بررسی اثرات مقایسه‌ای مخمر نانوایی صنعتی دستکاری شده و مخمر Lansy PZ بر ترکیب اسید چرب بالغین *Artemia urmiana* و *Artemia franciscana*

فرهاد طالبی[۱]، رامین مناف‌فر[۲]، ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی[۱۳]*، جواد عبدی[۴]

۱. گروه زیست‌شناسی علوم جانوری، دانشگاه ارومیه.
۲. گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده تحقیقات آرتمیا و آبزیان، دانشگاه ارومیه.
۳. گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری.
۴. دانشگاه پیام نور اصفهان.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱/۱۸

چکیده

امروزه به دلیل مشکلات موجود در تهیه مخمر Lansy-PZ، با انواع دیگر مخمر از جمله مخمر نانوایی جایگزین می‌شود. در این مطالعه، تاثیر ۶ جیره غذایی حاوی مخمر (مخمر Lansy PZ، مخمر غنی‌شده با HUFA، مخمر بدون لایه مانوپروتئین و غنی‌شده با HUFA، مخمر بدون لایه مانوپروتئین، مخمرهای ساده ۱۰۰ درصد و ۵۰ درصدی جایگزین شده به جای جیره جلبکی) روی ترکیب و مقادیر اسید چرب بدن *Artemia urmiana* و *A. franciscana* بالغ در ظروف یک لیتری با تراکم آغازین ۵۰۰ عدد ناپلیوس در لیتر و شوری ۸۰ گرم در لیتر بررسی شد. در پایان دوره آزمایش، نتایج نشان داد که غنی‌سازی مخمر نانوایی با HUFA بر میزان EPA و DHA مخمر (به ترتیب ۱۹/۱۱ و ۳۴/۵۱ درصد) اثر افزایشی داشت؛ هم‌چنین روندی نسبتا مشابه در ترکیب اسید چرب بدن هر دو گونه آرتمیا دیده‌شد. اگرچه بیشترین میزان HUFA در هر دو گونه در جیره حاوی مخمر Lansy PZ ابقاء شد ولی بالاترین میزان DHA در آرتمیاهای تغذیه شده با مخمر غنی از HUFA مشاهده شد. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، مخمر غنی‌شده با HUFA و مخمر غنی‌شده بدون لایه مانوپروتئین در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی مقادیر بهتری از DHA را در هر دو گونه آرتمیا ابقاء نموده، ولی از بین آن‌ها مخمر نانوایی غنی شده با HUFA بالاترین میزان DHA را در هر دو گونه آرتمیا ایجاد کرده، جایگزین مناسبی برای مخمر Lansy PZ است.

واژه‌های کلیدی: آرتمیا، مخمر Lansy PZ، مخمر نانوایی (*Saccharomyces cerevisiae*)، اسید چرب DHA، غنی‌سازی.

*نویسنده مسوول، پست الکترونیک: a.esmaeili@sanru.ac.ir

۱. مقدمه

تغییرات زیست محیطی در اکوسیستم‌های طبیعی آرتمیا (خصوصا دریاچه بزرگ نمک در آمریکا) سبب بحران شدید تهیه سیست آرتمیا جهت کاربرد در صنعت رو به رشد آبزی‌پروری شده و به همین دلیل در سال‌های اخیر به پرورش آرتمیا در استخرهای خاکی، سیستم‌های محصور در تانک و حتی مداربسته توجه فراوانی شده‌است (Lavens and Sorgeloos, 2001; Zmora *et al.*, 2002; Zmora and Shpigel, 2006). با توجه به رژیم تغذیه‌ای آرتمیا (فیلترکننده دائمی و غیرانتخابی) می‌توان از انواع ریزجلبک‌ها (*Dunaliella*، *Isochrysis*، *Tetraselmis* و *Chaetoceros*) و یا جلبک‌های خشک‌شده (*Spirulina* و *Scenedesmus*) برای تغذیه این گونه در شرایط پرورشی استفاده‌نمود (Lavens and Sorgeloos, 1996; Zmora *et al.*, 2002). هزینه فراوان تولید انبوه جلبک‌ها نیز سبب شد که امروزه تلاش‌های زیادی به استفاده از غذاهای جایگزین مانند انواع مخمرها، باکتری‌ها، سبوس عمل‌آوری شده برنج، گندم، ذرت و همچنین پروتئین سویا، سروفیل، لاکتوسرم و نستوم جهت تغذیه آرتمیا صورت‌گیرد (Lavens and Sorgeloos, 1996; Naegel, 1999; Zmora and Shpigel, 2006).

مخمرها، قارچ‌های تک‌سلولی و فاقد ریسه هستند که به اشکال کروی یا بیضوی دیده‌می‌شوند. سال‌هاست مخمرهایی مانند مخمر نانوایی (*Saccharomyces cerevisiae*)، مخمر دریایی (*Candida*)، مخمر Caked yeast (*Rhodotorula*)، مخمر دریایی *Dipodascus capitatus* و مخمر تولیدکننده کاروتنویید (*Phaffia rhodozyma*) برای تغذیه انواع آبزیان، کشت انبوه و غنی‌سازی غذاهای زنده (از جمله روتیفر و آرتمیا) استفاده‌می‌شوند (James *et al.*, 1987; Asanka Gunasekara *et al.*, 2012). در سال‌های اخیر استفاده از نوعی مخمر غنی‌شده تک‌سلولی با نام تجاری Lansy PZ بیشتر از سایر مخمرها برای تغذیه و پرورش آرتمیا مطرح‌شده‌است؛ مشکلات فراوان در تهیه این نوع مخمر (بالا-بودن قیمت، عدم تجاری‌سازی تکنیک ساخت و فاش‌نشدن روش آماده‌سازی) سبب ایجاد محدودیت در استفاده از آن شده‌است؛ بااین‌حال، وجود پروتئین و ویتامین مناسب در مخمر نانوایی این امکان را ایجاد کرده تا بتوان از آن به عنوان یک جایگزین احتمالی برای مخمر Lansy PZ در تغذیه آرتمیا استفاده‌کرد. مطالعات پیشین نشان دادند که گونه‌های مختلف آرتمیا عکس‌العمل‌های کاملا متفاوت در هضم مخمر نانوایی از خود نشان‌می‌دهند؛ به‌طوری‌که عواملی مانند پایین‌بودن ارزش غذایی مخمر از نظر اسیدهای چرب غیراشباع و وجود ترکیبات غیرقابل هضم مانوپروتئینی (Mannoprotein) در لایه خارجی دیواره سلولی مخمر از مهم‌ترین علل آن محسوب‌می‌شوند (Coutteau and Sorgeloos, 1997; Patra and Mohamed, 2003; Stottrup and McEvoy, 2003; Marques *et al.*, 2004). ازاین‌رو جهت بهبود و یا افزایش ارزش غذایی مخمر می‌توان از روش غنی-سازی با اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره (Highly unsaturated fatty acids)، غنی‌سازی با انواع روغن‌های امولسیونه و زرده‌خام تخم‌مرغ (Watanabe *et al.*, 1983; Brown *et al.*, 1996) استفاده کرد. هم‌چنین، جهت افزایش قابلیت هضم سلول مخمر می‌توان روش حذف لایه مانوپروتئینی (استفاده از آنزیم‌ها و مواد شیمیایی) و یا استفاده از مخمر نانوایی موتاسیون‌یافته نژاد mnn-9 (بهبود ساختار فلور باکتریایی دستگاه گوارش آرتمیا) را مطرح‌کرد (Marques *et al.*, 2004; Asanka Gunasekara *et al.*, 2012).

