نمودار رشد ریز جلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا (*Nannochloropsis oculata*) در کشت‌های استوک و کشت‌های بیرون (Outdoor)

اسمعیل پقه*[1]، امین رنجبر[1]، شاپور کاهکش[1] و مجتبی ذبایح نجف آبادی[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۶/۲۵

چکیده

ریز جلبک نانوکلوروپسیس اوکولاتا (*Nannochloropsis oculata*) از جمله ریزجلبک‌های تک سلولی سبز است که در تکثیر ماهیان دریایی اهمیت فراوان دارد و در ناحیه بندر امام خمینی در تکثیر ماهیان دریایی و نیز پرورش روتیفر مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از این پژوهش، یافتن وضعیت نمودار رشد (افزایش تراکم سلولی) این ریزجلبک در محیط استوک و بیرون بود. مطالعه روند افزایش تراکم ریزجلبک نانوکلوروپسیس اوکولاتا در داخل آزمایشگاه (بخش استوک) نشان داد که نمودار افزایش تراکم این گونه با نمودارهای ترسیم شده در منابع مختلف منطبق بود اما مدت مراحل آن در مدت زمان طولانی‌تری طی شد. همچنین در کشت‌های بیرون در شرایط دمایی پایین (پایین‌تر از دمای استاندارد برای کشت جلبک‌ها) نیز دوره رشد این جلبک‌ها طولانی بود و بعلت نوسانات شدید دما از روند منظمی برخوردار نبود. این آزمایش نشان داد که می‌توان این گونه جلبک را در شرایط فصل زمستان در جنوب ایران (خوزستان- بندرامام خمینی) کشت داد، البته دوره رشد طولانی‌تر خواهد بود. همچنین در این مطالعه با توجه به نمودار رشد ریزجلبک، زمان مناسب برای برداشت کشت‌های این ریز جلبک در شرایط کشت مورد مطالعه بدست آمد.

واژه های کلیدی: ریز جلبک، نانوکلوروپسیس اوکولاتا، کشت استوک، کشت بیرون، نمودار رشد.

۱- ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی بندر امام خمینی، پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، خوزستان، ایران

*- نویسنده مسئول مقاله: esmaeilpaghe@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

ریز جلبک‌های جنس *Nannochloropsis* از رده Eustigmatophyceae هستند که دارای شش گونه می‌باشند (Hibberd, 1981). گونه شاخص در بین آنها *N. oculata* است. گونه‌های این جنس اغلب در محیط‌های دریایی شناخته شده‌اند اما همچنین در محیط‌های آب شیرین و لب شور نیز یافت می‌شوند (Fawley & Fawley, 2007). همه گونه‌ها تک سلولی و کوچک بوده (اندازه قطر آنها ۴-۲ میکرومتر) و غیر متحرک هستند (Hibberd, 1981). نانوکلروپسیس اغلب به عنوان غذای روتیفر و همچنین ایجاد شرایط مطلوب محیطی (اثر آب سبز[1]) در تانک‌های لاروی، در کارگاه‌های تکثیر ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fulks & Main, 1991; Lubzens *et al*., 1995)، چرا که آنها سرشار از اسید چرب ایکوساپنتائنوئیک[2] هستند. همچنین آنها بعنوان منبعی برای تامین اسیدهای چرب چند غیر اشباع جیره غذایی مطرح هستند (Chini-Zitelli *et al*., 1999; Sukenik, 1999; Rocha *et al*., 2003). همچنین نانوکلروپسیس بعنوان منبع خوبی از پیگمان‌های قابل استفاده مانند کلروفیل a، زاگزانتین[3]، کانتاگزانتین[4] و آستاگزانتین[5] شناخته می‌شوند (Rocha *et al*., 2003). پرورش انبوه نانوکلروپسیس در انواع مختلفی از تانک‌ها و استخرهای خارج سالن، کیسه‌های پلی اتیلن یا استوانه‌های فایبرگلاس ۵۰ تا ۵۰۰ لیتری که معمولا داخل سالن نگهداری می‌شوند و انواع مختلفی از فتوبیورآکتورهای داخل و خارج سالن صورت می‌گیرد (Richmond, 2003). همچنین روش‌های مختلفی از جمله پرورش مرحله‌ای[6]، مداوم[7] و نیمه مداوم[8] برای پرورش ریزجلبک‌ها وجود دارد (Lavens & Sorgeloos, 1996) که در کارگاه تکثیر ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی بندر امام خمینی (ره)، روش پرورش کشت مرحله‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد که خود شامل زیر بخش‌های استوک (کشت‌های ارلن‌های دو لیتری)، بینابینی (کشت در بشکه‌های ۱۵ لیتری شفاف) و بیرون (تانک‌های ۳۰۰ لیتری، دو تنی و ده تنی) می‌باشد.

