

مقاله علمی - پژوهشی:

میزان رشد و محتویات رنگدانه ریز جلبک *Dunaliella viridis* پرورش یافته در سطوح مختلف پساب کارخانه آرد ماهی

زهرا هادی زاده^۱، مهدی شمسایی مهرجان^{*}، سیدپژمان حسینی شکرابی^۱

*m.shamsaie@srbiau.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۹

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی پرورش ریزجلبک *Dunaliella viridis* در پساب کارخانجات آرد ماهی (stickwater) پرداخته است. بدین منظور، محیط کشت گیلارد (F/2) به عنوان تیمار شاهد مورد استفاده قرار گرفت و با پنج سطح متفاوت از استیکواتر (SW) به نسبت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزین گردید. سپس این ریزجلبک‌ها در ظروف پلاستیکی ۸ لیتری به مدت ۱۴ روز به منظور اندازه‌گیری تراکم جلبکی و محتوای رنگدانه (کلروفیل *a* و کاروتنوئید کل) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش غلظت SW تا ۷۵ درصد میزان تراکم سلولی در ریزجلبک افزایش داشت. به علاوه، SW به صورت معنی‌داری محتوای رنگدانه‌ها را تحت تأثیر قرار داد به طوری که بیشترین میزان کلروفیل *a* در غلظت ۷۵ درصد SW در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده گردید ($p < 0/05$). همچنین بالاترین مقدار کاروتنوئید به طور همزمان در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد SW نسبت به سایر تیمارها ثبت شد ($p < 0/05$). با توجه به نتایج به دست آمده استفاده از SW در سطح ۷۵ درصد برای کشت ریزجلبک‌های *D. viridis* امکان پذیر است.

کلمات کلیدی: *Dunaliella viridis*، استیکواتر، رشد، کاروتنوئید

*نویسنده مسئول

مقدمه

استیک‌واتر (SW)^۱ به پساب کارخانجات آرد ماهی گفته می‌شود که در برخی از کارخانجات تغلیظ می‌شود و دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد و از این طریق کیفیت آرد ماهی افزایش می‌یابد (Lunar et al., 2006). متأسفانه به دلیل هزینه بر بودن و فقدان تجهیزات در اکثر کارخانجات این فرآیند انجام نمی‌شود و استیک‌واتر مستقیم وارد محیط زیست می‌شود (Mahdabi and Shekarabi, 2018). استیک‌واتر شامل مولکول‌ها و ذرات محلول در آب از جمله ترکیبات نیتروژنه، پپتیدها، مواد معدنی مانند فسفر و کلسیم، ویتامین‌های محلول در آب و ترکیبات با وزن مولکولی کم مانند تورین، کراتینین و کارنوزین می‌باشد (Kousoulaki et al., 2009; Kam et al., 2012). به دلیل غنی بودن این فرآورده جنبی کارخانجات آرد ماهی از پروتئین، می‌توان از آن برای تولید پروتئین تک یاخته استفاده نمود (Kam et al., 2012). اگرچه این ماده به لحاظ داشتن پروتئین بالا و متعاقب آن فعال شدن میکروبی‌های پروتئولیتیک، سبب ایجاد بوی بد و زنده در اطراف کارخانجات آرد ماهی و ایجاد آلودگی مضاعف در محیط زیست می‌گردد (پردلی و همکاران، ۱۳۹۰).

ریزجلبک‌ها با تصفیه پساب، ابزاری زیستی ارزان و کارآمد برای حذف مواد مغذی در اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند (Tam and Wong, 2000). بسیاری از مطالعات در خصوص کاربرد ریزجلبک‌ها در پاکسازی و تصفیه پساب‌ها انجام شده است (Koenig and Demacedo, 2004; Park and Craggs, 2010). جلبک‌ها دارای مزایای متعددی هستند که از مهمترین آنها می‌توان به عدم ایجاد خطرات زیست محیطی با تکیه بر اصول اکوسیستم‌های طبیعی و عدم ایجاد آلودگی ثانویه اشاره کرد (جریان و همکاران، ۱۳۹۸). در خصوص استفاده میکروارگانیزم‌ها از SW، مقالات متعددی به چاپ رسیده است. برای مثال، پردلی و همکاران (۱۳۸۵) از دو گونه باکتری به منظور تولید پروتئین تک یاخته استفاده

نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دادند که با افزودن گلوکز به میزان ۲۵-۲۱ گرم در لیتر به پساب کارخانجات آرد ماهی کیلکا می‌توان باکتری‌های *L. plantarum* و *Lactobacillus bulgaricus* تولید نمود. در تحقیق دیگری، بی‌بی کم و همکاران (۱۳۸۹) SW را به عنوان محیط کشت برای تولید پروتئین تک سلولی با استفاده از جلبک *Chlorella sp.*، باکتری *Pseudomonas aeruginosa* و مخمر *Saccharomyces cerevisiae* مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند جایگزینی ۶۰ و ۱۰۰ درصد از محیط کشت استاندارد این باکتری و مخمر با SW امکان‌پذیر است. همچنین، نتایج حاصل از تحقیق Kam و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که جایگزینی ۱۰۰ درصد استیک‌واتر با محیط کشت برای تولید باکتری *L. acidophilus* و قارچ *Aspergillus niger* اثر مثبتی بر میزان تولید زیستوده و اسیدهای آمینه این میکروارگانیزم‌ها دارد.

تاکنون ۷۸ گونه ریزجلبک از جنس *Dunaliella* گزارش شده است (Guiry and Guiry, 2019). اکثر گونه‌های *Dunaliella* مقادیر زیادی کاروتنوئید (گاهی بیش از ۱۰ درصد وزن خشک) را در شرایط استرس‌زا و محدودیت مواد غذایی در خود انباشته می‌کنند (García-González et al., 2005). به طور کلی، تولید کاروتنوئیدها در ریزجلبک‌ها در کلروپلاست می‌باشد و تحت شرایط استرس به اوج خود می‌رسد (Zhu et al., 1997). کاروتنوئید نقش بسیار مهمی در حفاظت کلروفیل از اثرات مخرب اکسیداسیون و ممانعت نوری در ریزجلبک‌ها به‌خصوص گونه‌های جنس *دونا لیلیا* ایفاء می‌نماید (Ben-Amotz and Avron, 1981). در این میان ریزجلبک *Dunaliella viridis* یکی از گونه‌های یوکاریوتی مقاوم به شرایط نامناسب محیطی به‌خصوص شوری به‌شمار می‌رود. برای مثال، در بسیاری از محیط‌های حاوی نمک مانند دریاچه‌ها و مرداب‌های آب شور به طور طبیعی یافت می‌شود (Lee et al., 2010). از سویی، ذخایر طبیعی از این ریزجلبک در آب‌های ایران نظیر تالاب گاو خونی (Hadi et al., 2008)، سلطان حوض صدقی و همکاران، (۱۳۹۵) و منطقه جزر و مدی قشم

^۱ Stickwater

قبل از آزمایش در یخچال در ظروف سربسته و تاریک نگهداری گردید.

طراحی آزمایش

تیمارهای آزمایشی در این تحقیق شامل سطوح مختلف جایگزینی محیط کشت استاندارد یا F/2 (Guillard, 1975) ریز جلبک *D. viridi* با SW بود. بدین منظور، SW در درصدهای ۰ (شاهد)، ۱۰ (10%SW)، ۲۵ (25%SW)، ۵۰ (50%SW)، ۷۵ (75%SW) و ۱۰۰ (100%SW) جایگزین محیط کشت استاندارد گردید. ریز جلبک *D. viridi* در تمام تیمارها به مقدار 2×10^4 سلول در میلی لیتر ذخیره سازی گردید (Ghezelbash et al., 2008).

شمارش سلولی

تعداد سلول‌های ریز جلبک *D. viridi* در روزهای ۱، ۷، ۱۲ و ۱۴ با استفاده لام هموسیتمتر و میکروسکوپ نوری (ECLIPSE 9 TE2000-U, Nikon Corporation, Japan) با بزرگ‌نمایی ۱۰۰ برابر شمارش گردید (Das et al., 2016).

تعیین میزان رنگدانه کلروفیل

اندازه‌گیری کلروفیل *a* با استفاده از روش Sabzi و همکاران (۲۰۲۱) انجام پذیرفت. بدین منظور مقدار ۵۰ میلی لیتر از ریز جلبک پرورش یافته در تیمارهای مختلف با کاغذ صافی (شماره ALBET-AC-020-47-BL) فیلتر گردید. نمونه‌ها به همراه استون ۹۰ درصد به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شدند. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شدند و جذب نوری محلول بالایی در دستگاه اسپکتوفوتومتر مورد خوانش قرار گرفت. طیف جذب نوری (A) توسط دستگاه اسپکتوفوتومتر برای کلروفیل *a* برابر $663/6$ و $646/6$ نانومتر بود و از رابطه ذیل برحسب میکروگرم در لیتر محاسبه گردید:

$$\text{Chlorophyll } a \text{ } (\mu\text{g/mL}) = 12.25 A_{663.6} - 2.25 A_{646.6}$$