اکثر گونه‌های آرتمیا به‌طور طبیعی مقادیر کمی اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره (HUFAs) به‌ویژه دیکوزاهگزانوئیک دارند و گاه فاقد این اسیدها هستند (Lavens *et al.*, 1989; Lavens and Sorgeloos, 1996; Stottrup and McEvoy, 2003). Watanabe *et al.* (1983) و Bengtson *et al.* (1991) نشان دادند که ترکیب و مقادیر اسیدهای

چرب بدن آرتمیا به‌شدت تحت تأثیر کمیت و کیفیت غذا است و عوامل ژنتیکی تأثیر چندانی بر آن ندارند. با توجه به این که تاکنون تحقیقات محدودی پیرامون تأثیر نوع مخمر بر ترکیب اسیدچرب بدن گونه‌های مختلف آرتمیا (خصوصاً در مرحله بلوغ) انجام‌شده-است، لذا هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر انواع مختلف مخمر (مخمر غنی‌شده با اسید چرب HUFAs، مخمر بدون لایه مانوپروتئین و مخمر تجاری Lansy PZ) بر ترکیب اسید چرب بدن بالغین دو گونه مهم آرتمیا (*Artemia urmiana* و *Artemia franciscana*) با تأکید بر اثرات مقایسه‌ای مخمر نانوایی و مخمر Lansy PZ از نظر ترکیب و مقدار اسید چرب بدن آرتمیا است.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور انجام آزمایش، از شرکت INVE Technologies, Baasrode, Belgium مخمر Lansy-PZ تهیه‌شد. این مخمر به عنوان یکی از غذاهای مهم در مرحله لاروی میگو و سخت‌پوستان بوده، برای پرورش آرتمیا هم به عنوان یک غذای مطلوب به شمار می‌رود. قیمت یک جعبه با ۱۲ قوطی نیم-کیلویی از مخمر Lansy-PZ در بازارهای جهانی حدود ۶۰۰ دلار است (Miami Aquaculture, Inc., 2011). مخمر نانوایی صنعتی مورد استفاده (*S. cerevisiae*) نوعی مخمر صنعتی است که از شرکت خمیر مایه خوزستان تهیه‌شد. قطر ۵۰ عدد از مخمرهای نانوایی و مخمر Lansy-PZ به طور تصادفی با استفاده از میکروسکوپ دارای عدسی مدرج اندازه‌گیری شد. همچنین میزان رطوبت و وزن خشک مخمرها نیز بر اساس روش (James, 1376) تعیین‌شد.

با توجه به این که مخمر نانوایی مورد استفاده از نوع غنی‌نشده بود، فرآیند غنی‌سازی با اسیدهای چرب HUFA به منظور افزایش اسیدهای چرب بلند زنجیره غیراشباع اعمال‌گردید. بدین منظور مواد مختلف شامل گلوکز (۳۵ گرم)، عصاره استخراجی مخمر (۱۴ گرم)، اسیدهای چرب نوع HUFA (۲۱ گرم) و K_2HPO_4 (۷ گرم) در یک ارلن با میزان ۷۰۰ میلی‌لیتر آب کاملاً با یکدیگر مخلوط شدند. pH این مخلوط با استفاده از اسید استیک به ۶ رسانده، به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو گردید؛ سپس یک گرم مخمر نانوائی به آن افزوده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد در شیکر (هم‌زن) قرارداده‌شد. در مرحله بعد، کل این مخلوط با ۳۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و مخمر باقی‌مانده در دو مرحله با سرم فیزیولوژی شستشو و تا زمان غذادهی آرتمیا در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری‌شد (Yamada and Sgarbieri, 2005).

جهت تعیین پروفیل اسید چرب مخمرها، نمونه‌های مخمر نانوایی ابتدا در یک هاون شیشه‌ای کوچک کاملاً به‌صورت پودر درآمده، با استفاده از ترازوی دیجیتالی (دقت ۰/۱ گرم) مقادیری از هر نمونه توزین و به داخل ظروف شیشه‌ای ۱۵ میلی‌لیتری با درب پیچی تفلون‌دار منتقل‌شد. به هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر اتر افزوده شد سپس به مدت ۱۲ ساعت در داخل انکوباتور با درجه حرارت ۴۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری‌شدند؛ سپس اتر حاوی چربی محلول به ظروف دیگری منتقل و مجدداً به کلیه نمونه‌ها مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اتر اضافه و به مدت ۱۲ ساعت دیگر در درون انکوباتور قرارداده‌شدند. در مرحله دوم نیز قسمت اتری جدا و به چربی‌های استخراج شده قبلی افزوده‌شدند. با تبخیر اتر و به جا ماندن چربی استخراج شده در کف ظروف و توزین آن‌ها، درصد چربی کل هر نمونه محاسبه گردید؛ سپس به چربی-های استخراج شده به ازای هر ۰/۱ گرم چربی، یک میلی‌لیتر هپتان نرمال و ۰/۰۵ میلی‌لیتر هیدروکسید پتاسیم متانولی دو نرمال اضافه و به شدت به‌هم‌زده-شدند. بدین ترتیب گلیسرول از اسیدهای چرب جدا و رسوب نموده و اسیدهای چرب متیله‌شدند. در مرحله بعد، لایه بالایی شفاف حاوی متیل استر اسیدهای چرب محلول در هپتان بوده که به‌وسیله سرنگ به

ویال‌های کوچک دیگری منتقل و تا زمان تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی در دمای ۲۵- درجه سانتی‌گراد نگهداری‌شدند. پروفیل اسیدهای چرب مخمرها (مخمر نانوایی، مخمر نانوایی غنی‌شده با HUFA و مخمر Lansy PZ) با روش (Leiborits *et al.* (1987 تعیین‌گردید.

برای حدف لایه مانوپروتئین مخمر نانوایی طبق دستورالعمل در یک ارلن به میزان ۰/۲ مول بافر تریس با pH معادل ۸ و ۰/۰۵ مول Na_2EDTA، مقادیر ۱۰ سی‌سی آب و ۱۰۰ میلی‌گرم مخمر نانوایی صنعتی اضافه و به میزان حجم/حجم ۲ درصد مرکاپتواتانول به محلول اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور قرار-گرفتند. محلول مورد نظر با ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژشد؛ سپس در دو مرحله آن را با محلولی از ۰/۰۶ مول کلریدپتاسیم، ۰/۰۸ مول هیپوفسفات‌پتاسیم و ۰/۰۱۶ مول سیترات‌سدیم همراه با ۱۰ سی‌سی آب مقطر مجدداً به مدت ۵ دقیقه با ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژشد؛ سپس، مخمر باقی‌مانده در سه مرحله با آب با با شوری ۳۰ در هزار اتوکلاو و با ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه شستشو و نهایتاً مقدار حاصله در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد برای غذادهی آرتمیا نگهداری‌شد (Marques *et al.*, 2004).

در مرحله بعد، سیست‌های *A. urmiana* و *A. franciscana* از بانک سیست پژوهشکده آرتمیای ارومیه تهیه و در شرایط بهینه (شوری ۳۵ گرم در لیتر، شدت نور ۲۵۰۰ لوکس، دمای ۱±۲۷ درجه سانتی‌گراد و pH=۸/۱ همراه با هوادهی کافی) بر اساس روش Van Stappen (1996) تخم‌گشایی‌شدند. بعد از ۲۴ ساعت، ناپلیوس‌های Instar I خارج و بعد از شمارش (پیپت پاستور) با تراکم ۵۰۰ عدد ناپلیوس در لیتر درون ظروف پرورشی ۱/۵ لیتری (با حجم مفید یک لیتر) در تیمارهای مختلف آزمایشی (چهار تکرار برای هر تیمار) قرارگرفتند. تیمارهای تغذیه‌ای در این مطالعه شامل ۶ تیمار برای هر یک از دو گونه آرتمیای اورومیانا و فرانسیسکانا بر اساس جدول ۱ در نظر گرفته‌شد. از قبل، آب دریاچه ارومیه با افزودن آب مقطر به شوری ۸۰ گرم در لیتر رسانده و کلیه ظروف پرورشی در درون آکواریوم‌های با دمای ثابت ۱±۲۷ درجه سانتی‌گراد ذخیره‌سازی‌شدند. هر یک از ظروف پرورشی توسط یک پیپت پلاستیکی و لوله‌های هوادهی متصل به پمپ مرکزی هوادهی شدند. به‌منظور ممانعت از تبخیر آب، هر یک از ظروف فوق‌الذکر توسط پتری‌دیش‌های پلاستیکی که داری دو سوراخ (یکی برای هوادهی و دیگری برای غذادهی) پوشانده‌شدند (Van Stappen, 1996). برای تغذیه ناپلیوس‌های آرتمیا از جلبک تک‌سلولی *Dunaliella tertiolecta* استفاده‌شد؛ بدین منظور ابتدا استوک خالص جلبک در شدت نور ۲۰۰۰ لوکس و دمای اتاق (در حدود ۲±۲۰ درجه سانتی-گراد) نگهداری و برای کشت آن از محیط کشت والن (Walne) و شوری ۳۰ در هزار استفاده‌شد. پس از رسیدن جلبک‌ها به فاز رشد تصاعدی، عمل هوادهی قطع و جلبک‌های موجود در ظروف ۱/۵ لیتری با کمک سانتریفیوژ و روش سردکردن محیط پرورش (توسط یخچال به مدت ۴۸-۲۴ ساعت) تغلیظ‌شدند. بعد از رسوب، لایه کم‌رنگ بالایی دور ریخته‌شد و لایه غلیظ پایینی برداشت و برای تغذیه آرتمیا استفاده‌شد (Lavens and Sorgeloos, 1996).