هر گونه ریز جلبک در طول مدت کشت خود ۵ مرحله رشد را پشت سر می‌گذارد که عبارتند از:

۱- مرحله القا یا کند[9] که در این مرحله، رشد (افزایش تراکم سلولی) ریز جلبک بسیار کند است تا ریز جلبک به شرایط کشت جدید سازگار شود.

۲- مرحله رشد سریع (لگاریتمی)[10] که در این مرحله ریز جلبک به شرایط کشت جدید سازگار شده و به مدت چند روز به صورت لگاریتمی تکثیر پیدا کرده و تراکم آن افزایش پیدا می‌کند.

۳- مرحله رشد با نسبت کاهنده[11] که در این مرحله از کشت، ریزجلبک همچنان به افزایش تراکم خود ادامه می‌دهد ولی سرعت این افزایش تراکم کندتر از مرحله رشد لگاریتمی است.

۴- مرحله سکون یا ایستا[12] که در این مرحله تراکم سلولی ریز جلبک تقریبا در یک حدی ثابت باقی می‌ماند.

۵- مرحله مرگ یا سقوط[13] که در این مرحله بدلیل اینکه مواد مغذی درون ظروف کشت و کیفیت آب بشدت کاهش یافته است، سلول‌های ریزجلبک شروع به مرگ می‌کنند و در نتیجه از تراکم سلولی ریز جلبک به شدت کاسته می‌شود (Lavens & Sorgeloos, 1996) البته به تجربه ثابت شده است که تراکم ریز جلبک هیچگاه به صفر نمی‌رسد و حتی ممکن است بعد از یک کاهش شدید در تراکم سلولی دوباره یک مرحله رشد دیگر را از سر بگیرد.

1- green water
2- eicosapentaenoic acid
3 - zeaxanthin
4 - canthaxanthin
5 - astaxanthin
6 - batch culture
7 - continuous
8 - semicontinuous

9 - lag or induction phase
10 - exponential phase
11 - phase of declining growth rate
12 - stationary phase
13 - death or "crash" phase

Archive of SID

www.SID.ir

بهترین مرحله برای برداشت ریز جلبک جهت مصرف و یا انتقال به ظروف کشت بزرگتر، مرحله سوم از نمودار رشد ریز جلبک‌ها می‌باشد (Lavens & Sorgeloos, 1996) و از آنجا که در شرایط مختلف کشت و همچنین برای گونه‌های مختلف ریز جلبک این نمودار رشد متفاوت است، لازم است که نمودار رشد هر گونه جلبکی در شرایط مختلف کشت بدست آید تا بهترین زمان و بهترین تراکم آن گونه ریز جلبک برای برداشت بدست آید.

این مطالعه با هدف بدست آوردن بهترین زمان و بهترین تراکم برای برداشت ریز جلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا در کشت‌های ارلن‌های دو لیتری داخل استوک پرورش یافته با نور مصنوعی و همچنین کشت‌های تانک-های ۳۰۰ لیتری در شرایط کشت بیرون با نور طبیعی و شرایط دمایی طبیعی فصل زمستان در ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی بندرامام خمینی (ره) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو قسمت انجام شد، یک قسمت در بخش استوک (ذخیره) داخل سالن که پرورش ریز جلبک در ارلن‌های دو لیتری صورت گرفت. برای این کار ۴ تکرار در نظر گرفته شد که کشت‌ها طبق روش کشت استاندارد صورت گرفت، کشت‌ها در آب شور ۲۵ قسمت در هزار (آب فیلتر شده و استریل شده به کمک کلر و اتوکلاو و اشعه فرا بنفش)، شدت نور ۲۰۰۰ لوکس، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی- ۸ ساعت تاریکی (Lavens & Sorgeloos, 1996) و در دمای اتاق (در آن دوره دمای اتاق در محدده ۱۷ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود) صورت گرفت. جهت کشت از محیط کشت کانوی[14] ساخته شده با مواد شیمیایی ساخت شرکت مرک[15] آلمان، استفاده گردید. تراکم اولیه کشت‌ها حدود ۱۰ میلیون سلول در میلی لیتر بود. دوره کشت از ۱۶ دی تا ۶ اسفند (به مدت ۵۰ روز) به طول انجامید. در طول دوره کشت هر روز در ساعت معینی از هر یک از کشت‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت و با استفاده از لام نئوبار و میکروسکوپ نوری شمارش صورت گرفته، تراکم ریز جلبک‌ها در هر کشت محاسبه گردید.

