۱۴	۱۹/۳۴
PUFA (Poly unsaturated fatty acid)	۲۵/۳۰	۳۷/۴۷	۱۴/۴۵	۱۹/۵۸
EPA (Eicosapentaenoic acid)	۳/۵۸	۷/۶۵	۰/۵۷	۰/۵۴
DHA (Docosahexaenoic acid)	۱۱/۰۸	۱۷/۵۱	۰	۱/۹۵
ARA (Arachidonic acid)	۱/۰۸	۰/۷۸	۱/۰۸	۰
LA (Linoleic acid)	۵/۸۰	۴/۱۱	۵/۸۰	۱۲/۸۱
ALA (Alpha-linolenic acid)	۴/۷۲	۵/۷۶	۴/۱۲	۲/۱۴

نتایج میزان بازماندگی در پایان دوره آزمایش (روز سی‌ام) نشان داد که تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب با نسبت ۶۵، ۸۲، ۸۶ و ۸۵ بودند که بیشترین بازماندگی را در طول دوره پرورش مربوط به تیمار ۳ و کمترین بازماندگی با ۶۵ درصد به تیمار ۱ اختصاص داشت. اختلاف درصد بازماندگی بین تیمار ۱ با تیمار ۲، ۳ و ۴ معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). ولی هیچ اختلاف معنی‌داری از درصد بازماندگی بین تیمارهای ۳ و ۴ مشاهده نشد.

نتایج تعداد ناهنجاری‌ها در تیمارهای مختلف

در این تحقیق شنای نامتعادل، ضایعات‌پوستی، بی‌اشتهایی، بیرون‌زدگی چشم و ساییدگی باله‌ها به عنوان ناهنجاری‌های عمومی تلقی شد و تعداد موارد شمارش و آنالیز گردید. نتایج ناهنجاری‌ها در جدول شماره (۴) آورده شده است.

ناهنجاری‌های عمومی در تیمارهای آزمایشی دارای اختلاف معنی‌داری بودند، همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۱ با تیمار ۲، ۳ و ۴ وجود داشت، ولی بین گروه‌های آزمایشی ۲، ۳ و ۴ تفاوتی دیده نشد.

نتایج آنالیزهای شیمیایی

جدول (۵) درصد ترکیبات تشکیل دهنده سوسپانسیون غنی ساز ساخت داخل را نشان می‌دهد.

جدول۲- نتایج بررسی شاخص‌های زیست سنجی لارو ماهی قزل آلای رنگین کمان مورد آزمایش

گروه‌های آزمایشی / شاخص‌های زیست سنجی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
وزن اولیه به گرم (IW)	a ۰/۱ ±۰/۰۰۲	a ۰/۱ ±۰/۰۰۲	a ۰/۱ ±۰/۰۰۲	a ۰/۱ ±۰/۰۰۲
وزن‌تر به گرم (WW)	a ۰/۵۵ ±۰/۰۳	a ۰/۵۸ ± ۰/۰۳	b ۰/۶۸ ± ۰/۰۳	b ۰/۶۳ ± ۰/۳
طول کل به سانتی متر (TL)	a ۳/۸ ±۰/۱	b ۴/۱ ± ۰/۲	b ۴/۵ ±۰/۳	b ۴/۳ ±۰/۲
ضریب رشد ویژه (SGR)	a ۳/۱۵ ±۸	b ۴/۶۳ ±۸	b ۴/۵۹ ±۱۰	b ۴/۳۲ ±۳
ضریب تبدیل غذایی (FCR)	a ۰/۷۳ ±۰/۰۱	b ۰/۸۲ ± ۰/۳	b ۰/۸۳ ±۰/۴	c ۰/۸۰ ±۰/۴
ضریب چاقی (CF)	a ۵/۵ ±۰/۳	b ۵/۷ ± ۰/۲	b ۶/۱ ±۰/۲	b ۵/۹ ±۰/۳

جدول۳- نتایج درصد بازماندگی لاروهای ماهیان تحت تیمارهای مختلف غذایی در روز سی‌ام

گروه‌های آزمایشی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
در صد بازماندگی	c ۶۵ ±۱	a ۸۲ ±۳	b ۸۶ ±۴	b ۸۵ ±۲