در کلیه تیمارهای تغذیه‌ای، نیمی از جیره غذایی از جلبک *D. tertiolecta* با تراکم ۱۸×۱۰^{۶} سلول به ازای هر میلی‌لیتر تامین‌شد. شوری و pH آب در ظروف پرورش روزانه یک‌بار به ترتیب بااستفاده‌از شوری‌سنج چشمی و pHمتر اندازه‌گیری‌شد. تراکم آرتمیا در شروع آزمایش یک ناپلیوس در هر دو میلی‌لیتر آب بود که این تراکم در روز هشتم به یک آرتمیای نوجوان به ازای هر سه میلی‌لیتر و در روز دوازدهم و بعد از آن به یک آرتمیا به ازای هر چهار میلی‌لیتر کاهش‌یافت (Coutteau *et al.*, 1992). در روز ۱۵ دوره پرورش، آرتمیاهای هر تیمار به طور جداگانه توسط تورهای زئوپلانکتونی ۴۰۰ میکرونی

برداشت و به‌وسیله آب مقطر (به منظور حذف نمک اضافی و مواد زائد) کاملاً شستشو و در میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز اسید چرب نگهداری‌شدند (Sorgeloos, 1997).

جدول ۱. تیمارهای تغذیه‌ای برای پرورش دو گونه آرتمیای اورومیانا و فرانسیسکانا در طول دوره آزمایش

تیمارهای تغذیه‌ای	نوع جلبک تغذیه‌شده	نوع مخمر تغذیه‌شده
۱	*Dunaliella tertiolecta*	Lansy PZ (تیمار شاهد)
۲	*D. tertiolecta*	مخمر غنی‌شده
۳	*D. tertiolecta*	مخمر غنی‌شده بدون لایه مانوپروتئین
۴	*D. tertiolecta*	مخمر بدون لایه مانوپروتئین (مخمر تیمارشده)
۵	-	مخمر ساده ۱۰۰ درصد جیره غذایی
۶	*D. tertiolecta*	مخمر ساده ۵۰ درصد جیره غذایی

به منظور استخراج و آنالیز اسید چرب بدن آرتمیا، ابتدا نمونه‌های آرتمیا وارد لوله‌های شیشه‌ای درب‌دار شده و به هر کدام از آن‌ها حدود ۵ میلی‌لیتر محلول متانول/تولوئن (با نسبت حجمی ۲:۳) و ۰/۱ میلی‌لیتر محلول استاندارد داخلی (حاوی اسید چرب ۲۲:۲n۶ حل شده در ایزواکتان) اضافه‌شد؛ سپس ۵ میلی‌لیتر مخلوط تازه تهیه‌شده استیل کلراید/ متانول (با نسبت حجمی ۱:۲۰) به‌عنوان عامل استریفیکاسیون اضافه و کلیه مواد پس از اختلاط کامل در حمام‌آبی با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت جوشانده، به‌طوری‌که در هر ۱۰ دقیقه، یک‌بار ظروف محتوی نمونه‌ها تکان‌داده‌شدند. در مرحله بعد، به هر یک از نمونه‌ها مقدار ۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه و ۵ میلی‌لیتر هگزان افزوده و لوله‌ها به مدت ۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و فاز بالایی به لوله‌های جدید منتقل‌شدند. نهایتاً آبگیری به‌وسیله فیلتر سولفات-سدیم و انتقال نمونه‌ها به بالن‌های گلابی‌شکل انجام و به‌وسیله روتاتور در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد تغلیظ‌شدند. نمونه‌ها در ۰/۵ میلی‌لیتر ایزواکتان حل و تا زمان تزریق در فریزر نگهداری‌شدند. نمونه‌ها برای تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی مجدداً با ایزواکتان رقیق و پس از تهیه محلول نهایی، مقدار ۰/۴ میکرولیتر از آن به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق‌شد. درپایان درصد هر یک از اسیدهای چرب نسبت به کل اسیدهای چرب هر نمونه با مقایسه طول منحنی‌های هر اسید چرب با طول منحنی استاندارد داخلی محاسبه‌گردید (Lepage and Roy, 1984).

۳. نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری درصد وزن خشک و تر مخمرها نشان داد که مخمر نانوایی دارای وزن خشک بیشتری نسبت به مخمر Lansy PZ بود. همچنین، اندازه مخمر نانوایی بیشتر از مخمر Lansy PZ ولی میزان خاکستر Lansy PZ بیشتر از مخمر نانوایی بود (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه درصد وزن خشک و تر، میزان خاکستر و اندازه مخمرهای Lansy PZ و نانوایی صنعتی (شرکت خوزستان) برای تغذیه دو گونه آرتمیای اورومیانا و فرانسیسکانا

نوع و ویژگی‌های مخمرها	مخمر صنعتی (شرکت خوزستان)	مخمر Lansy PZ
اندازه (میکرون)	۵/۶۵±۰/۲۱	۳/۵۸±۰/۵۲
وزن خشک (درصد)	۹۸	۹۵/۹۳
وزن تر (درصد)	۲	۴/۰۶
میزان‌خاکستر (درصد)	۵	۹

آنالیز چربی و اسیدهای چرب مخمرها نشان داد که درصد کل چربی در مخمر Lansy PZ بیشتر از سایر مخمرها و کمترین مقدار آن در مخمر نانوایی

مشاهده‌شد (جدول ۳). غنی‌سازی مخمر نانوایی با اسیدهای چرب HUFA تأثیر بسزایی روی مقادیر اسیدهای چرب داشت؛ به‌طوری‌که، مقادیر انفرادی برخی از اسیدهای چرب مهم روند نسبتاً متفاوتی را در مخمر غنی‌شده نشان‌داد. به عنوان مثال، مقدار اسید چرب DHA در مخمر غنی‌شده (۳۴/۵۱ درصد) و چندین برابر سایر مخمرها از جمله Lansy PZ (۱/۷۴ درصد) بود. با این حال، مقدار EPA در دو نوع مخمر Lansy PZ (۱۵/۷۲ درصد) و مخمر غنی‌شده (۱۹/۱۱ درصد) اختلاف معناداری نشان‌نداد. علاوه‌براین، مخمر نانوایی دارای مقادیر بالاتری از اسیدهای چرب SFA (Saturated fatty acid؛ اسیدهای چرب اشباع شده) و PUFA (Polyunsaturated fatty acid؛ اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع) در مقایسه با سایر مخمرها بود ولی میزان HUFA (Highly unsaturated fatty acid؛ اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره) آن کمتر از سایر مخمرها بود. مخمر Lansy PZ در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشترین میزان MUFA (Mono unsaturated fatty acid؛ اسیدهای چرب تک زنجیره غیراشباع) را داشت. بیشترین میزان در نسبت n-3/n-6 در مخمر نانوایی غنی‌شده (۸/۴۰) و کمترین آن در مخمر ساده نانوایی (۰/۴۵) مشاهده‌شد (جدول ۳).

پروفیل اسید چرب بدن آرتمیا اورومیانا تغذیه‌شده با انواع مخمرها نشان داد که کمترین و بیشترین میزان ۱۶:۰۰ به ترتیب در تیمار ۱۰۰ درصد مخمر ساده جیره غذایی و تیمار مخمر غنی شده دیده‌شد، حداکثر میزان ۱۶:۱n۷ در تیمار مخمر بدون لایه مانوپروتئین و حداقل آن در دو تیمار مخمر Lansy PZ و مخمر غنی‌شده بدون لایه مانوپروتئین مشاهده‌شد. بالاترین مقدار اسید اولئیک در تیمار مخمر Lansy PZ دیده‌شد. میزان اسید لینولئیک در تیمارهای مخمر غنی‌شده و مخمر غنی‌شده بدون لایه مانوپروتئین بیشتر از سایر تیمارها بود. مقدار اسید لینولنیک در تیمار مخمر بدون لایه مانوپروتئین و کمترین آن در تیمار مخمر Lansy PZ بیشتر بود. علاوه بر این، EPA در تیمارهای مخمر Lansy PZ و مخمر غنی‌شده به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را به خود اختصاص‌دادند.

