استفاده از جلبک کلرلا *Chlorella* sp. در تغذیه آبزیان زینتی

نگین بیرانوند[۱*]، محمد سوداگر[۱]

۱- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

* Beiranvand.negin1993@gmail.com

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۷

چکیده

صنعت آبزی پروری در سال های اخیر، رشد فزاینده ای داشته است و تکثیر و پرورش انواع مختلف ماهیان زینتی در شرایط آکواریومی رایج گردیده است. برای افزایش تولید و راندمان اقتصادی در پرورش آبزیان، تغذیه مناسب و استفاده از جیره های غذایی با حداکثر کارایی برای کاهش هدر رفت جیره غذایی و هزینه ی تغذیه بسیار ضروری است. در این میان جلبک کلرلا می‌تواند به عنوان مکمل مناسبی در جیره غذایی آبزیان زینتی به کار رود. کلرلا به عنوان غذای جانوران و انسان ها و مکمل غذایی در صنعت داروسازی، آبزی پروری و آکواریومی به کار رود. از آن جایی که در حال حاضر تولید آبزیان زینتی از جمله کارهای زود بازده بوده و با توجه به اهمیت فرایند تهیه غذا در آبزی پروری لازم است از انواع غذاهایی که دارای تاثیر مثبت بر روی شاخص های تولید مثلی، رشد، متابولیسم، توان حیاتی، و مقاومت نسبت به انواع بیماری ها هستند، بهره برد؛ در این میان جلبک کلرلا به دلیل غنی بودن از پروتئین ها، ویتامین ها، آمینواسیدهای ضروری، مواد معدنی، اسیدچرب ضروری، پلی ساکارید ها و کاراتنوئیدها می‌تواند نقش ویژه ای در تکثیر، رشد، تقویت سیستم ایمنی و بقاء ماهی داشته باشد. این جلبک در حدود ۳۰ درصد پروتئین، ۱۵ درصد چربی، ۳۰ درصد کربوهیدرات و ۵ درصد مواد معدنی دارد و در شرایط مناسب تا ۵۰ درصد وزن خشک این جلبک را پروتئین و ۸/۵ درصد آن را چربی ها تشکیل می‌دهند، علاوه بر این به دلیل این که مهم ترین جذابیت ماهیان زینتی رنگ آن ها می‌باشد و ماهی ها معمولا قادر به سنتز کاروتنوئید مورد نیاز برای ایجاد رنگ مناسب در خود نیستند، باید به همراه تغذیه به خوراک ماهی اضافه گردد، به همین دلیل جلبک کلرلا به عنوان منبع تولید رنگدانه نیز مفید بوده و به صورت گسترده ای در صنعت آبزی پروری به عنوان مکمل غذایی در مدیریت تغذیه و غذادهی استفاده می‌شود.

کلمات کلیدی: جلبک کلرلا، تغذیه، آبزیان زینتی، آبزی پروری، مکمل غذایی.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.2.5.0]

مقدمه

در حال حاضر تولید آبزیان زینتی از جمله کارهای زود بازده می‌باشد و در دو دهه گذشته اهمیت تغذیه آبزیان به طور قابل توجهی افزایش یافته است، که عمدتا به دلیل افزایش تقاضای جهانی برای دسترسی به تولیدات آبزی پروری است، هدف اصلی کلیه روش ها و ترفندها در صنعت آبزی پروری این است که در کوتاه ترین زمان ممکن منجر به حداکثر میزان تولید گردد. غذا و مدیریت تغذیه آبزیان پرورشی در دسترسی به حداکثر میزان رشد و تولید نقش کلیدی دارند (Somanath *et al*., 2000). در بیشتر مراکز تکثیر و پرورش آبزیان در دنیا به دلیل اهمیتی که غذای زنده در سلامت و رشد و افزایش مقاومت در مقابل عوامل بیماری زا در آبزیان ایجاد می‌کنند، بخشی از مساحت مزرعه را به تولید غذای زنده اختصاص می‌دهند (Gharibi *et al*., 2013). به طور معمول نخستین مرحله از تغذیه آبزیان با غذای زنده بخصوص با میکروجلبک ها شروع می‌شود (Hallmam, 2007) و آن دسته از لارو ماهیانی که پس از مصرف ذخایر کیسه زرده به علت ناقص بودن و عدم تکامل سیستم گوارشی توانایی تغذیه از جیره های غذایی مصنوعی را ندارند و یا اندازه دهان آنها در مرحله اولیه تغذیه طبیعی موجب ناتوانی آنها در جذب و مصرف غذاهای با اندازه های مختلف می گردد، نیاز مبرمی به استفاده از غذای زنده دارند (De Pauw and Persoone, 1988).