جدول۴- ناهنجاری لارو ماهیان در طول دوره آزمایش

گروه‌های آزمایشی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
مشاهده تعداد لارو با نا هنجاری‌های عمومی	۳۳	۲۷	۲۱	۱۹

جدول۵- درصد ترکیبات تشکیل دهنده سوسپانسیون غنی ساز ساخت داخل

نوع ترکیبات تشکیل دهنده	مقادیر (درصد)
چربی خام	۶۷
خاکستر خام	۱
ترکیبات فیبری	۱
ترکیبات فسفری	۰/۲
ویتامین E	۳/۶۰۰ mg/kg
ویتامین D_3	۱۵۰۰۰۰IU
ویتامین C	۸۰۰ mg/kg
ویتامین A	۵۰۰۰۰۰۰ IU
آنتی اکسیدان	نامعلوم
رطوبت	۳۰ درصد
امولسیفایرها	۳±۲ درصد

بحث و نتیجه‌گیری

سوسپانسیون تقویت کننده به صورت یک محلول ناهمگن از دو مایع غیرقابل امتزاج است که در آن یکی از مایعات به صورت قطراتی که معمولاً قطر آنها بیشتر از ۱ میکرون است، در مایع دیگر پراکنده می‌شود. این قبیل سیستم‌ها دارای حداقل پایداری می‌باشند که با رابطه O/W (Oil/Water) نشان داده شده و طبق قانون استوکس توجیه می‌شود (Khodaparast, 1994)، بنابراین برای پایداری آنها وجود حداقل یک امولسیفایر ضروری است. این امولسیفایرها می‌توانند از نوع شیمیایی نظیر لیستین، گلیسرول، ۸۰ Tween بوده و یا از انواع صمغ‌های گیاهی که در صنایع غذایی کاربرد دارند شامل ثعلب و صمغ فارسی استفاده نمود. در این پژوهش نیز برای ایجاد استحکام و پایداری مناسب‌تر از میزان ۱ تا ۳ درصد از انواع امولسیفایرهای صنعتی و غذایی مذکور به صورت مخلوط مساوی استفاده شد.

ترکیبات امولسیفایرهای مورد استفاده در تولید امولسیون‌های تقویت کننده در صنعت آبزی پروری باید از نوع ترکیبات غیرسمی و قابل استفاده در صنایع غذایی مصرفی باشد. بر همین مبنا از امولسیفایرهای لیستین، گلیسرول و ۸۰ Tween استفاده شد که با مطالعات سایر محققین در این زمینه مطابقت کامل دارد (Hosseinpour *et al.*, 2010).

از آنجائی که دما و درصد و نوع امولسیفایرها در ایجاد شبکه پراکنده و قطر ذرات آن تأثیر مستقیم دارد (Huck- Iriart *et al.*, 2011) و باتوجه به اینکه برای سنتز سوسپانسیون غنی‌ساز، بایستی فاز روغنی در فاز آبی پراکنده شود (Mohammadi *et al.*, 2011)، لذا جهت حصول نتیجه مناسب‌تر در این پژوهش نیز، سنتز سوسپانسیون‌های غنی‌ساز در حاشیه حرارتی معادل حداکثر ۴۰°C صورت پذیرفت که با تحقیقات گزارش شده توسط Huck-Iriart و همکاران (2011)، همخوانی دارد. در عین حال از یک همزن مغناطیسی استفاده شد تا سبب ایجاد شبکه متراکمی از طریق جاذبه نیروهای واندروالسی و آب‌گریزی در مسیل‌های امولسیفایرها و در سطح مشترک آب و روغن شوند. از آنجائیکه دما و درصد و نوع امولسیفایرها در ایجاد شبکه پراکنده و قطر ذرات آن تأثیر مستقیم دارد.

در تولید سوسپانسیون فاکتور غلظت سوسپانسیون تا حداکثر ۳ درصد، pH محیط ۷/۸، دمای ۵۰°C و مدت زمان غنی‌سازی تأثیر مستقیم دارند و در تولید سوسپانسیون با امکانات داخلی نیز از امولسیفایرها به نسبت ۱ تا ۳ درصد و به صورت ترکیبی استفاده می‌شود (Mohammadi *et al.*, 2011) که بر این اساس، محصول این تحقیق نیز مطابق استاندارد ICES و با ترکیب ۳±۲ درصد از امولسیفایرها سنتز گردید.