جدول ۳. میزان کل چربی و پروفیل اسید چرب (بر حسب درصد از کل اسیدهای چرب شناسایی‌شده) سه نوع مخمر نانوایی صنعتی غنی‌شده با اسید چرب HUFA (تیمار ۱)، مخمر ساده بدون غنی‌سازی (تیمار ۲) و مخمر Lansy PZ (تیمار ۳)

	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
میزان کل چربی (٪)	۱۴/۷۳	۱/۸۷	۱۸
۱۴:۰۰	۴/۲	۵/۵۳	۳/۰۱
۱۶:۰۰	۱۰/۶۸	۳۶/۳۶	۱۸/۳۲
۱۸:۰۰	۲/۵۹	۹/۰۹	۷/۲۴
۲۲:۰۰	۱	۰	۰
۲۴:۰۰	۰	۰	۰
ΣSFA	۱۸/۴۷	۵۰/۹۸	۲۸/۵۷
۱۴:۱n۵	۳/۸۲	۴/۶۷	N.D.
۱۶:۱n۷	۰	۰	۱۳/۹۳
۱۸:۱n۹	۵/۳۴	۱۴/۵۶	۲۰/۳۴
۱۸:۱n۷	۱۱/۱۸	۱۴/۴۷	۶/۳۶
ΣMUFA	۲۰/۳۴	۳۳/۷	۴۰/۶۳
۱۸:۲n۶	۵/۹۶	۹/۴۶	۶/۴۱
۱۸:۳n۶	۰	۰	۰/۹۱
۱۸:۳n۳	۱/۰۱	۱/۰۷	۱/۳۳
۲۰:۳n۶	۰	۰/۴۲	۰/۶۵
۲۰:۳n۳	۰	۰/۶۴	N.D.
ΣPUFA	۶/۹۷	۱۱/۵۹	۹/۳
۱۸:۴n۳	۰	۰	۱/۰۴
۲۰:۴n۶	۰/۵۴	۰/۶۹	۲/۲۹
۲۰:۵n۳	۱۹/۱۱	۰/۷۷	۱۵/۷۲
۲۲:۵n۶	۰	۰	۰/۰۹
۲۲:۶n۳	۳۴/۵۱	۲/۲۴	۱/۷۴
ΣHUFA	۵۴/۱۶	۳/۷	۲۰/۸۸
Total n-3	۵۴/۶۳	۴/۷۲	۱۹/۸۳
Total n-6	۶/۵	۱۰/۵۷	۱۰/۳۵
n-3:n-6	۸/۴۰	۰/۴۵	۱/۹۲

SFA اسیدهای چرب اشباع‌شده (Saturated fatty acid)، MUFA اسیدهای چرب تک‌غیراشباعی (Mono unsaturated fatty acid)، PUFA اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع (Polyunsaturated fatty acid)، HUFA اسیدهای چرب غیراشباع بلندزنجیره (Highly unsaturated fatty acid) و N.D. بیانگر مقادیر شناسایی‌نشده‌است.

جدول ۴. پروفیل اسید چرب بدن *A. urmiana* (بر حسب درصد از کل اسیدهای چرب شناسایی‌شده) تغذیه‌شده با ۶ نوع مختلف از جیره غذایی شامل مخمر لنسی (تیمار ۱)، مخمر غنی‌شده با HUFA (تیمار ۲)، مخمر بدون لایه مانوپروتئین غنی‌شده با HUFA (تیمار ۳)، مخمر بدون لایه مانوپروتئین (تیمار ۴)، مخمر ساده ۱۰۰ درصد جیره غذایی (تیمار ۵) و مخمر ساده ۵۰ درصد جیره غذایی (تیمار ۶)

اسیدهای چرب	تیمارهای غذایی					
	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶
۱۴:۰۰	۱/۹۰	۲/۲۹	۰/۷۰	۱/۱۸	۰/۱۸	۰/۵۳
۱۶:۰۰	۱۴/۴۸	۲۲/۳۵	۱۳/۷۴	۱۶/۲۶	۱۳/۵۳	۱۵/۰۳
۱۸:۰۰	۵/۹۲	۵/۱۶	۷/۲۱	۶/۱۵	۷/۱۴	۶/۷
۲۰:۰۰	۰/۸۸	۱/۰۲	۱/۹۶	۲/۲۸	۳/۰۵	۲/۵۱
۲۲:۰۰	۰/۵۱	۰	۰	۰	۰	۰
۲۴:۰۰	۶/۶۱	۰/۸۶	۱/۱۱	۰/۷۵	۱/۳۸	۱/۱۹
ΣSFA	۳۰/۳	۳۱/۶۸	۲۴/۷۲	۲۶/۶۲	۲۵/۲۸	۲۵/۹۶
۱۴:۱n۵	۰/۷۰	۱/۸۸	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۳۹	۰/۹۳
۱۶:۱n۷	۶/۴۴	۸/۰۹	۶/۳۸	۱۳/۲۶	۱۰/۱۸	۱۱/۵۷
۱۸:۱n۹	۱۷/۲۹	۱۵/۳۴	۱۵/۳۳	۱۵/۵۳	۱۶/۴۶	۱۳/۲۱
۱۸:۱n۷	۶/۹۲	۶/۳۴	۶/۶۳	۶/۵۶	۱۱/۷۳	۸/۷۴
ΣMUFA	۳۱/۳۵	۳۱/۶۵	۲۸/۵۵	۳۵/۶۴	۳۸/۷۶	۳۴/۴۵
۱۸:۲n۶	۱۰/۷۲	۱۱/۴۴	۱۱/۴۹	۵/۲۹	۹/۶۱	۸/۲۳
۱۸:۳n۶	۱/۶۵	۰	۳/۳۶	۰/۱۶	۰	۰/۴۵
۱۸:۳n۳	۶/۶۹	۱۳/۰۷	۱۴/۶۶	۱۷/۳۸	۱۶/۲۱	۱۳/۴۷
۲۰:۳n۶	۰/۴	۰	۱/۳۱	۰	۰	۰
۲۰:۳n۳	۱/۱۳	۰	۰	۰	۰	۰
ΣPUFA	۲۰/۵۹	۲۴/۵۱	۳۰/۸۲	۲۲/۸۳	۲۵/۸۲	۲۲/۱۵
۱۸:۴n۳	۰/۶۹	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰:۴n۶	۰/۶۵	۰	۱/۲۶	۰	۰	۰
۲۰:۵n۳	۷/۶۱	۱/۲۸	۲/۲۸	۱/۸۳	۲/۰۱	۱/۶۳
۲۲:۵n۶	۰/۲۱	۰/۴۴	۰/۷۳	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۱۰
۲۲:۶n۳	۱/۱۷	۲/۸۱	۱/۰۲	۰/۱۰	۲/۰۴	۰/۸۰
ΣHUFA	۱۰/۳۳	۴/۵۳	۵/۲۹	۲/۱	۴/۳۲	۲/۵۳
Total n-3	۱۷/۲۹	۱۷/۱۶	۱۷/۹۶	۱۹/۳۱	۲۰/۲۶	۱۵/۹
Total n-6	۱۳/۶۳	۱۱/۸۸	۱۸/۱۵	۵/۶۲	۹/۸۸	۸/۷۸
n-3:n-6	۱/۲۷	۱/۴۴	۰/۹۹	۳/۴۴	۲/۰۵	۱/۸۱

SFA اسیدهای چرب اشباع‌شده (Saturated fatty acid)، MUFA اسیدهای چرب تک‌غیراشباعی (Mono unsaturated fatty acid)، PUFA اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع (Polyunsaturated fatty acid)، و HUFA اسیدهای چرب غیراشباع بلندزنجیره (Highly unsaturated fatty acid) است.

بیشترین میزان DHA در تیمارهای مخمر غنی‌شده و مخمر ساده ۱۰۰ درصد جیره غذایی و کمترین مقدار در مخمر بدون لایه مانوپروتئین دیده‌شد. بیشترین میزان HUFA در تیمار مخمر Lansy PZ ابقاءشد (جدول ۴).

طبق نتایج جدول ۵ پروفیل اسید چرب بدن آرتمیای فرانسیسکانا تغذیه‌شده با انواع مخمرها نشان داد که کمترین و بیشترین میزان ۱۶:۰۰ به ترتیب در تیمارهای مخمر ساده ۵۰ درصد جیره غذایی و مخمر غنی‌شده مشاهده‌شد. بالاترین مقدار ۱۶:۱n۷ در

تیمار مخمر بدون لایه مانوپروتئین و پایین‌ترین آن در دو تیمار مخمر Lansy PZ و مخمر غنی‌شده بدون لایه مانوپروتئین دیده‌شد. مقادیر اسید اولئیک و لینولئیک در تیمار مخمر غنی‌شده بدون لایه مانوپروتئین بیشتر از سایر تیمارها مشاهده‌گردید.