قرنها است که انسان از ریز جلبک‌های طبیعی استفاده بسیاری می‌برد، از نظر بیوتکنولوژی ریزجلبک‌ها توان بالایی برای تولید محصولات بسیار مختلف غذایی، صنعتی، شیمیایی، ترکیبات درمانی، محلول‌های زیست دارویی، تولید رنگدانه‌های طبیعی، سوخت‌های زیستی و مکمل های رژیمی دارند (Costa and Andrade, 2007).کلرلا از جلبک‌های تک یاخته آب‌های شیرین است (شکل ۱) و به راحتی به صورت انبوه کشت داده می‌شود. کشت تجاری کلرلا از سال ۱۹۶۰ در دنیا آغاز شده است. در آسیا حدود ۷۰ شرکت در ۴۶ کشور هستند که کلرلا را تولید می‌کنند، به‌طوری‌که در کشور کوچک تایوان سالانه بیش از ۱۵۰۰ تن پودر جلبک کلرلا تولید می‌گردد. جلبک ها طی چندین سال به عنوان غذای انسانی کشت داده شده اند، گونه خاصی از کلرلا با نام علمی کلرلا ولگاریس (*Chlorella vulgaris*) در تحقیقات و مطالعات حیوانی و انسانی بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است که ارزش تغذیه‌ای آن بین سال های ۱۹۵۰-۱۹۶۰ شناسایی شد (Janczyk *et al*., 2006). امروزه در بسیاری از کشورهای اروپایی و آسیایی از جلبک کلرلا جهت تولید مکمل های غذایی استفاده می‌شود. کلرلا حاوی بیشترین میزان کلروفیل در بین تمام گونه های گیاهی شناخته شده است؛ این جلبک به دلیل محتوای غنی و کامل خود، کمبودهای احتمالی در رژیم غذایی را از طریق تامین پروتئین، فیبر، ویتامینها، عناصر معدنی جبران می‌کند (Morita *et al*., 1999) همچنین از آن جایی که فیتوپلانکتون اساس زنجیره غذایی در دریاها را تشکیل می‌دهند. به همین دلیل میکروجلبک ها در پرورش تجاری انواع گونه های مختلف موجودات دریایی منبع غذایی ضروری می‌باشند. این ضرورت تغذیه ای به ویژه در تمام مراحل رشد بسیاری از ماهیان از اهمیت بالاتری برخوردار است. اکثر جلبک‌ها برای تولید انبوه زئوپلانکتون‌ها استفاده می‌شوند که نیاز غذایی مراحل لاروی و نوجوانی سخت‌پوستان و ماهی‌ها را برطرف می‌کنند (Lavens and Sorgeloos, 1996). این گروه متنوع میکرواورگانیسم‌ها که بیش‌تر تک سلولی، رنگارنگ، فتواتوتروفیک و به عنوان تولیدکننده بزرگ اقیانوسی و آب شیرین شناخته می‌شوند (Chu, 2012)، در واقع منابع زیستی هستند که طیف وسیعی از کاربردهای زیست فناوری را به خود اختصاص داده‌اند. تعداد گونه های جلبک ها، که اکثر آن ها ریزجلبک هستند، یک تا ده میلیون تخمین زده می‌شود (Chu, 2012) و توانایی بالقوه‌ای در تثبیت کربن دی اکسید دارند (Wigmosta *et al*., 2011) و به عنوان مکمل غذایی در آبزی پروری باعث افزایش رشد، کارایی غذا و کیفیت بیوشیمیایی لاشه در آبزیان مختلف می‌شوند (Costa and Andrade, 2007). در این میان جلبک کلرلا می‌تواند مکمل غذایی مناسبی در جیره غذایی آبزیان باشد.