(حسینی و همکاران، ۱۳۹۲) گزارش شده است. بنابراین، با توجه به تولید مقادیر بالای استیکواتر در کارخانجات تولید آرد ماهی در ایران و پایین بودن هزینه تولید، در این مطالعه، استفاده از سطوح مختلف استیکواتر حاصل از کارخانه آرد ماهی کیلکا به عنوان جایگزین محیط کشت استاندارد (F/2) و اثرات آن بر رشد و مقدار رنگدانه‌های ریز جلبک *D. viridi* مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش کار

تهیه ذخیره جلبکی و شرایط پرورش

استوک اولیه ریز جلبک *D. viridi* به صوت خالص از مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران (IBRC-M 5059) که از دریاچه حوض سلطان شهرستان قم جدا شده بود، تهیه گردید. برای کشت اولیه این ریز جلبک از محیط کشت استاندارد F/2 استفاده گردید (Giullard, 1975). کشت این ریز جلبک در فلاسک‌های پلاستیکی با حجم ۸ لیتر با هوادهی مداوم، شوری ppt ۳۵، 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد، شدت نوری $150 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (۱۴:۱۰) تاریکی:روشنایی) و pH=۷ صورت پذیرفت (Jiménez and Niell, 1991). تمام مواد شیمیایی از شرکت مرک (Merc, Germany) تهیه گردیدند.

تهیه SW

استیکواتر حاصل از پساب کارخانه آرد ماهی کیلکا (شرکت پودر ماهی ۵۸۱ بابلسر، استان مازندران) به صورت تازه جمع آوری و در ظروف استریل به مجتمع آزمایشگاهی رازی (دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران) در کنار یخ منتقل گردید. قبل از شروع آزمایش، SW در دستگاه اتوکلاو به مدت ۲۰ دقیقه در فشار ۱/۶ اتمسفر در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد استریل و سپس با کمک دستگاه پمپ خلاء، کاغذ صافی (ضخامت ۱۲۵ میلی‌متر و فیلتراسیون ذرات ۱۵-۱۲ میکرومتر)، کیف بوخنر و ارلن خلاء صاف گردید. SW تا

تعیین میزان کاروتنوئید کل

تعیین غلظت کاروتنوئید کل با استفاده از روش Eijkelhoff و Dekker (۱۹۹۷) انجام گرفت. بدین ترتیب، ابتدا سلول‌های جلبکی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۶-۸ دقیقه و دور ۳۵۰۰ در دستگاه سانتریفیوژ (3-30K Sigma, Germany) سانتریفیوژ گردیدند. از استون ۸۰ درصد برای استخراج رنگدانه‌ها در

رسوب حاصله استفاده گردید و دوباره محتویات با مشخصات مشابه سانتریفیوژ شدند. میزان جذب محلول رویی در طول موج‌های ۴۱۲، ۴۳۱، ۴۶۰ و ۴۸۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت گردید. سپس با قرار دادن جذب‌های خوانده شده (A) در فرمول‌های ذیل میزان کاروتنوئید به صورت میلی‌گرم بر لیتر محاسبه گردید:

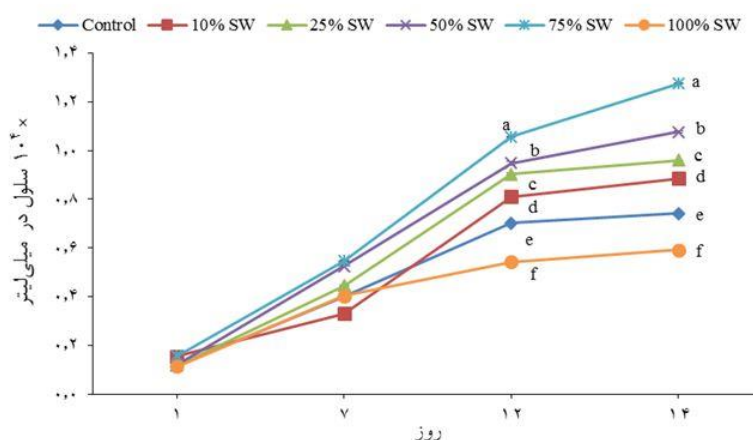
$$\text{Carotenoids (mg/mL)} = 0.430 A_{412} + 0.251 A_{431} - 4.376 A_{460} + 13.216 A_{480}$$