جدول ۵. پروفیل اسید چرب بدن *A. franciscana* (بر حسب درصد از کل اسیدهای چرب شناسایی‌شده) تغذیه‌شده با ۶ نوع مختلف از جیره غذایی شامل مخمر لنسی (تیمار ۱)، مخمر غنی‌شده با HUFA (تیمار ۲)، مخمر بدون لایه مانوپروتئین غنی‌شده با HUFA (تیمار ۳)، مخمر بدون لایه مانوپروتئین (تیمار ۴)، مخمر ساده ۱۰۰ درصد جیره غذایی (تیمار ۵) و مخمر ساده ۵۰ درصد جیره غذایی (تیمار ۶)

اسیدهای چرب	تیمارهای غذایی					
	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶
۱۴:۰۰	۱/۵۱	۲/۰۲	۱/۱۵	۱/۴۳	۱/۶۸	۰/۶۱
۱۶:۰۰	۱۳/۵۳	۱۷/۸۱	۱۱/۶۷	۱۵/۲۹	۱۷/۰۴	۱۰/۸۰
۱۸:۰۰	۶/۱۵	۵/۰۵	۷/۵۱	۵/۰۹	۱۰/۱۷	۸/۳۳
۲۰:۰۰	۲/۰۱	۱/۴۶	۲/۰۱	۱/۴۸	۱/۸۴	۴/۲۴
۲۲:۰۰	۰/۱۵	۰	۰	۰	۰	۰/۱۸
۲۴:۰۰	۲/۶۳	۰/۷۷	۱/۲۲	۱/۱۶	۱/۱۲	۳/۰۳
ΣSFA	۲۵/۹۸	۲۷/۱۱	۲۳/۵۶	۲۴/۴۵	۳۱/۸۵	۲۷/۱۹
۱۴:۱n۵	۰/۱۰	۱/۸۶	۰/۱۳	۲/۰۸	۰/۳۳	۰/۱۸
۱۶:۱n۷	۵/۹۷	۷/۶۰	۵/۹۰	۱۶/۸۸	۸/۶۱	۶/۷۵
۱۸:۱n۹	۱۶/۶۸	۱۱/۸۷	۱۷/۸۰	۱۴/۵۱	۱۵/۱۶	۱۳/۳۴
۱۸:۱n۷	۸/۰۷	۵/۶۴	۷/۲۵	۶/۴۴	۹/۳۰	۱۱/۱۵
ΣMUFA	۳۰/۸۲	۲۶/۹۷	۳۱/۰۸	۳۹/۹۱	۳۳/۴۰	۳۱/۴۲
۱۸:۲n۶	۱۱/۷۴	۱۰/۰۵	۱۲/۵۱	۴/۲۴	۶/۶۸	۹/۱۱
۱۸:۳n۶	۱/۵۲	۰/۱۶	۲/۳۰	۲/۲۳	۳/۱۳	۱/۵۳
۱۸:۳n۳	۱۱/۲۵	۱۴/۵۶	۱۶/۵۷	۱۵/۳۲	۱۴/۴۲	۲۰/۱۴
۲۰:۳n۶	۱/۰۳	۰	۰	۰	۰	۰/۲۵
۲۰:۳n۳	۰/۶۴	۰	۰	۰	۰	۰/۲۷
ΣPUFA	۲۶/۱۸	۲۴/۷۷	۳۱/۳۸	۲۱/۷۹	۲۴/۲۳	۳۱/۳۰
۱۸:۴n۳	۰/۳۱	۰	۰	۰	۰	۰/۱۵
۲۰:۴n۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴۴
۲۰:۵n۳	۸/۱۲	۱/۸۳	۴/۷۶	۰/۶۲	۰/۲۱	۱/۳۹
۲۲:۵n۶	۰/۲۴	۱/۴۳	۰/۵۲	۰/۳۴	۰/۴۹	۰/۳۱
۲۲:۶n۳	۰/۹۵	۲/۱۲	۱/۴۴	۰/۴۱	۲/۰۵	۰/۵۱
ΣHUFA	۹/۶۲	۵/۳۸	۶/۷۲	۱/۳۷	۲/۷۵	۲/۸
Total n-3	۲۱/۲۷	۱۸/۵۱	۲۲/۷۷	۱۶/۳۵	۱۶/۶۸	۲۲/۴۶
Total n-6	۱۴/۵۳	۱۱/۶۴	۱۵/۳۳	۶/۸۱	۱۰/۳	۱۱/۶۴
n-3:n-6	۱/۴۶	۱/۵۹	۱/۴۹	۲/۴۰	۱/۶۲	۱/۹۳

SFA اسیدهای چرب اشباع شده (Saturated fatty acid)، MUFA اسیدهای چرب تک غیراشباعی (Mono unsaturated fatty acid)، PUFA اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع (Polyunsaturated fatty acid)، و HUFA اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره (Highly unsaturated fatty acid) است.

اسید لینولنیک در تیمار مخمر ساده ۵۰ درصد جیره غذایی و تیمار مخمر Lansy PZ به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را نشان‌داد. میزان EPA در تیمار Lansy PZ دارای بالاترین و مخمر ساده ۱۰۰ درصد جیره غذایی کمترین میزان این اسید چرب را نشان‌دادند. میزان DHA در تیمارهای مخمر غنی‌شده و مخمر ساده ۱۰۰ درصد جیره غذایی بیشترین و کمترین مقدار در تیمار مخمر بدون لایه مانوپروتئین مشاهده‌شد. حداکثر مقدار HUFA در تیمار مخمر Lansy PZ به‌دست‌آمد (جدول ۵).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات پیشین روی فاکتورهای موثر بر پروفیل اسید چرب بدن آرتمیا نشان دادند که تفاوت در ترکیب اسید چرب غذای خورده‌شده توسط مولدین (Leger *et al.*, 1987; Lavens *et al.*, 1989)، ژنوتیپ (Navarro and Amat, 1992)، انتخاب و نوع جیره غذایی آرتمیا (Ruiz *et al.*, 2007) و عوامل محیطی (Stottrup and McEvoy, 2003) جزء مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر میزان و ترکیب اسید چرب بدن آرتمیا هستند. بااین‌حال، داده‌های محدودی تأثیر نوع جیره‌های مخمری بر پروفیل اسید چرب بدن گونه‌های مختلف آرتمیا (خصوصا در مراحل بلوغ) را مطالعه‌کرده‌اند. بررسی نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که نوع جیره غذایی مخمری بر پروفیل اسید چرب بدن هر دو گونه آرتمیای اورومیانا و فرانسیسکانا مؤثربود. همچنین امکان دستکاری ترکیب اسید چرب بدن در هر دو گونه با استفاده از انواع مختلف جیره‌های مخمری وجود دارد. برخی از مطالعات نیز روی انواع مختلف غذاهای زنده اعم از روتیفر، آرتمیا، پریان میگوی آب شیرین و حتی برخی از گونه‌های ماهیان بررسی‌شده‌است (Asanka Marques *et al.*, 2004; Gunasekara *et al.*, 2012; Lavens *et al.*, 1989; Bengtson *et al.*, 1991; Léger و همکاران (۱۹۸۷) و Han و همکاران (۲۰۰۰) عنوان کردند که میزان چربی و نوسانات اسید چرب بدن آرتمیا خصوصاً در مراحل بلوغ عمدتاً به جیره غذایی مصرفی توسط مولدین و عوامل محیطی وابسته بوده و اختلافات ژنتیکی نقش ناچیزی دارند. بااین‌حال، تفاوت‌هایی در پروفیل اسید چرب بیوماس آرتمیای بالغ گونه‌های مختلف در شرایط آزمایشگاهی با تغذیه از یک جیره مشابه جلبکی دیده‌شد (Lavens and Sorgeloos, 1996; Stottrup and McEvoy, 2003). همچنین، این گونه اختلافات در ترکیب اسیدهای چرب گونه‌های پریان میگوی آب شیرین نیز گزارش‌شد (Maeda-Martinez *et al.*, 1995; Mura *et al.*, 1997).