جلبک کلرلا یکی از مشهورترین ریزجلبک‌ها است. این جلبک، از جلبک سبز تک سلولی یوکاریوتی (تک هسته‌ای) کروی شکل بوده و دارای دیواره نسبتا نازک و کلروپلاست بزرگ و فنجانی شکل است(شکل ۱). تولید مثل در کلرلا بسیار ساده و از طریق غیرجنسی است (Kerem *et al*., 2008) این جلبک میکروسکوپی ساکن آب های شیرین است و در کشورهای آسیایی از جمله کره، ژاپن و تایوان است و به عنوان Good food شناخته می‌شود(Jeong *et al*., 2009) و به صورت پودر، عصاره و قرص تهیه می‌شود

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.2.5.0]

(Mizoguchi *et al*., 2011). جلبک کلرلا ولگاریس یک سلول میکروسکوپی کروی با قطر ۱۰-۲ میکرومتر است و بسیاری از عناصر ساختاری شبیه به گیاهان را داراست. کلرلا ولگاریس برای تولید، به دلیل مقاومت در برابر شرایط سخت و عوامل مزاحم بسیار ایده آل است؛ از طرفی در طول شرایط رشد نامطلوب مانند کمبود نیتروژن وفسفر، غلظت دی اکسیدکربن بالا، قرار گرفتن در معرض بیش از حد نور، میزان بیش از حد آهن در محیط (Liu *et al*., 2008) و با افزا یش درجه حرارت، میزان چربی و نشاسته افزایش می‌یابد و تولید بیومس کاهش یا متوقف می‌شود (Pribyl *et al*., 2013).



شکل ۱: جلبک کلرلا

اثرات مفید کلرلا

گونه های کلرلا، از جلبک‌های تجاری هستند که به وفور تولید می‌شوند، زیرا برای رشد نیاز به محیط خاصی ندارند و می‌توانند در هوای باز بدون حضور آلاینده ها یا سایر جلبک ها و آغازیان کشت داده شوند. کلرلا به خوبی در محیط کشت غنی از مواد شیمیایی رشد می‌کند. فاکتورهای دیگری که برای پرورش آن ها مورد نیاز است شامل شرایط زیستی، هزینه زمین، کارگر، انرژی آب، مواد مغذی، دما و انواع محصول نهایی است. جلبک ها در مقیاس های مختلفی پرورش می‌یابند که بسته به ویژگی های اساسی آنها از جمله نیاز به نور، دما توانایی حفظ کشت تک گونه ای را دارد (Kop and Durmaz, 2007). کلرلا منبع خوبی از پروتئین، ویتامین های محلول در چربی، کولین، فیبر و مواد معدنی ضروری است. این جلبک به طور تقریبی حاوی ۶۷-۵۵ درصد پروتئین می‌باشد که دارای همه اسید آمینه‌ها به غیر از متیونین و تیروزین است و از نظر خواص تغذیه ای و مقدار اسیدآمینه شبیه تخم مرغ است (Jeong *et al*., 2009). این جلبک در حدود ۳۰ درصد پروتئین، ۱۵ درصد چربی، ۳۰ درصد کربوهیدرات و ۵ درصد مواد معدنی دارد و در شرایط مناسب تا ۵۰ درصد وزن خشک این جلبک را پروتئین و ۸/۵ درصد آن را چربی ها تشکیل می‌دهند دیواره سلولی کلرلا قابلیت جذب و دفع فلزات سنگین، سموم شیمیایی و برخی سموم پایدار را دارا می باشد (Janczyk *et al*., 2007). به طور کلی جلبک ها کاربردهای فراوانی دارند، که یکی از کاربردها، تهیه پروتئین از آن‌ها است. پروتئین تک یاخته (SCP) اصطلاحا به سلول‌ها یا پروتئین‌های استخراج شده از میکروارگانیسم‌هایی اطلاق می‌شودکه در مقیاس بزرگ رشد داده شده‌اند و برای مصارف غذائی انسان و یا خوراک دام، طیور و آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای تولید SCP از میکروارگانیسم‌های مختلف تک سلولی و چند سلولی نظیر باکتری‌ها، جلبک‌های تک سلولی و جلبک‌های رشته‌ای، قارچ‌های تک‌پرگنه‌ای یا مخمرها و قارچ‌های رشته‌ای استفاده می‌گردد. در مقایسه با روش‌های معمولی تولید پروتئین، استفاده از جلبک‌ها مزیت‌های زیادی دارد که می‌توان به مواردی از جمله؛ قدرت تکثیر زیاد و در نتیجه میزان پروتئین حاصله خیلی زیاد و حدود ۳۰ تا ۸۰ درصد از وزن خشک توده، استفاده از منابع آلی یا منابع کربنی مختلف جهت کشت، بازده تولید بالا و فضای محدود جهت کشت، کشت نسبتا آسان به دلیل عدم بستگی تولید این میکرواورگانیسم به شرایط آب و هوایی اشاره کرد. عموما از سیانوباکترهایی نظیر اسپیرولینا و از جلبک‌های سبز مثل کلرلا و سندسموس پروتئین تک یاخته تهیه می‌گردد. علاوه بر پروتئین، این جلبک‌ها حاوی ویتامین‌ها و چربی های غیر اشباعی نظیر ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید هستند. کلرلا