برای انجام مطالعه در بخش بیرون[16] از تانک‌های پلی اتیلنی ۳۰۰ لیتری و با سه تکرار برای کشت استفاده شد. جهت تلقیح کشت از ریز جلبک‌های پرورش یافته در بشکه‌های ۱۵ لیتری (برای هر تانک ۳۰۰ لیتری، ۳ بشکه ۱۵ لیتری) از بخش بینابینی استفاده شد. آب مورد استفاده در این کشت طبق روش معمول در کارگاه با استفاده از آب شور با شوری ۲۵ قسمت در هزار بود که به کمک کلر (با دوز ppm ۳۰) استریل شده بود، البته قبل از کشت با استفاده از تیوسولفات سدیم، کلر باقی مانده در آب خنثی شده بود. شرایط نوری و دمایی در این بخش، شرایط طبیعی بود. میانگین تراکم ریز جلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا در شروع کشت ۸/۸۲ میلیون سلول در سی‌سی بود. برای تامین مواد مغذی لازم برای این کشت‌ها، محیط کشت TMRL (Lavens & Sorgeloos, 1996) مورد استفاده قرار گرفت و برای ساخت این محیط کشت طبق روال معمول در کارگاه از مواد شیمیایی ارزان قیمت تجاری استفاده شد. دوره کشت در شرایط بیرون به مدت ۵۷ روز (۹ دی ماه تا ۶ اسفند) پیگیری شد. در طول دوره پرورش هر روز در ساعت ۱۱ صبح از کشت‌ها نمونه‌برداری شده، به روش ذکر شده در فوق تراکم سلولی آنها محاسبه شد. همچنین هر روز دمای کشت‌ها به کمک دماسنج جیوه‌ای مورد سنجش قرار گرفت. در پایان، محاسبات آماری و رسم نمودارها به کمک نرم افزار Excel انجام گرفت.

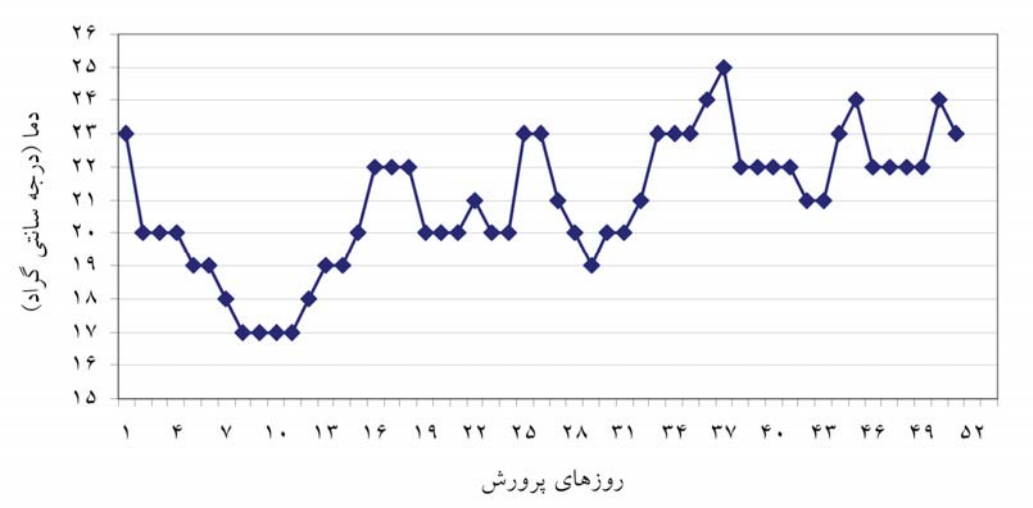
14 - Conway
15 - Merck
16 - Outdoor

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج

برای بخش استوک تغییرات دمایی اتاق کشت درطول دوره مطالعه در دامنه ۱۷ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد (میانگین دما در کل دوره ۲۰/۹ درجه سانتی‌گراد) بود (شکل ۱).

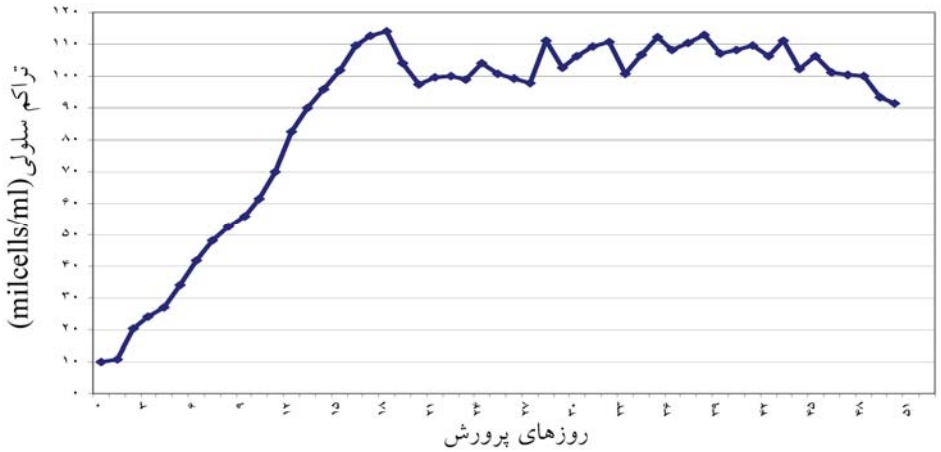


شکل ۱- نمودار تغییرات دمای محیط آزمایشگاه کشت جلبک در طول دوره پرورش در کشت‌های استوک