وجود تفاوت در مقادیر اسیدهای چرب بدن آرتمیاهای بالغ تغذیه‌شده با انواع مخمرها در مطالعه پیش رو را می‌توان به ترکیب اسید چرب مخمرهای جیره غذایی نسبت‌داد. روند چنین اختلافاتی در مورد هر دو گونه آرتمیا و حتی در درون یک گونه با تغذیه از جیره‌های مختلف مخمری مشاهده‌شد. علت چنین روندی را احتمالاً بتوان به کارآیی تبدیل غذا و توانایی آرتمیا در جذب منابع غذایی داده‌شده به آن‌ها دانست. به طور مشابه نیز تأثیر جیره‌های مختلف از جمله جیره‌های جلبکی، مخمر نانوایی و مخمر Lansy PZ بر پریان میگوی آب شیرین نتایج به دست آمده را تأییدمی‌کند (Mura *et al.*, 1997). از طرف‌دیگر، در مطالعه حاضر در اکثر موارد پروفیل اسید چرب مرتبط با جیره غذایی در هر یک از جیره‌های مخمری داده‌شده به هر دو گونه آرتمیا مشاهده‌شد، بر این اساس الگوی اسید چرب مبتنی بر غذاهای زنده با منشاء دریایی (که در آن مقدار EPA بیشتر از ۱۸:۳n۳ است) در آرتمیا اورومیانا در زمان تغذیه با جیره غذایی حاوی مخمر Lansy PZ دیده‌شد (Watanabe *et al.*, 1983)؛ درحالی‌که این روند در مورد آرتمیا فرانسیسکانا چندان مشهود نبوده که ازاین‌نظر با یافته‌های Watanabe و همکاران (۱۹۸۳) مطابقت‌ندارد. چنین الگویی در هر دو گونه آرتمیای تغذیه‌شده با مخمر ساده نانوایی ۱۰۰ درصد از جیره غذایی مشاهده‌نشده که از این نظر مطابق با یافته‌های

Watanabe و همکاران (۱۹۸۳) و Mura و همکاران (۱۹۹۷) است.

ترکیب و پروفیل اسید چرب مخمر نانوایی مطالعه حاضر با مخمرهای مورد بررسی در مطالعات James *et al.* (1987)، Brown *et al.* (1996)، Kang *et al.* (2006) و Chakraborty *et al.* (2007) هم‌خوانی دارد. بخش قابل توجهی از پروفیل اسید چرب مخمر نانوایی از اسیدهای چرب منواتیلنیک ۱۴:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۱۸:۰۰ (در حد ۸۲-۵۲ درصد) تشکیل شده است (Stottrup and McEvoy, 2003)؛ با این حال مقادیر اسیدهای چرب فوق‌الذکر در مخمر نانوایی این مطالعه در سطح نسبتاً پایین‌تری (حدودا ۵۱ درصد) در مقایسه با سایر تحقیقات به‌دست‌آمد. علاوه‌براین، میزان DHA در مخمر نانوایی غنی‌نشده در تحقیق حاضر مقدار بالاتری (۲/۲۴ درصد از کل اسیدهای چرب) را نسبت به مقدار این اسید چرب در برخی دیگر از مطالعات داشت. Mura و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که میزان چربی در مخمر نانوایی (*S. cerevisiae*)، ۲/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و مجموع سه اسید چرب ۱۶:۰۰، ۱۶:۱n۷ و ۱۸:۱n۹ حدودا ۸۱ درصد از کل اسیدهای چرب و مقدار HUFA بوده و ناچیز (۰/۸۴ درصد) است. از این نظر داده‌های مطالعه حاضر در مخمر نانوایی (میزان چربی ۱/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک، مجموع سه اسیدهای چرب فوق‌الذکر در حدود ۵۱ درصد و میزان HUFA حدودا ۳/۷ درصد از کل اسیدهای چرب) با نتایج آن‌ها مطابقت چندانی ندارد. با توجه به فقدان اسیدهای چرب ضروری به‌خصوص EPA و DHA در مخمر نانوایی لازم‌است تا ابتدا فرآیند غنی-سازی در مخمرها انجام شود، سپس آن را در اختیار گونه مورد بررسی (آرتمیا) قرارداد. در مطالعه حاضر، روند افزایشی معناداری در میزان EPA و DHA در مخمر بعد از فرآیند غنی‌سازی با اسیدهای چرب HUFA (به ترتیب ۱۹/۱۱ و ۳۴/۵۱ درصد) مشاهده-شد که این مسئله، بیانگر تأثیر قابل‌توجه غنی‌سازی بر پروفیل اسید چرب مخمرها است.

به‌طورکلی، مقادیر اسیدهای چرب EPA، DHA، مقادیر کل PUFA و HUFA n-3 از شاخص‌های مهم برای ارزیابی ارزش غذایی آرتمیا به منظور کاربرد آن به عنوان یک غذای زنده در صنعت آبزی‌پروری (خصوصاً لارو ماهیان و سخت‌پوستان دریایی) محسوب‌می‌شود (Leger *et al.*, 1987; Lavens and Sorgeloos, 1996; Stottrup and McEvoy, 2003). ناپلیوس‌ها و بالغین آرتمیا اغلب ارزش غذایی کافی برای آبزیان دریایی ندارند زیرا عموماً حاوی میزان نسبتاً کمی از EPA و مقادیر بسیار جزئی از DHA بوده و یا فاقد آن هستند (Lavens and Sorgeloos, 1996; Sorgeloos, 1997; Stottrup and McEvoy, 2003). نتایج مطالعه حاضر هم نشان داد که آرتمیا اورومیانا و فرانسیسکانا تغذیه‌شده با مخمر غنی‌شده با HUFA و مخمر غنی‌شده بدون لایه مانوپروتئین در مقایسه با سایر جیره‌های غذای آزمایشی در اغلب موارد موجب افزایش ارزش غذایی آرتمیا در هر دو گونه شدند. در این میان، تغذیه هر دو گونه آرتمیا خصوصاً از مخمر غنی‌شده سبب افزایش و بهبود نسبی در مقدار اسید چرب DHA شد. Barclay و Zeller (۱۹۹۶) بیان کردند که مخمرهای غنی‌شده با امولسیون‌های چربی همراه با باکتری‌ها و ترکیبات میکروکپسوله می‌توانند جایگزین غنی‌کننده‌های گران‌قیمتی مانند Super-Selco و Selco DHA جهت غنی‌سازی آرتمیا گردند. همچنین، جیره مخمری ۱۰۰ درصد از جیره غذایی در مقایسه با سایر جیره‌ها توانسته مقادیر بالایی از اسید چرب DHA را در هر دو گونه آرتمیا ایجادکند. Coutteau و Sorgeloos (۱۹۸۹) یک روند کاهشی شدیدی را در میزان سطح جذب سلول‌های مخمر در آرتمیاهای با سنین مختلف گزارش‌کردند، به‌طوری‌که میزان محدودکننده جذب سلول مخمر از ۵۰۰ سلول بر میکرولیتر در آرتمیاهای دو روزه به ۱۰۰ سلول بر میکرولیتر در آرتمیای با سن یک هفته کاهش‌یافت درحالی‌که برخلاف نتایج آن‌ها Marques *et al.* (2004) عنوان نمودند که غذادهی ناپلیوس آرتمیا با

مخمر نانوایی مانند جلبک *D. tertiolecta* می‌تواند باعث افزایش مقادیر n-3 HUFA گردد.

مطالعات گذشته نشان داد که مجموعاً ۶ اسید چرب ۱۶:۰۰، ۱۶:۱n۷، ۱۸:۱n۹، ۱۸:۲n۶، ۱۸:۳n۳ و ۲۰:۵n۳ حدوداً تا ۸۰ درصد از کل اسیدهای چرب بدن آرتمیا را تشکیل‌می‌دهند (Léger *et al.*, 1986; Bengtson *et al.*, 1991; Han *et al.*, 2000). مجموع اسیدهای چرب فوق‌الذکر در آرتمیا اورومیانا و فرانسیسکانا تغذیه‌کرده با مخمر غنی از HUFA به ترتیب ۷۱/۵۷ و ۶۳/۷۲ درصد و در مخمر غنی‌شده بدون لایه مانوپروتئین به ترتیب ۶۳/۸۵ و ۶۴/۴۵ درصد از کل اسیدهای چرب را به خود اختصاص‌داد که ازاین‌نظر مشابه با نتایج مطالعات پیشین است. با-این‌وجود، داده‌های کاملاً متناقضی در زمینه مقادیر برخی از اسیدهای چرب مهم در آرتمیا وجوددارد. به عنوان مثال، مقادیر اسیدهای چرب لینولنیک، EPA و DHA در تحقیق Han (2001) روی غنی‌سازی *A. franciscana* بالغ به ترتیب ۲۶-۱۴/۹، ۲۳/۱ و ۴/۶ میلی‌گرم به ازای هر گرم وزن خشک بدن به‌دست-آمد؛ درحالی‌که Lim و همکاران (۲۰۰۱) در آرتمیای بالغ همین گونه نتایج کاملاً متفاوتی از سه اسید چرب مذکور (به ترتیب ۱/۸، ۵/۶ و ۱/۹ میلی‌گرم به ازای هر گرم وزن خشک بدن) را گزارش‌کردند. علت چنین اختلافاتی را باید به نوع گونه، شرایط کشت و پرورش، نوع غذای به‌کاررفته برای تغذیه بالغین در طول دوره پرورش، نوع محلول‌های غنی‌کننده و احتمالاً برخی از پارامترهای محیطی نسبت‌داد.