در آب‌های جنوبی ایران بیش از ۷ خانواده بزرگ کوسه ماهیان وجود دارند. سالیانه هزاران تن کوسه صید می‌شوند که معادل ۳ درصد وزنی آنها را کبد تشکیل می‌دهد. همچنین ۳۵ درصد از وزن کبد کوسه‌ماهی سرشار از ذخایر انواع اسیدهای چرب بلند زنجیره غیر اشباع از قبیل امگا-۳، امگا-۶ و حتی امگا-۹ می‌باشد که به صورت سنتی استخراج می‌شود. روغن کبد کوسه ماهی بیشتر دارای مصرف غیر صنعتی است، ولی می‌توان آن را به فرآورده‌های با ارزش بالاتر تبدیل نمود. در پروفایل بدست آمده از روغن کبد کوسه ماهی، میزان کل اسیدهای چرب‌اشباع آن معادل ۲۴/۵ درصد، اسیدهای چرب غیراشباع تک باند ۱۹/۵۶ درصد، اسیدهای چرب غیر اشباع چند باند ۳۴/۲۴ درصد و اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره از قبیل آراشیدونیک اسید ۳/۴۵ درصد، ۴/۴۶LA درصد و ۵/۰۸ALA درصد به دست آمد. در تولید و فرمولاسیون سوسپانسیون‌های غنی ساز در این پژوهش از روغن کبد کوسه ماهی با نسبت ۳۰ تا ۴۰ درصد استفاده گردید.

آفتابگردان، گیاهی از خانواده گل ستاره‌ها بوده و از مغز دانه‌های آن روغن گرفته می‌شود که به آن روغن‌های نباتی اطلاق می‌شود. این گیاه به صورت وسیعی در کشورمان نیز کشت می‌شود. حدود ۱۲ درصد از مجموع روغن‌های استحصالی از آفتابگردان است. معادل ۷ درصد وزن خشک شده دانه‌های آفتابگردان را روغن تشکیل می‌دهد که آن را در استان‌های آذربایجان‌غربی، گیلان، مازندران و دیگر استان‌ها فرآوری و روغن‌کشی می‌کنند. ضایعات کارخانجات استحصال روغن آفتابگردان به دلایل مختلف تا حدود ۲ الی ۵ درصد است که می‌تواند منبع مناسبی برای فرمولاسیون فرآورده‌های با ارزش افزوده بالا نظیر سوسپانسیون های‌تقویت کننده مورد استفاده در صنعت آبزی‌پروری شود.

Malik و همکاران (2008)، ارزش HUFA در سلامت غذایی ماهیان را تأیید نموده و Narciso و Morais (2001)، افزایش میزان HUFA را در غنی سازی مؤثر دانسته و جایگزینی روغن آفتابگردان را به جای روغن‌های ماهی در صنعت آبزی پروری توصیه نموده‌اند. این محققین روغن‌آفتابگردان را در غنی‌سازی *Artemia* و بهبود دوره رشد و افزایش بقای لارو ماهی‌ها پیشنهاد نموده‌اند.

بررسی پروفایل، ساختار و درصد اسیدهای‌چرب روغن استحصال شده از ضایعات آفتابگردان بیانگر این است که میزان کل اسیدهای چرب اشباع آن معادل ۷/۱۴ درصد، میزان کل اسیدهای چرب غیراشباع تک باند ۴۶/۲۰ درصد، میزان کل اسیدهای چرب غیر اشباع چند باند ۲۳/۷۸ درصد بوده و میزان اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره مثل آراشیدونیک اسید ۱/۲۱ درصد،LA ۱۶/۰۴ درصد و ALA۵/۸۵ در صد از کل اسیدهای چرب به دست آمد. بنابراین روغن آفتابگردان می‌تواند به عنوان یکی از منابع و امکانات داخلی موجود در فرمولاسیون و تولید سوسپانسیون‌های غنی‌ساز مورد استفاده قرار گیرد. چنانچه برخی محققین گذشته نیز به این موضوع اشاره داشته‌اند (Narciso & Morais, 2001).