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.2.5.0]

مشابه گیاهان از فعال‌ترین موجودات فتوسنتز کننده می‌باشند و دارای کلروفیل و کاروتنوئید با تراکم بالا است؛ دیواره سلولی کلرولا از سلولز و همی سلولز تشکیل شده و حاوی ۴-۱ درصد کلروفیل و ۱۸-۹ درصد فیبر می‌باشد (Hasegawa *et al*., 2000)؛ در جدول ۱ میزان رنگدانه های کلروفیل، لوتئین و بتاکاروتن در کلرلا با برخی گیاهان سبز و زرد مقایسه شده است. از آن جایی که یکی از مهم ترین ملاک کیفیت ارزش بازاری ماهیان زینتی، رنگ آن‌ها می‌باشد (Wang *et al*., 2006) و به عنوان یک عامل مهم در زندگی همه موجودات زنده، نقش عمده ای را ایفا می‌کند و وظایف مهمی در آبزیان را به عهده دارد. از جمله این که در مراحل نوزادی، دستگاه عصبی مرکزی را از نور محافظت می‌کند یا به تنظیم درجه حرارت بدن کمک می‌نماید. کاروتنوئیدها در رنگ پوست و عضله ماهیان تاثیر بسیار زیادی دارد. با توجه به این که ماهی توانایی ساخت این رنگدانه ها را ندارد، باید در رژیم غذایی موجود در محیط زیست آن‌ها وجود داشته باشد (Kop and Durmaz, 2007) و به جیره اضافه شوند، چون ماهیان مانند سایر حیوانات قادر به سنتز رنگدانه نیستند (Bjerkeng and Berg, 2011) کلرلا از جمله منابع غنی کاروتنوئیدی می‌باشد (Gupta *et al*., 2006) و بخش مهمی از خواص درمانی کلرلا به دلیل مقدار زیاد کاراتنوئید، کلروفیل، ساختمان دیواره سلولی و به ویژه مواد تشکیل دهنده دیواره سلولی است که سلامتی و قدرت دفاعی بدن را بهبود می‌بخشد (Kerem *et al*., 2008)؛ این رنگدانه‌ها به خصوص کاراتنوئید علاوه بر نقشی که در تشکیل رنگدانه‌ها بر عهده دارند، خاصیت آنتی اکسیدانی نیز برای آن‌ها گزارش شده است؛ همچنین کاراتنوئیدها نقش مهمی در تشکیل ویتامین A به عهده دارند و جذب بتاکاروتن به جای جذب خود ویتامین A در رژیم غذایی، در کاهش وقوع سرطان موثر است و بتاکاروتن قادر به القا عملکردهای زیستی متفاوتی از قبیل حفاظت در برابر نور، فرونشاندن و از بین بردن صدمات ناشی از اکسیژن singlet، تنظیم ایمنی بدن و فعالیت ضد سرطانی می‌گردد و از تاثیرات مفید دیگر مهار رادیکال آزاد و کاهش چربی خون است (Hasegawa *et al*., 2000).