نتایج

با توجه به شکل ۱، تراکم جلبک *D. viridis* در غلظت‌های متفاوت جایگزینی استیک‌واتر نشان داد که تفاوت معنی‌داری روزهای ۱، ۷، ۱۲ و ۱۴ در تیمارهای مختلف وجود دارد به طوری که تعداد سلول‌های ریز جلبک با افزایش طول دوره افزایش یافت و در روزهای پایانی آزمایش نسبتاً ثابت باقی ماند. همچنین افزایش سطوح جایگزینی محیط کشت F/2 با استیک واتر تا سطح ۷۵ درصد، سبب افزایش معنی‌دار در تعداد سلول‌های ریز جلبک نسبت به سایر تیمارها گردید ($p < 0.05$) در حالی که در مقایسه با سایر تیمارها کمترین تعداد سلولی در تیمار ۱۰۰ درصد مشاهده شد ($p < 0.05$).

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تمام آزمایش‌ها با سه تکرار انجام گردید. اطلاعات بدست آمده ابتدا در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ مرتب شدند و با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. ابتدا نرمال بودن داده‌های به دست آمده با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تعیین گردید. سپس از طریق آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و با کمک آزمون Tukeys HSD وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین داده‌ها در سطح اطمینان کمتر از ۵ درصد در تعیین گردید.



شکل ۱: مقایسه میانگین تراکم ریز جلبک *Dunaliella viridis* پرورش یافته در غلظت‌های مختلف جایگزینی SW

حروف غیر یکسان در روزهای مختلف نشانگر معناداری بین تیمارهاست ($n=3$ ، $p < 0.05$)

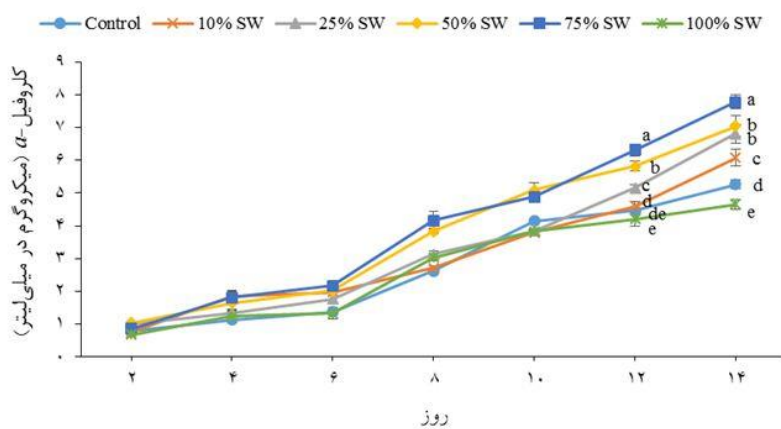
Figure 3: Comparison of the means of optical density in *Dunaliella viridis* grown at different concentrations of stickwater (SW) during the cultivation period

Different letters indicate significant differences between the treatments ($p < 0.05$, $n = 3$).

محتوای کلروفیل

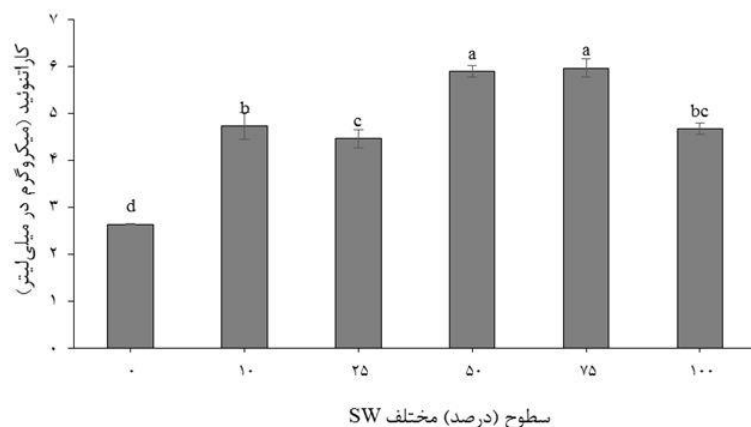
استیک واتر به ترتیب با میانگین $5/741 \pm 0/06$ و $6/540 \pm 0/02$ میکروگرم بر میلی لیتر بیشترین میزان را نسبت به سایر تیمارها نشان داد ($p < 0/05$) در حالی که در مقایسه با سایر تیمارها کمترین مقدار کلروفیل *a* در گروه کشت داده شده در محیط کشت واجد ۱۰۰ درصد SW مشاهده گردید.