واکنش دریافت غذا در تیمارهای شماره ۲، ۳ و ۴ در مقایسه با تیمار ۱ بیشتر مشهود بود ولی این وضعیت در بین تیمارهای ۲، ۳ و ۴ نسبت به یکدیگر تفاوت چندانی نشان نداد و این نکته بدلیل عامل پرتحرکی طعمه (آرتمیا) و پراهمیتی آن در تغذیه لاروهای ماهی قزل آلا است. Sorgeloos و همکاران (2001) و Dhert و همکاران (2001) نیز در گزارشاتی نقش غذاهای زنده را در بهبود کیفی تغذیه لارو ماهی‌های Sea bass و Sea bream آورده‌اند که با نتایج مورد مشاهده در این تحقیق یکسانی دارد زیرا ناپلیوس‌آرتمیا به علت تحرک باعث تحریک تغذیه‌ای لاروها می‌شود (Léger *et al.*, 1987) .

غذاهای زنده قابلیت هضم و جذب بیشتری در مقایسه با غذاهای فرموله شده دارند که می‌توان آنرا به آنزیم‌های موجود در آنها نسبت داد. این مسئله در

نتایج تحقیقاتی Leger و همکاران (1987) نیز در مورد لارو ماهی اقیانوسی آورده شده است و با نتایج حاصل از تحقیق حاضر و بالا بودن ضریب رشد در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ نسبت به تیمار ۱ مطابقت نموده و این توانایی را ثابت می‌کند. در این پژوهش، نامحلول بودن و سفتی فضولات لاروهای تغذیه کننده از ناپلیوس آرتمیا در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ نسبت به تیمار ۱ مشخص بود. این مزیت علی‌القاعده در بهداشت انکوباتورها و کاهش بار باکتریایی تأثیر مثبت دارد.

تأثیر کاملاً مثبت و معنی دار ناپلیوس آرتمیا اعم از غنی شده و نشده نسبت به کنسانتره در بالا بودن درصد بازماندگی بیانگر اهمیت آنها در توجیه اقتصادی آن در کارگاه‌های تکثیر و پرورش آبزیان و در صنعت آبزی پروری است. این موضوع در گزارش تحقیقاتی Rainuzzo و همکاران (1997) بر روی ماهیان Sea bass و Sea bream نیز گزارش شده که مؤید نتایج این پژوهش می‌باشد.

آنالیز نتایج مرحله پایانی نشان می‌دهد که شاخص‌های رشد اعم از وزن‌تر (WW)، طول کل (TL)، ضریب رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR) و ضریب چاقی (CF) در تیمار ۱ در مقایسه با سایر تیمارهای ۲، ۳ و ۴ دارای اختلاف معنی‌دار است (p‹۰/۰۵) و این اختلاف در ضریب تبدیل غذایی مشخص‌تر است. این نتیجه با کار مطالعاتی انجام شده بر روی لارو ماهی *Acipenser persicus*، مشابهت دارد (Watanabe & Kiron, 1994).

نتایج میزان بازماندگی در پایان دوره آزمایش نشان می‌دهد که تیمارهای ۳ و ۴ به ترتیب با نسبت ۸۶/۲۲ و ۸۶/۴۰ بیشترین بازماندگی را در طول دوره پرورش داشتند، ولی تیمارهای شماره ۱ و ۲ کمترین بازماندگی با مقدار ۶۵ درصد و ۸۲ در صد را به نسبت خود اختصاص دادند. اختلاف درصد بازماندگی بین تیمارهای ۱ و ۲ با تیمارهای ۳ و ۴ معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$)، ولی اختلاف معنی داری از درصد بازماندگی بین تیمارهای ۳ و ۴ مشاهده نمی‌شود که بیانگر یکسانی اثرات سوسپانسیون‌های غنی ساز ساخت داخل با نمونه‌های تجاری خارجی می‌باشد. میزان درصد بازماندگی این پژوهش با یافته‌های مطالعات Hosseinpour و همکاران (2010)، درمورد لاروهای قره برون مطابقت و همخوانی دارد. بنابراین سوسپانسیون‌های داخلی می‌توانند در آنها نیز کاملاً تأثیرات مشابه این تحقیق را داشته باشند.