جدول ۱: مقایسه میزان رنگدانه ها در جلبک کلرلا و برخی گیاهان سبز و زرد

کلروفیل(mg)	لوتئین(mg)	بتاکاروتن (mg)	سبزی (گرم۱۰)
۲	۰/۷	۱۲۰	بروکلی
۰/۳	۰/۰۸	۶۰	کلم
۰/۳	۴-۱۷	ناچیز	هویج
۱۵	۱۴	۱۳۰	اسفناج
۵۰۳	۱۰۶	۳۷۰۰	کلرلا

میزان رنگدانه‌ها در انواع گونه های مختلف کلرلا به میزان کمی فرق دارند.

محصولات اضافی کلرلا که «فاکتور رشد کلرلا» نامیده می‌شود در بهبود رشد باکتریهای لاکتیکی کاربرد دارد؛ همچنین کلرلا دارای (Hasegawa *et al*., 2000) خواص دارویی از جمله ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدسرطانی است(Cho, 2012) از جمله خواص دارویی می‌توان آنتی‌بیوتیک Chlorellin نام برد که از جلبک کلرلا استخراج می‌شود (Taskin *et al*., 2007) خواص ضد باکتریایی این جلبک می‌تواند به دلیل کاروتنوئیدها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، رنگدانه‌ها و ترکیبات فنلی اندازه‌گیری شده در عصاره آن باشد (Priya, 2012). همچنین استفاده از جاذبهای زیستی به دلیل ظرفیت جذب بالاتر نسبت به جاذب های شیمیایی اقتصادی تر هستند (Cochrane *et al*., 2006) و استفاده از بیومس خشک کلرلا ولگاریس به عنوان یک جاذب جایگزین موثربرای حذف فلز از فاضلاب ارزیابی شده است (Rodrigues *et al*., 2012).

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت صنعت ماهیان زینتی و تغذیه در فعالیت های آبزی پروری، برای افزایش تولید و توجیه اقتصادی در پرورش آبزیان، استفاده از جیره غذایی با حداکثر کارایی و کاهش هزینه تغذیه بسیار ضروری است (Sanchez-Muros *et al*., 2003) لذا استفاده از محرک‌هایی نظیر جلبک‌ها به عنوان مکمل در جیره غذایی آبزیان مفید می‌باشد. جلبک کلرلا باعث بهبود کارایی غذا، افزایش میزان اشتها، افزایش رشد (Steiner, 2006)، افزایش کیفیت رنگ و بقای ماهی، تاخیر در روند جذب مواد مغذی موجود در جیره غذایی، افزایش استفاده از کربوهیدرات و پروتئین (Muzaffar *et al*., 2012) و فعال شدن ساخت پروتئین‌ها می‌گردد (Nandeesha *et al*., 2001).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.2.5.0]

منابع:

Bjerkeng, B. and Berg, G.M., 2011. Apparent digestibility coefficients and accumulation of astaxanthin E/Z isomers in Atlantic salmon *(Salmo salar*). Comparative Biochemistry and Physiology, 211: 213-231.

Chu W.L., 2012. Biotechnological applications of microalgae. International e-Journal of Science, Medicin and Education, 6: 24–37.

Cochrane, E.L., Lu, S., Gibb, S.W. and Villaescusa, I., 2006. A comparison of low-cost biosorbents and commercial sorbents for the removal of copper from aqueous media. Journal of Hazardous Materials, 137(1): 198-206. DOI:10.1016/j.jhazmat.2006.01.054

Costa EFO, Andrade TM, Silvany Neto AM, Melo EV, Rosa AC, Alencar MA., 2007. Common mental disorders among medical students at Universidade Federal de Sergipe: a cross-sectional study. Rev Bras Psiquiatr.; 32(1):11–9.