مطابق با نمودار تراکم ریزجلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا که نسبت به روزهای پرورش رسم شد (شکل ۲)، همانطور که از نمودار مشهود است، تراکم بدست آمده بعد از ۲۴ ساعت تغییر محسوسی نسبت به تراکم اولیه کشت نداشت. این امر حاکی از این است که جلبک در این مدت بعلت عدم سازگاری به محیط جدید افزایش تراکم از خود نشان نداده، تا ۲۴ ساعت بعد از کشت عملا درمرحله یک (مرحله القا یا رشد کند) از رشد خود قرار داشت که در نمونه‌گیری روز بعد افزایش تراکم قابل توجه مشاهده شد و به همین ترتیب این افزایش تراکم لگاریتمی کم و بیش تا روز هفدهم پرورش ادامه داشت، دلیل طولانی شدن این دوره رشد لگاریتمی، پایین‌تر از حد نرمال بودن دمای اتاق (در نتیجه دمای پایین ریزجلبک) در آن موقع از سال (بدلیل دمای پایین محیط) بود. ضریب تعیین شیب خط رگرسیونی خط نمودار در حد فاصل روز دوم تا روز هفدهم پرورش برابر با $R^2= 0.933$ بود (مرحله دوم: مرحله رشد لگاریتمی). نمودار بعد از روز ۱۷ به مدت ۲ روز به افزایش خود، ولی با سرعت رشد پایین‌تری، ادامه داد طوری که بالاترین تراکم ریزجلبک در کشت‌های استوک در روز هجدهم کشت با مقدار عددی ۱۱۳،۹۸ میلیون سلول در میلی لیتر بدست آمد (مرحله سوم: مرحله رشد با نسبت کاهنده) بعد از آن ابتدا در طی ۲ روز، یک کاهش نسبی درتراکم جلبک مشاهده شد ولی تا روز چهل و هفتم کشت تراکم ریزجلبک تقریبا در محدوده تراکم سلولی ۱۰۰ تا ۱۱۰ میلیون سلول در میلی لیتر ثابت ماند (مرحله چهارم: مرحله ایستا) و تا روز پایان آزمایش علی‌رغم کاهش نسبی درتراکم سلولی جلبک تا حدود ۹۰ میلیون سلول در میلی لیتر، این کاهش طوری نبود که بتوان نتیجه‌گیری نمود که نمودار رشد ریزجلبک وارد مرحله ۵ (مرحله سقوط یا مرگ) شده باشد.

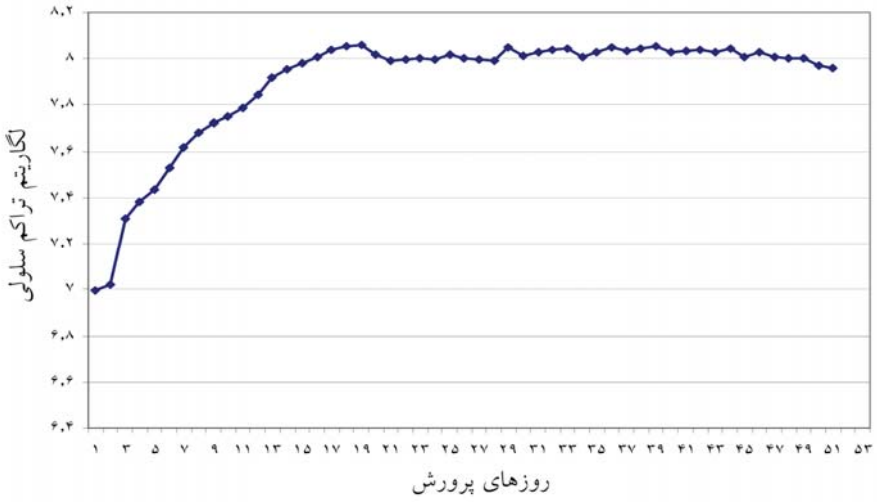
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- نمودار روند تغییرات تراکم سلولی (میلیون سلول در میلی لیتر) جلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا در طول دوره پرورش در کشت‌های استوک (بدون لگاریتم‌گیری از اعداد)

مطابق شکل ۳، دربررسی روند تغییرات لگاریتمی تراکم سلولی ریزجلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا در محیط استوک (ارلن‌های دولیتری)، در طول این دوره پرورش (۵۰ روز) و در شرایط دمایی موجود در این فصل، این ریزجلبک وارد مرحله ۵ نگردید. با توجه به اینکه بهترین زمان برای برداشت ریزجلبک‌ها مرحله سوم رشد (مرحله رشد با نسبت کاهنده) می‌باشد (Lavens & Sorgeloos, 1996)، در این پژوهش مشاهده شد که دراین شرایط پرورش حد فاصل روزهای ۱۷ تا ۱۹ بهترین زمان برای برداشت آن است. البته در صورت نیاز می‌توان عمل برداشت را زودتر از این مدت و در مرحله رشد لگاریتمی انجام داد ولی بهتر است که هرگز عمل برداشت را در مرحله ۴ انجام ندهیم چرا که این جلبک در آن زمان ضعیف شده و برای استفاده غذایی یا انتقال به ظروف کشت بزرگ‌تر مناسب نیست.