بررسی نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که غلظت‌های مختلف استیک‌واتر در تمامی روزهای آزمایش بر مقدار کلروفیل *a* ریز جلبک *D. viridis* تأثیر معنی‌دار داشت (شکل‌های ۲ و ۳). روند افزایشی در کلروفیل *a* در تمام تیمارها مشاهده گردید به طوری که در روز دوازدهم و چهاردهم آزمایش، میزان کلروفیل *a* در تیمار ۷۵ درصد



شکل ۲: مقایسه میانگین کلروفیل *a* ریز جلبک *Dunaliella viridis* پرورش یافته در غلظت‌های مختلف جایگزینی SW (حروف غیر یکسان در روزهای مختلف نشانگر معناداری بین تیمارهاست ($n=3$, $p < 0/05$))

Figure 3: Comparison of the means of chlorophyll *a* in *Dunaliella viridis* grown at different concentrations of stickwater (SW) during the cultivation period
Different letters indicate significant differences between the treatments ($p < 0.05$, $n = 3$)



شکل ۳: مقایسه میانگین کاروتنوئید کل در ریز جلبک *Dunaliella viridis* پرورش یافته در غلظت‌های مختلف جایگزینی SW در روز ۱۴ (حروف غیر یکسان در روزهای مختلف نشانگر معناداری بین تیمارهاست ($n=3$, $p < 0/05$))

Figure 3: Comparison of the means of total carotenoids in *Dunaliella viridis* grown at different concentrations of stickwater (SW) on day 14
Different letters indicate significant differences between the treatments ($p < 0.05$, $n = 3$)

(Markou and Georgakakis, 2011). در تحقیق Lv و همکاران (۲۰۱۰) بر جلبک *Chlorella vulgaris* برای بهبود تولید چربی از طریق اصلاح محیط کشت، نشان دادند که غلظت بالای نیتروژن (۵/۰ میلی‌مول) رشد جلبک *C. vulgaris* را بهبود می‌بخشد. Safafar و همکاران (۲۰۱۶) اثر پساب صنعتی را جهت بهبود میزان رنگدانه و پروتئین جلبک *C. vulgaris* بررسی نمودند و عنوان کردند زیتوده جلبک کشت داده شده در ۶۷ درصد پساب (حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم/لیتر $\text{NH}_4^+\text{-N}$ و ۶/۸ میلی‌گرم/لیتر فسفر) در مقایسه با سایر تیمارها و همچنین جایگزینی ۱۰۰ درصد (حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم/لیتر $\text{NH}_4^+\text{-N}$ و ۱۱ میلی‌گرم/لیتر فسفر) بالاتر بود. گزارش شده که استیک و اثر حاوی سطوح بالایی از نیتروژن (۲۱۹/۲۳ میلی‌گرم در لیتر نترات) و فسفر (۱۲/۵۹ میلی‌گرم فسفات) است (Mahdabi and Shekarabi, 2018) و احتمالاً تراکم حداکثری ریزجلبک *D. viridis* در تیمار ۷۵ درصد استیک و اثر به دلیل مقدار فراوان و مناسب مواد مغذی مناسب در این پساب است. اگرچه در مطالعات مختلف اجزا و خصوصیات استیک و اثر ماهیان مختلف بیانگر مقادیر بالای ترکیبات نیتروژنی و فسفردار است (Kam et al., 2012; Mahdabi and Shekarabi, 2018). اما جهت روشن شدن دقیق ترکیبات و عناصر موجود در SW حاصل از کارخانجات آردماهی کلیکا، انجام تحقیقات تکمیلی پیشنهاد می‌گردد.

نتایج این مطالعه نشان داد که روند کلروفیل *a* در تمام تیمارهای آزمایشی بود به طوری که بیشترین میزان کلروفیل *a* در تیمار ۷۵ درصد استیک و اثر مشاهده گردید. استیک و اثر به عنوان یک ماده مغذی مایع می‌تواند غلظت بالایی از مواد مغذی را برای زیست توده ریزجلبکی فراهم کند و منجر به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی گردد (Kam et al., 2012).