در زمینه امکان استفاده از مخمرها، مطالعات متعددی در سایر غذاهای زنده انجام‌شده‌است (Coutteau and Sorgeloos, 1989; Coutteau *et al.*, 1990; Kang *et al.*, 2006). برای مثال، مطالعه James *et al.* (1987) نشان‌داد که تأثیر مخمر نانوایی در مقابل مخمر دریایی (*Candida* sp.) روی ترکیب اسید چرب بدن روتیفر *Brachionus plicatilis* برتری داشت؛ به‌طوری‌که روتیفرهای تغذیه‌شده با مخمر نانوایی دارای میزان DHA دو برابری در مقایسه با روتیفرهای تغذیه‌شده با مخمر دریایی بودند. بالعکس، Kang و همکاران (۲۰۰۶) استفاده از دو نوع مخمر دریایی *Debaryomyces hansenii* و *Candida austromarina* را به عنوان جیره‌های قابل استفاده در تولید انبوه کلادوسر *Moina macrocopa* معرفی کردند و بیشترین گروه‌های اسید چرب در هر دو گونه مخمر نسبتاً مشابه یکدیگر بوده، شش اسید چرب ۱۶:۰۰، ۱۸:۰۰، ۱۸:۱n۷، ۱۸:۱n۹، ۱۸:۲n۶ و ۱۶:۱n۷ مجموعاً حدود ۸۰ درصد از کل اسیدهای چرب را تشکیل داده و در عین حال میزان EPA و DHA آن‌ها به ترتیب ۰/۴ و ۳/۶ درصد از کل اسیدهای چرب را شامل‌شد. نتایج مطالعات این محققین نشان از تأثیر مستقیم جیره‌های مختلف غذایی مخمری بر پروفیل اسید چرب بدن *M. macrocopa* داشت. همچنین به دلیل وجود مقادیر بالاتری از DHA، مخمر *C. austromarina* از ارزش غذایی به مراتب بیشتری در مقایسه با مخمر *D. hansenii* و نوعی باکتری دریایی *Erythrobacter* sp. Sp-I در تغذیه *M. macrocopa* برخوردار بوده، به همین دلیل استفاده از آن برای غنی‌سازی *M. macrocopa* پیشنهادگردید.

مقایسه نتایج بین مخمرها و تأثیر آن‌ها بر پروفیل اسید چرب بدن بالغین هر دو گونه از آرتمیای مطالعه حاضر نشان داد اگرچه مخمر نانوایی غنی‌شده با HUFA دارای ۲/۵ برابر HUFA بیشتری در مقایسه با مخمر Lansy PZ بوده ولی مقادیر کمتری از HUFA در پروفیل اسید چرب بالغین هر دو گونه در تغذیه با مخمر نانوایی غنی‌شده در مقایسه با آرتمیاهای تغذیه‌شده با مخمر Lansy PZ ایجاد-گردید. بااین‌حال، بعد از تغذیه آرتمیا در طول دوره پرورش مقادیر بالایی از اسید چرب DHA در آرتمیاهای تغذیه‌شده با مخمر غنی‌شده در مقایسه با مخمر Lansy PZ ابقاءشد. با توجه به اهمیت بالای اسید چرب DHA و نقصان شدید آن در آرتمیا می-توان برتری بالاتری را در تغذیه با مخمر غنی‌شده با HUFA برای هر دو گونه آرتمیا درنظرگرفت. در

بسیاری از مطالعات گذشته در زمینه تأثیر نوع جیره غذایی بر ارزش تغذیه‌ای آرتمیا تأکید بسیاری در زمینه میزان ابقاء اسید چرب DHA شده‌است (Stottrup and McEvoy 2003)، زیرا آرتمیا قابلیتی در زمینه تولید مقادیر بالای DHA نداشته، یا در صورت گرفتن مقادیر بالای این اسید چرب در اثر غنی‌سازی (کوتاه یا بلند مدت)، سریعاً آن را مصرف کرده و یا این که آن را در پروسه Retroconversion (تبدیل DHA به EPA) واردمی‌کند.

امکان استفاده از انواع مخمرها در تغذیه و کشت انبوه غذاهای زنده در سال‌های اخیر نشان از اهمیت آن‌ها دارد. بااین‌حال، به دلیل مشکلات موجود در مخمرها، پروسه غنی‌سازی و حذف لایه مانوپروتئینی در ساختارشان نتایج بهتری را در مقایسه با استفاده از مخمر نانوایی به صورت خام و غیر عمل‌آوری شده، داشته‌است. با توجه به این که تاکنون مطالعه‌ای پیرامون تأثیر نوع جیره غذایی مخمری بر ترکیب اسید چرب بدن بالغین آرتمیا وجود نداشته، لذا نتایج کشب شده در تحقیق حاضر نشان دادند که مخمر غنی‌شده با اسید چرب HUFA و مخمر غنی‌شده بدون لایه مانوپروتئینی در مقایسه با سایر گروه‌های مخمری توانسته تا مقادیر بالاتری از اسیدهای چرب ضروری (خصوصاً DHA) را در هر دو گونه آرتمیای اورومیانا و فرانسیسکانا ایجاد نموده، به همین دلیل نسبت به سایر جیره‌های مخمری برای هر دو گونه آرتمیا تا مرحله بلوغ پیشنهادمی‌شوند. در این میان بر اساس نتایج این مطالعه، مخمر غنی شده با اسید چرب HUFA بهترین کارآیی را در هر دو گونه نشان داده و استفاده از آن به جای مخمر Lansy PZ در پرورش آرتمیا تا مرحله بلوغ پیشنهادمی‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات پرسنل محترم و زحمتکش پژوهشکده تحقیقات آرتمیا و آبزیان تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Asanka Gunasekara, R. A. Y. S., Casteleyn, C., Bossier, P. and Van den Broeck, W. 2012. Comparative stereological study of the digestive tract of *Artemia franciscana* nauplii fed with yeasts differing in cell wall composition. Aquaculture 324-325: 64-69.

Barclay, W. and Zeller, S. 1996. Nutritional enhancement of *n-3* and *n-6* fatty acid in rotifers and *Artemia* by feeding spray-dried *Schizochytrium* sp. J. World Aquacult. Soc. 27: 314-322.

Bengtson, D. A., Léger, P. and Sorgeloos, P. 1991. Use of *Artemia* as a food source for aquaculture. In: Browne, R. A., Sorgeloos P. and Trotman C. N. A. (eds). *Artemia* Biology. CRC Press, Boca Raton, FL. USA. pp: 255-285.

Brown, M. R., Barrett, S. M., Volkman, J. K., Nearhos, N., Nell, J. A. and Allan, G. L. 1996. Biochemical composition of new yeasts and bacteria evaluated as food for bivalve aquaculture. Aquaculture 143: 341-360.

Chakraborty, R. D., Chakraborty, K. and Radhakrishnan E. V. 2007. Variation in fatty acid composition of *Artemia salina* nauplii enriched with microalgae and baker's yeast for use in larviculture. J. Agr. Food Chem. 55: 4043-4051.

Coutteau, P. and Sorgeloos, P. 1989. Feeding of the brine shrimp *Artemia* on yeast: effect of mechanical disturbance, animal density, water quality and light intensity. In: European Aquaculture Society Spec. Publ. N. 10. Bredene, Belgium, P: 344.

Coutteau, P., Lavens, P. and Sorgeloos, P. 1990. Beakers yeast as a potential substitute for live algae in aquaculture diets: *Artemia* as a case atudy. J. World Aquacult. Soc. 21: 1-9.

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. Hydrobiologia 234: 25-32.

Coutteau, P. and Sorgeloos, P. 1997. Manipulation of dietary lipids, fatty acids and vitamins in zooplankton cultures. Freshwater Biol. 38: 501-512.

Han, K., Geurden, I. and Sorgeloos, P. 2000. Comparison of docosahexaenoic acid (22:6n-3) levels in various *Artemia* strains during enrichment and subsequent starvation. J. World Aquacult. Soc. 31: 469-475.

Han, K. 2001. Use of lipid emulsions for the bioencapsulation of highly unsaturated fatty acids in the brine shrimp Artemia. PhD Thesis, Faculty for Agricultural and Applied Biological Sciences, Ghent University, Ghent.