شکل ۳- نمودار روند تغییرات لگاریتمی تراکم سلولی جلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا در طول دوره پرورش در کشت‌های استوک

Archive of SID

www.SID.ir

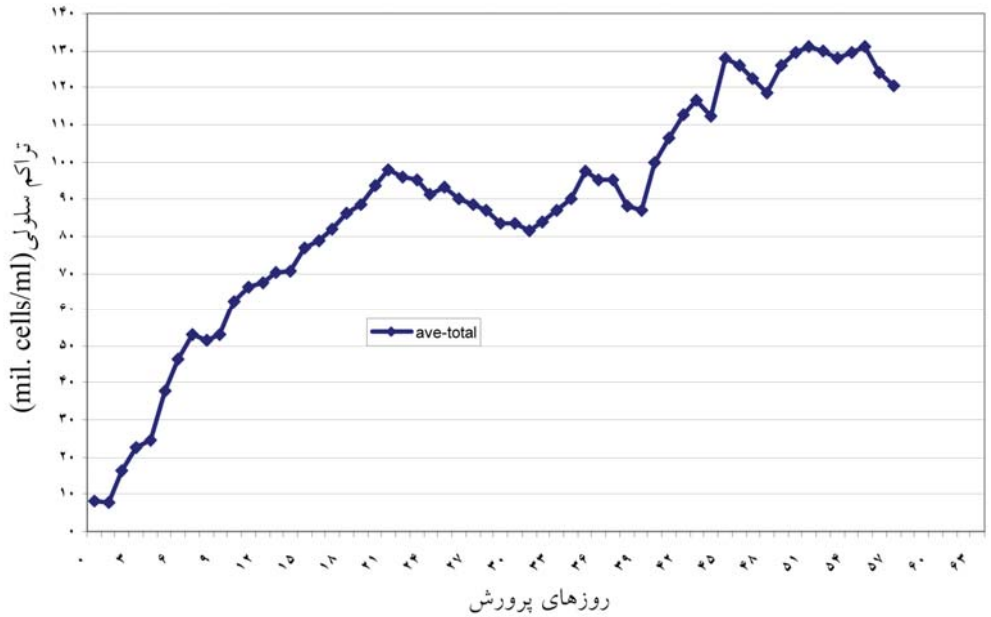
در کشت‌های بیرونی جلبک، شرایط دمایی و نوری کشت‌ها، شرایط طبیعی بود و قابل کنترل نبود که این امر (به ویژه تغییرات دمایی) تاثیر خود را روی نمودار رشد جلبک‌ها کاملاً نشان داد. در کشت‌های بیرون تغییرات دمایی در محدوده ۵ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد (با میانگین ۱۳/۶ درجه سانتی‌گراد در کل دوره) ثبت گردید. در محیط بیرونی در مورد نمودار رشد جلبک نانوکلوروپسیس اوکولاتا، در روز اول بعد از کشت افزایش تراکمی مشاهده نشد بلکه تا حدودی از تراکم جلبک کاسته شد ولی بعد از آن تا روز هشتم تراکم جلبک افزایش یافت و ۵۳/۱ میلیون سلول درمیلی لیتر شد که در این هنگام یک کاهش شدید در دمای محیط از حدود ۱۷ تا ۹ درجه سانتی‌گراد داشتیم که این امر باعث توقف رشد جلبک به مدت دو روز گردید و دوباره بعد از آن با افزایش دمای محیط تراکم کشت‌های جلبکی نیز افزایش یافت که این امر تا روز ۱۴ بعد از کشت ادامه داشت و باز به علت کاهش دما (تا حد ۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت یک روز رشد جلبک متوقف شد (تراکم حدود ۷۰ میلیون سلول در میلی لیتر) و باز دوباره با شیب کمتری تراکم کشت‌ها افزایش یافت و تا روز ۲۲ بعد از کشت این روند مشاهده شد تا به تراکم حدود ۱۰۰ میلیون سلول در میلی لیتر رسید و بعد از آن و تا ۱۰ روز بعد نمودار با شیب ملایمی رو به کاهش گذاشت که دلیل این امر پایین بودن دما بود که باعث گردید که تراکم جلبک تا حد ۸۰ میلیون سلول در میلی لیتر پایین آمد و بعد از آن با بهتر شدن شرایط دمایی دوباره روند افزایشی را پیش گرفت و در ادامه باز با تغیرات دما نمودار بالا و پایین شد تا در نهایت در روز ۴۶ به تراکم ۱۳۱ میلیون سلول در میلی لیتر رسید و سپس تا روز ۵۵ بعد از کشت تراکم جلبک‌ها در محدوده ۱۳۰-۱۲۰ میلیون سلول در میلی لیتر ثابت ماند و بعد از آن تراکم جلبک‌ها شروع به کاهش کرد. این امر علی‌رغم مطلوب بودن دما اتفاق افتاد که روز ۵۷ بعد از کشت روز پایان کار در نظر گرفته شد. همانطور که از شکل ۵ مشهود است تغییرات شدیدی در تراکم سلولی جلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا در شرایط کشت بیرون (تانک‌های ۳۰۰ لیتری) مشاهده شد که با روند تغییرات دمایی (شکل ۴) منطبق بود. البته همان طور که از شکل ۶ مشهود است در این جا نیز مراحل ۱ تا ۴ رشد ریزجلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا قابل تشخیص است و نمودار در طول این مدت وارد مرحله ۵ (مرحله سقوط یا مرگ) نشد. همانطور که در نمودار ۵ مشاهده می‌شود می‌توان حد فاصل روزهای ۱۹ تا ۲۲ بعد از کشت را تحت شرایط دمایی زمان کشت، زمان مناسب برای برداشت کشت‌های ریز جلبکی در تانک‌های ۳۰۰ لیتری بیرون معرفی کرد، بدیهی است که تحت شرایط متفات این زمان متفاوت خواهد بود و بهترین روش برای تعیین زمان برداشت دنبال کردن روند افزایش تراکم سلولی ریز جلبک‌های کشت شده، بطور منظم در شرایط محیطی زمان کشت می‌باشد.