در این پژوهش ناهنجاری‌های عمومی شمارش و آنالیز گردید. ناهنجاری‌های عمومی در گروه‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. به طوری که بیشترین آنها در گروه آزمایشی ۱ با ۳۳ مورد و کمترین آن در گروه آزمایشی ۴ با ۱۹ مورد بود. همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۱ با تیمار ۲ و ۴ مشاهده نگردید ولی بین گروه‌های آزمایشی ۳ و ۴ دیده شد. این نتیجه با یافته‌های گزارش شده از پژوهش (Watanabe & Kiron, 1994) تطابق دارد.

براساس نتایج نهایی آنالیزهای شیمیایی، درصدترکیبات سوسپانسیون ساخت داخل به شرح ۶۷ درصد چربی خام، رطوبت ۳۰ درصد، خاکستر و ترکیبات فیبری هر کدام ۱ درصد، ترکیبات فسفری ۰/۲ درصد و امولسیفایرها ۳ درصد بدست آمد. همچنین ویتامین‌های A و D۳ به ترتیب ۵۰۰۰۰۰۰ و IU۱۵۰۰۰۰ و ویتامین‌های E و C نیز به ترتیب ۳/۶۰۰ و ۸۰۰ mg/kg اندازه‌گیری شد.

نتیجه نهایی تحقیق نشان می‌دهد که سوسپانسیون‌های ساخت داخل به آسانی و با موفقیت می‌توانند در غنی سازی ناپلیوس آرتمیا برای صنعت آبزی‌پروری جایگزین نمونه‌های تجاری وارداتی آن شود. به عبارت دیگر تولید سوسپانسیون‌های تقویت کننده غذاهای زنده آبزیان در داخل کشور با توانمندی‌های داخلی به خوبی امکان پذیر بوده و در کلیه آزمون‌های میدانی، نتایج آن موفقیت آمیز بود.

سپاسگزاری

این پژوهش براساس طرح مصوب سازمان تحقیق،

آموزش و ترویج کشاورزی به شماره ثبت ۴۶۵۵۶ مورخه ۹۳/۱۱/۱۲ به انجام رسید. بدین وسیله از همکاری مرکز تحقیقات آرتمیای کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، آزمایشگاه شیمی تجزیه دانشگاه ارومیه، مرکز تحقیقات امور دام و منابع طبیعی جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی، آزمایشگاه‌های کنترل کیفی مواد غذایی و مهندسی مواد غذایی آن، جهاد دانشگاهی ارومیه، کارگاه تکثیر و پرورش ماهی قزل آلای زیوه، مرکز تحقیقات آب‌های دور چابهار، مرکز تحقیقات دریایی بندرعباس، کارخانه فرآوری روغن آفتابگردان خوی و کارخانه فرآوری روغن‌زیتون رودبار، کمال سپاسگزاری را دارد.

منابع

Agh, N., Noori, F., Irani, A., Van Stappen, G. & Sorgeloos, P. 2011. Fine tuning of feeding practices for hatchery produced Persian sturgeon, *Acipenser persicus* and Beluga, *Huso huso*. *Aquaculture Research*, 44(3): 335-344.

Anderson, W. G., Mckinley, R. S. & Colvecchia, M. 1997. The use of clove oil as an anesthetic for rainbow trout and its effects on swimming performance. *North American Journal of Fishery Management*, 17(2): 301-307.

AOAC, 1990. Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th edn., Arlington. USA.

AOAC, 1998. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Edn 16, Association of Official Analytical Chemists Inc., V. A. Arlington. USA.

Bengtson, D. A. 2003. Status of marine aquaculture in relation to live prey: past, present and future. In: Live feed in marine aquaculture. Blackwell Science Ltd. USA.

Dhert, P., Rombaut, G., Suantika, G. & Sorgeloos, P. 2001. Advancement of Rotifer culture and manipulation techniques in Europe. *Aquaculture*, 200:129-146.