De Pauw, N., and Persoone, G., 1988. Micro-algae for aquaculture. In: Micro-algal Biotechnology. Borowitzka, M.A. and L.J. Borowitzka (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, U.K., pp. 197-221

Hallmann, A., 2007. Algal transgenics and biotechnology. Trans. Plant J, 1(1): 81-98. ©2007 Global Science Books.

Hasegawa, T., Noda, K., Kumamoto, S., Ando, Y., Yamada, A. and Yoshikai, Y., 2000. *Chlorella vulgaris* culture supernatant (CVS) reduces psychological stress induced apoptosis in thymocytes of mice. Int J Immunopharmacol, 22(11): 877-85.

Priya, S., 2012. Analysis of value– added biochemical compounds and antimicrobial activity of green algae *Chlorella vulgaris*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 4(5): 2577–2579.

Pribyl, P., Cepák, V. and Zachleder, V., 2013. Production of lipids and formation and mobilization of lipid bodies in *Chlorella vulgaris*. J Appl Phycol, 25(2): 545-53. DOI: 10.1007/s10811-0129889-y

Rodrigues, M.S., Ferreira, L.S., de Carvalho, J.C., Lodi, A., Finocchio, E. and Converti, A., 2012. Metal biosorption onto dry biomass of Arthrospira (Spirulina) platensis and *Chlorella vulgaris*: multi-metal systems. J Hazard Mater. pp. 217-218:246-55. DOI: 10.1016/ j.jhazmat.2012.03.022

Janczyk, P., Langhammer, M., Renne, U., Guiard, V. and Souffrant, W.B., 2006. Effect of feed supplementation with *Chlorella vulgaris* powder on mice reproduction. Archiva Zootechnica, 9: 122-34

Janczyk, P., Franke, H. and Souffrant, W.B., 2007. Nutritional value of *Chlorella vulgaris*: Effects of ultrasonication and electroporation on digestibility in rats. Animal Feed Science and Technology, 132: 163-169.

Jeong, H., Kwon, H.J. and Kim, M.K., 2009. Hypoglycemic effect of Chlorella vulgaris intake in type 2 diabetic Goto-Kakizaki and normal Wistar rats. Nutr Res Pract, 3(1): 23-30.

Jeong, H., Kwon, H.J. and Kim, M.K., 2009. Hypoglycemic effect of *Chlorella vulgaris* intake in type 2 diabetic Goto-Kakizaki and normal Wistar rats. Nutr Res Pract, 3(1): 23-3

Kerem, M., Salman, B., Pasaoglu, H., Bedirli, A., Alper, M. and Katircioglu, H., 2008. Effects of microalgae *Chlorella species* crude extracts on intestinal adaptation in

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.2.5.0]

experimental short bowel syndrome. World Journal of Gastroenterology, 14(28): 4512–4517.

Kop, A. and Durmaz, Y., 2007. The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum* sp., Heckel 1840). Aquaculture, 16: 117-122

Taskin, E., Ozturk, E. and Kurt, O., 2007. Antibacterial activities of some marine algae from the Aegean Sea (Turkey). African Journal of Biotechnology, 6(24): 2746–2751.

Lavens, P. and Sorgeloos, P., 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture, FAO Fisheries Technical Paper, 361: 295.

Liu, Z.Y., Wang, G.C. and Zhou, B.C., 2008. Effect of iron on growth and lipid accumulation in *Chlorella vulgaris*. Bioresource Technology, 99(11): 4717-22

Wang, Y.J., Chien, Y.H. and Pan, C.H., 2116. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. Aquaculture, 122: 222-221

Wigmosta, M.S., Coleman, A.M., Skaggs, R.J., Huesemann, M.H. and Lane, L.J., 2011. National microalgae biofuel production potential and resource demand. Water Resources Research, 47(3): 1-13.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.2.5.0]