طبق تجربیات بدست آمده تحت شرایط محیطی متفاوت فصول دیگر سال و در دماهای بالاتر (در حد مطلوب کشت جلبک) مراحل رشد ریزجلبک سریعتر سپری می‌شود و هر چه دما بالاتر باشد ریزجلبک را می‌توان زودتر برداشت نمود، البته هنگامی که دمای محیط به بالاتر از حد مطلوب برسد روند رشد ریزجلبک معمولا کامل نمی‌شود و حتی قبل از رسیدن به تراکم‌های ۲۰ میلیون سلول در میلی لیتر (در مورد ریزجلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا) در تانک‌های کشت ۳۰۰ لیتری بیرون سالن مرحله سقوط یا مرگ پیش می‌آید و حتی عملاً تمام جلبک‌ها می‌میرند.

Archive of SID

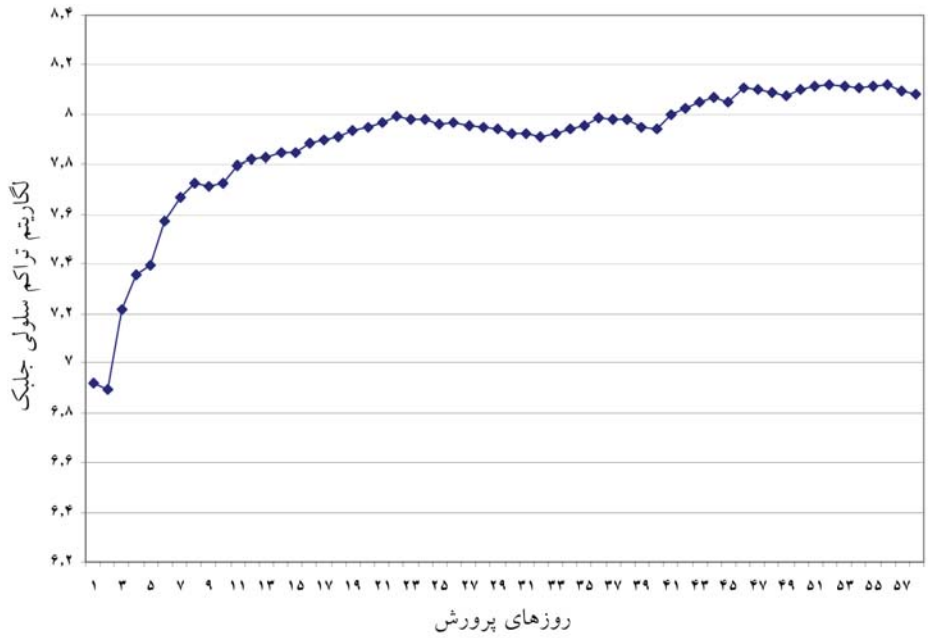
www.SID.ir

شکل ۴- نمودار تغییرات دمای محیط آزمایشگاه کشت جلبک در طول دوره پرورش در کشت‌های بیرون