James, C. M., Dias, P. A. and Salman, A. E. 1987. The use of marine yeast (*Candida* sp.) and baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in combination with *Chlorella* sp. for mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Hydrobiologia 147: 263-268.

James, C. S. 1376. The Chemistry of Organic Matter Analysis. Translated by Dr. Khosrow Shahi Asl, A., Edit 1, Urmia University Press (In Persian).

Kang, C. K., Park, H. Y., Kim, M. C. and Lee, W. J. 2006. Use of marine yeasts as an available diet for mass cultures of *Moina macrocopa*. Aquacult. Res. 37: 1227-1237.

Lavens, P., L´eger, P. and Sorgeloos, P. 1989. Manipulation of the fatty acid profile in *Artemia* offspring produced in intensive culture system. In: De Pauw, N. Jaspers, E. Ackefors, H. and Wilckins, N. (eds). Aquaculture - A Biotechnology in Progress, European Aquaculture Society, Bredene, Belgium, pp: 731-739.

Lavens, P. and Sorgeloos, P. 1996. Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. University of Ghent, Ghent, Belgium, P: 295.

Lavens, P. and Sorgeloos, P. 2001. Use of brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. Aquaculture 200: 147-159.

Leger, P., Bengtson, A., Sorgeloos, P. and Simpson, K. L. 1987. The nutritional value of *Artemia*: a review. In: Sorgeloos, P. Bengtson, D. A., Declier W. and Jaspers E. (eds). *Artemia* Research and its Application. Vol. 3, University press, Wettern, Belgium, pp: 357-372.

Leiborits, H. E., Bengtson, D. A., Maugle, P. D. and Simpson, K. L. 1987. Effect of *Artemia* lipid fraction on growth and survival of larval inland silversides. In: Sorgeloos, P. Bengtson, D. A., Declier W. and Jaspers E. (eds). *Artemia* Research and its Application. Vol. 3, Universa Press, Wettern, Belgium, pp: 469-479,

Lepage, G. and Roy, C. C. 1984. Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification. J. Lipid Res. 25: 1391-1396.

Lim, L. C., Soh, A., Dhert, P. and Sorgeloos, P. 2001. Production and application of on-grown *Artemia* in freshwater ornamental fish farm. Aquacult. Econ. Manag. 5 (3-4): 211-228.

Maeda-Martinez, A. M., Obregh-Barboza, H. and Dumont, H. J. 1995. Laboratory culture of fairy shrimps using baker's yeast as basic food in a flow-through system. Hydrobiologia 298: 141-157.

Marques, A., Bossier, P., Dhont, J. and Sorgeloos, P. 2004. Influence of yeast quality on performance of gnotobiotically-grown *Artemia*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 310 (2): 249-266.

Miami Aqua-culture, Inc., 2011. *Artemia* and shrimp larval diets. Available from http:// www.miami-aquaculture.com. Federal Highway Boynton Beach, 805 N. Florida, 33435, USA.

Mura, G., Ferrara, F., Fabietti, F., Delise, M. and Bocca, A. 1997. Biochemical (fatty acid profile) diversity in anostracan species of the genus *Chirocephalus*. Hydrobiologia 359: 237-241.

Naegel, L. C. A. 1999. Controlled production of *Artemia* biomass using an inert commercial diet, compared with the microalgae *Chaetoceros*. Aquacult. Eng. 21: 49-59.

Navarro, J. C. and Amat, F. 1992. Effect of algal diets on the fatty acid composition of brine shrimp, *Artemia* sp. cysts. Aquaculture 101: 223-227.

Patra, S. K. and Mohamed, K. S. 2003. Enrichment of *Artemia* nauplii with the probiotic yeast *Saccharomyces boulardii* and its resistance against a pathogenic *Vibrio*. Aquacult. Int. 11: 505-514.

Ruiz, O., Medina, G. R., Cohen, G., Amat, F. and Navarro, J. C. 2007. Diversity of the fatty acid composition of *Artemia* sp. cysts from Argentinean populations. Mar. Ecol. Prog. Ser. 335: 155-165.

Sorgeloos, P. 1997. Lake Urmia cooperation project-contract item. A: Report on the determination and identification of biological characteristics of *Artemia urmiana* for application in aquaculture. Faculty of Agriculture and Applied Biological Science, Laboratory of Aquaculture and *Artemia* Reference Center, University of Gent, Belgium.

Stottrup, J. G. and McEvoy, L. A. 2003. Live Feeds in Marine Aquaculture. Blackwell Publishing Company. P: 337.
Van Stappen, G. 1996. *Artemia*. In: Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. Aquaculture and Artemia Reference Center. University of Gent. Belgium, Published by: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO Fisheries Technicals Paper). pp: 101-318.
Watanabe, T., Kitajima, C. and Fujita, S. 1983. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. Aquaculture 34: 115-143.
Yamada, E. A. and Sgarbieri, V. C. 2005. Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) protein concentrate: preparation, chemical composition and nutritional and functional properties. J. Agr. Food Chem. 53: 3931-3936.
Zmora, O., Avital, E. and Gordin, H. 2002. Results of an attempt for mass production of *Artemia* in extensive ponds. Aquaculture 213: 395-400.
Zmora, O. and Shpigel, M. 2006. Intensive mass production of *Artemia* in a recirculated system. Aqauculture 255: 488-494.

Comparative effects of manipulated beaker's yeast and Lansy PZ on fatty acid composition of adults in *Artemia urmiana* and *A. franciscana*

Farhad. Talebi[1], Ramin Manaffar[2], Abolghasem Esmaeili Fereidouni[*3], Javad Abdi[4]

1. Faculty of Animal Biological Sciences, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Artemia Research Center, Urmia University, Urmia, Iran.
3. Fisheries Department, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran.
4. Isfahan Payam Noor University, Isfahan, Iran.

Abstract

Recently, due to the high costs and a decrease in producing of Lansy PZ, various researches have been conducted to the baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a substitute for Lansy PZ in *Artemia* culture technologies. In this study, the effects of six feeding regimes: Lansy PZ (as control), enriched yeast with HUFA, enriched yeast with HUFA and without mannoproteins in wall cells, yeast without mannoproteins in wall cells, industrial yeast 100 %, and industrial yeast 50 % replaced with alga were respectively examined on the fatty acid composition of two *Artemia* species (*Artemia urmiana* and *A. franciscana*) at a salinity of 80 ppt and a density of 500 nauplii per liter in culture conditions. Results showed that the enrichment of baker's yeast with HUFA had increasing trend on the EPA and DHA contents of baker yeast (19.11 and 34.51%, respectively). The yeast type had significant effect on the fatty acid composition of the two species of *Artemia*. The highest content of HUFA obtained when *Artemia* fed the Lansy PZ. Our results recommended that the *Artemia* fed with HUFA enriched yeast and enriched yeast with HUFA without mannoproteins in wall cells induced higher contents of essential fatty acid (especially DHA) compared to other treatments. On the basis of the present investigation, the enrichment of *Artemia* with yeast enriched HUFA can be substitute to *Artemia* fed with Lanzy PZ.

Keywords: *Artemia*, Lansy PZ, Bakers' yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), DHA, Enrichment.

Table 1: Nutritional treatments used for culture of two species of *Artemia urmiana* and *A. franciscana* during the experiment.

Table 2: The comparison of wet and dry weight, ash content, and yeast size Lansy PZ and industrial bakery yeast (Khuzestan Company) for feeding of two species of *Artemia urmiana* and *A. franciscana*.

Table 3: Total lipid and fatty acid profile (according to the percentage of total determined fatty acids) of three yeasts; industrial baker yeast enriched with HUFA (treatment 1), yeast without enrichment (treatment 2), and Lansy PZ yeast (treatment 3).

Table 4: Fatty acid profile of *Artemia urmiana* adults (according to the percentage of total determined fatty acids) fed with 6 different diets containing Lansy PZ yeast (treatment 1), yeast enriched with HUFA (treatment 2), yeast enriched HUFA without mannoprotein layer (treatment 3), yeast without mannoprotein layer (treatment 4), simple yeast with 100 % in the diet (treatment 5), and simple yeast with 50 % in the diet (treatment 6).

Table 5: Fatty acid profile of *Artemia franciscana* adults (according to the percentage of total determined fatty acids) fed with 6 different diets containing Lansy PZ yeast (treatment 1), yeast enriched with HUFA (treatment 2), yeast enriched HUFA without mannoprotein layer (treatment 3), yeast without mannoprotein layer (treatment 4), simple yeast with 100 % in the diet (treatment 5), and simple yeast with 50 % in the diet (treatment 6).

*Corresponding author, E-mail: a.esmaeili@sanru.ac.ir