Hosseinpour, H., Hafezieh, M., Kamarudin, M. S., Bin-Saad, C. R., Abd-Sattar, M. K., Agh, N., Valinassab, T. & Sharifian. M. 2010. Effects of enriched *Artemia urmiana* with HUFA on growth, survival, and fatty acids *Artemia urmiana* with HUFA on growth, survival, and fatty acids composition of the Persian sturgeon larvae (*Acipenser persicus*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9(1):61-72.

Huang, H.H., Feng, L., Liu, Y., Jiang, J., Jiang, W. D., Hu, K., Li, S. H. & Zhou, X. Q. 2011. Effects of dietary thiamin supplement on growth, body composition and intestinal enzyme activities of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture Nutrition*, 17(2): 233-240.

Huck-Iriart, C. I., Candal, R. J. & Herrera, L. M. 2011. Effect of processing conditions and composition on sodium casein ate emulsions stability. *Proceeding of Food Sciences*, 1: 116-122.

Khodaparast, M. 1994. Technology of edible oils. Gutenberg Press. Tehran.

Léger, P., Bengtson, D. A., Sorgeloos, P., Simpson, K.L. & Deck, A.D. 1987. The nutritional value of *Artemia*: a review. *Artemia research and its applications*, 3: 357-372.

Malik, A., Aremu, A., Bayode, G. & Ibrahim, B. 2008. A study on the sunflower oil value in fish nutritious health. *Livestock Resources Rural Development*, 23: 60- 67.

Martinez, L. S., Vidal, A. T., Monino, A.V., Torres, M. P. & Cerda, M. J. 2007.Effects of dietary soybean oil concentration on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 38: 76–81.

Mohammadi, S., Abbasi, S. & Hamidi, I. 2011. Effects of hydrocolloids on physical stability, rheological and sensory properties of milk–orange juice mixture. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 5: 1-12.

Moussavi, N., Gavino, V. & Receveur, B. 2008.Could the quality of dietary fat, and not just its quantity, be related to risk of obesity. *Obesity a Research Journal*, 16(1): 7-15.

Narciso, L. & Morais, S. 2001. Fatty acid profile of *Palaemon serratus* (Palaemonidae) eggs and larvae during embryonic and larval development using different live diets. *Journal of Crustacean Biology*, 21: 566-574.

Turchini, G. M., Mentasti, T., Frayland, L. & Orban, K. 2003. Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquaculture*, 225: 251-267.

Valipour, A., Ozorio, R.O.A., Shariatmadari, F., Abedian, A. M., Seyfabadi, J. & Zahmatkesh, A. 2012. Effects of dietary lipid levels on growth, survival, and molting of yearling narrow clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus*. *Journal of Applied Aquaculture*, 24(40): 316-325.

Van Stappen, V.G. 1996. Introduction, biology and ecology of *Artemia*. In: Manual on the production and use of live food for aquaculture. Lavens, P. & Sorgeloos, P. (Eds.). *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 361: 79-163.

Watanabe, T. & Kiron, Y. 1994. Prospects in larval fish dietetics. *Aquaculture*, 124: 223-251.

Rainuzzo, J.R., Reitan, K.I. & Olsen, Y. 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: A review. *Aquaculture*, 155: 103-115.

Sarveh, G. 2012. Optimizing *Artemia urmiana* and *Artemia franciscana* enriching with colza oil. M.Sc. Dissertation. University of Urmia, Iran.

Sorgeloos, P. 1980. The use of *Artemia* in Aquaculture, In: Persoon, G., Sorgeloos, P., Roels, O.A. & Jaspers, E. (Eds.) The brine shrimp *Artemia*,1981. Vol. 3, Ecology, Culturing, use in Aquaculture. Universa Press,Wettern, Belgium.

Sorgeloos, P., Dyer, P. & Candreva, P. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larva culture. *Aquaculture*, 200: 147-159.

Stickney, A. P. & Perkins, H. C. 1981. Observations on the food of the Larvae of the northern shrimp, *Pandalus borealis* Kroyer, Decapoda, Candeal. *Crustaceana*, 40: 36-49.