شکل ۵- نمودار روند تغییرات تراکم سلولی (میلیون سلول در میلی لیتر) جلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا در طول دوره پرورش در کشت‌های بیرون (بدون لگاریتم‌گیری از اعداد)

www.SID.ir



شکل ۶- نمودار روند تغییرات لگاریتمی تراکم سلولی جلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا در طول دوره پرورش درکشت‌های بیرون

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف بدست آوردن نمودار رشد ریزجلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا در ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی بندر امام خمینی (ره) و در شرایط کشت داخل سالن (بخش استوک: ارلن‌های دو لیتری) و شرایط کشت خارج سالن (تانک‌های ۳۰۰ لیتری پلی اتیلن) در فصل سرد سال (زمستان) طراحی شد. شرایط دمایی و نوری فصل زمستان در جنوب کشور (از جمله خوزستان) طوری است که کشت ریز جلبک‌های مورد استفاده در کارگاه‌های تکثیر ماهیان دریایی و کارگاه‌های تکثیر میگو را امکان‌پذیر می‌کند هر چند میانگین دمای آب در زمستان (در خوزستان) کمی پایین‌تر از محدوده مورد نیاز برای بسیاری از گونه‌های ریز جلبکی می‌باشد ولی این میزان به اندازه‌ای نیست که باعث عدم توفیق در کشت ریز جلبک‌ها بشود و تنها زمان رسیدن به بیشینه تراکم سلولی (شکوفایی) جلبک‌ها را کمی به تاخیر می‌اندازد که این موضوع در این مطالعه در مورد جلبک نانوکلروپسیس اوکولاتا به اثبات رسید و زمان رسیدن به اوج تراکم سلولی آن در داخل سالن که ثبات دمایی و همچنین میانگین دمایی بالاتری داشت در حدود روزهای ۱۷ تا ۱۸ بعد کشت بود در حالی که در کشت‌های بیرون در حدود روزهای ۱۹ تا ۲۲ بعد از کشت بود و این در حالی است که در منابع، دوره کشت (یعنی زمان رسیدن به بیشینه تراکم سلولی) را برای گونه‌های مختلف ریز جلبک دریایی حدود ٦ تا ۷ روز در شرایط بهینه کشت معرفی می‌کنند (Lavens & Sorgeloos, 1996; Richmond, 2003). در مطالعه حاضر تمام مراحل نمودار رشد ریز جلبک که در منابع ذکر شده بود مشاهده نشد و در مدت نسبتا طولانی مطالعه نمودار هرگز به مرحله ۵ (مرحله مرگ یا سقوط) نرسید، دلیل این امر نیز می‌تواند به دمای پایین‌تر از حد بهینه کشت‌های ریز جلبک در زمان مطالعه مربوط باشد که باعث طولانی‌تر از حد معمول شدن روند رشد در این گونه شده است و نشان می‌دهد که در صورتی که دمای کشت‌های ریز جلبک پایین‌تر از حد معمول باشد، ریز جلبک دیرتر به شکوفایی

Archive of SID

www.SID.ir

می‌رسد و بیشتر می‌تواند زنده بماند، البته جا دارد که یک مطالعه جداگانه برای بررسی تاثیر دما بر کمیت و کیفیت این گونه طراحی شود تا بتوان با دقت بیشتری در این زمینه اظهار نظر نمود. لازم به ذکر است که در بعضی از منابع مانند Richmond (2003)، برای نمودار رشد ریز جلبک‌ها در شرایط کشت توده‌ای سه مرحله رشد (۱- مرحله القا، ۲- مرحله رشد لگاریتمی و ۳- مرحله رشد خطی) ذکر شده و از مراحل رشد با نسبت کاهنده و مرحله مرگ یا سقوط صرف نظر شده است. Sen *et al.* (2005)، روند و نمودار رشد جلبک نانوکلوروپسیس اوکولاتا را در یک دوره ۲۶ روزه در شرایط استفاده از CO_2 یا بدون آن در شوری‌های مختلف (۲۵ ppt، ۳۰ و ۳۵) مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه آنها نمودار و روند رشد بدست آمده شباهت زیادی را با مطالعه حاضر نشان داد. درحالی که بهترین تراکم نیز در شوری ۲۵ و تحت CO_2 بدست آمد (Sen *et al.*, 2005). مطالعه حاضر نشان داد که این ریزجلبک را می‌توان در شرایط دمایی فصل زمستان در منطقه بندر امام خمینی (ره) استان خوزستان بصورت انبوه در تانک‌های کشت بیرون سالن پرورش داد که این نتیجه‌گیری را می‌توان به تمام سواحل جنوبی کشور (خلیج فارس و دریای عمان) تعمیم داد. البته همین مطالعه نشان داد که دوره رشد این ریز جلبک در این شرایط طولانی‌تر از حد معمول خواهد بود ولی در حد تراکم بالاتری به حد بیشینه رشد خود می‌رساند یعنی اینکه این ریز جلبک را در این شرایط در تراکم‌های بالاتری برداشت نمود و این به معنی تولید بیوماس بیشتر از یک حجم مشخص از تانک‌های کشت می‌باشد. کشت ریز جلبک در فصل زمستان از این لحاظ اهمیت پیدا می‌کند که در صورت تمایل به تکثیر ماهیان دریایی در خارج از فصل یا تکثیر گونه‌هایی که در اواخر فصل زمستان تکثیر می‌کنند (مثل ماهی صبیتی و شانک)، محدودیتی از نظر تولید ریز جلبک مورد نیاز برای پرورش روتیفر نخواهد بود و یا اینکه در فصل زمستان می‌توان اقدام به تولید انبوه این ریز جلبک نموده و آنرا به صورت‌های مختلف (ریزجلبک غلیظ شده در دمای یخچال، پودر ریزجلبک یا ریزجلبک منجمد شده) نگهداری نموده و در فصل تکثیر مورد استفاده قرار داد و یا حتی برای تولید فرآورده‌های دیگر از ریز جلبک برنامه‌ریزی نمود.

منابع

-Chini-Zitelli, G., Lavista, F., Bastianini, A., Rodolfo, L., Vincenzini, M. & Tredici, M. R. (1999). Production of eicosapentaenoic acid by *Nannochloropsis* sp. cultures in outdoor tubular photobioreactors. *Journal of Biotechnology* 70: 299-312.

- Fawley, K. P. & Fawley, M. W. (2007). Observations on the diversity and ecology of Freshwater *Nannochloropsis* (Eustigmatophyceae), with descriptions of new taxa. *Protist* 158: 325-336.

- Fulks, W. & Main, K. L. (1991). Rotifer and Microalgae Culture Systems. *Proceedings of a U.S.-Asia Workshop*. Honolulu, Hawaii, January 28-31, 1991. 364 pp.

- Hibberd, D. J. (1981). Notes on the taxonomy and nomenclature of the algal classes Eustigmatophyceae and Tribophyceae (synonym Xanthophyceae). *Journal of the Linnean*
Society of London, Botany 82: 93-119.

- Lavens, P. & Sorgeloos, P. (1996). Manual on the production and use of live food for
aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 361, FAO, Rome, pp. 305.

- Lubzens, E., Gibson, O., Zmora, O. & Sukenik, A. (1995). Potential advantages of frozen algae (*Nannochloropsis* sp.) for rotifer (*Brachionus plicatilis*) culture. *Aquaculture* 133: 295309.

- Richmond, A. (2003). *Handbook of Microalgal culture: Biotechnology and applied*
Phycology. Blackwell Publishing, Oxford, 566 pp.

- Rocha, J. M. S., Garcia, J. E. C. & Henriques, M. H. F. (2003). Growth aspects of the marine microalga *Nannochloropsis gaditana*. *Biomolecular Engineering* 20: 237-242.

- Sen, B., Kocer, M. A. T., Alp, M. T. & Erbas, H. (2005): Studies on growth of marine microalgae in batch cultures: III.

Archive of SID

www.SID.ir

Nannochloropsis oculata (Eustigmatophyta). *Asian Journal of Plant Science* 4(6): 642-644.
- Sukenik, A. (1999). Production of eicosapentaenoic acid by the marine eustigmatophyte *Nannochloropsis*. In *Chemicals from microalgae*, (Cohen, Z., ed.). pp. 41-56. London, Taylor & Francis Ltd.

Archive of SID

www.SID.ir

Growth dynamic of *Nannochloropsis oculata* microalgae in stock and outdoor cultures

E. Pagheh[1], A. Ranjbar[1], S. Kahkesh[1], M. Z. Najafabadi[1]

Abstract

Nannochloropsis oculata is an important microalgae that is valuable for hatching of marine fishes and culture of rotifer that has many applicants in marine fishes hatchery of Imam Khomeini. Our purpose was determination of growth dynamic of this microalgae in two different conditions. The study of density increasing in indoor (stock) shows that diagram of density for this species is the same as other researches but phases take a longer time. In outdoor cultures at low temperature condition (lower than optimum temperature for microalgae culture) duration of growth dynamic also take a longer time than optimum condition. Our study confirmed that this microalgae species can be cultured at winter in south of Iran (Bandar Imam Khomeini- Khozestan) is possible but in a longer period. Also, the optimum time for harvesting this microalgae cultures of conditions were studied.

Key words: microalgae, *Nannochloropsis oculata*, indoor culture, outdoor culture, growth dynamic

Archive of SID

1- Bandar Imam Khomeini **M**arine Fishes Research Station

www.SID.ir