در این مطالعه با افزایش میزان جایگزینی محیط کشت جلبک *D. viridis* با استیک و اثر در تیمارهای آزمایشی میزان کاروتنوئید افزایش یافت. هرچند که این افزایش در تیمار ۱۰۰ درصد استیک و اثر کمتر از سایر تیمارهای

بررسی مقدار کاروتنوئید در ریز جلبک *D. viridis* کشت شده در استیک و اثر نشان داد که غلظت‌های مختلف استیک و اثر بر مقدار کاروتنوئید اثرگذار بود و در روز پایانی آزمایش بیشترین مقدار کاروتنوئید به طور همزمان در غلظت ۷۵ و ۵۰ درصد استیک و اثر نسبت به سایر تیمارها مشاهده گردید و کمترین مقدار کاروتنوئید نیز در گروه شاهد به دست آمد (شکل ۳).

بحث

بیشترین هزینه تولید ریزجلبک‌ها مربوط به محیط کشت آنها می‌باشد. از این‌رو، همواره سعی شده است تا جایگزین‌های مناسب برای آنها پیدا شود (Ashraf et al., 2011). رشد ریزجلبک *D. viridis* در تمامی تیمارهای آزمایشی نشان دهنده تطبیق‌پذیری و قابلیت رشد و پرورش این ریزجلبک در استیک و اثر حاصل از کارخانه آردماهی کلیکا بوده است (شکل ۱). در حالی که کاهش عملکرد رشد ریزجلبک در تیمار تماماً جایگزین شده با استیک و اثر می‌تواند به علت عدم کارایی آن در تأمین نیازهای جلبک در حد مناسب باشد که به همین منظور استفاده از استیک و اثر با ۷۵ درصد سطح جایگزینی، بهترین نتیجه را نشان داد. عوامل مختلفی در کاهش میزان رشد جلبک‌ها مطرح شده‌اند که شامل تغییرات شوری، محدودیت نوری، محدود شدن دی اکسید کربن یا کربن معدنی، کاهش مواد مغذی و نامطلوب شدن نسبت نیتروژن به فسفر می‌باشند. البته مهم‌ترین عناصر محدود کننده رشد میکروجلبک‌ها عناصر نیتروژن (عمدتاً در فرم نترات و آمونیوم) و فسفر (در فرم فسفات) است. با توجه به کاهش رشد ریزجلبک *D. viridis* در تیمار ۱۰۰ درصد SW، این احتمال وجود دارد که استیک و اثر به تنهایی فاقد قابلیت تأمین تمام مواد مغذی مورد نیاز ریزجلبک می‌باشد. البته انجام تحقیقات تکمیلی در آینده جهت یافتن عامل محدود کننده رشد ضروری است. استفاده از پساب پرورش ماهی به عنوان محیط کشت ریز جلبک *Spirulina platensis* منجر به افزایش معنادار زیست توده ریزجلبک نسبت به ریزجلبک‌هایی که صرفاً در محیط کشت استاندارد رشد یافته بودند، گردید

- DOI: ۰۷۸-۶۹ : (۶)۲۸ ، ایران
10.22092/ISFJ.2019.120111
- حسینی، ب.م.، هادی، م.، افشارزاده، س. و قادر ف.،
۱۳۹۲. شناسایی چهارگونه جلبک سبز *Dunaliella*
جداشده از آب های منطقه جزر و مدی جزیره قشم.
مجله آبریان و شیلات، ۱۳(۴): ۱-۱۱.
- صدقی، م.، صبا، ف.، نوروزی، م.، آموزگار، م. و
شاهزاده فاضلی، س.ا.، ۱۳۹۵. جداسازی و
شناسایی ریخت شناسی و مولکولی گونه های جلبک
Dunaliella از دریاچه های شور حوض سلطان و
آران و بیدگل. مجله علمی رستنی ها، ۱۷(۱): ۷۰-۷۷.
- Ashraf, M., Javaid, M., Rashid, T., Ayub, M., Zafar, A., Ali, S. and Naeem, M., 2011.** Replacement of expensive pure nutritive media with low cost commercial fertilizers for mass culture of freshwater algae, *Chlorella vulgaris*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(4): 484-490.
- Ben-Amotz, A., 1981.** Effect of irradiance and nutrient deficiency on the chemical composition of *Dunaliella bardawil*. Ben-Amotz and Avron, (Volvocales, Chlorophyta). *Journal Plant Physiology*, 131: 479-487. DOI: 10.1016/S0176-1617(87)80290-0
- Das, P., Thaher, M., Abdul Hakim, M., Al-Jabri, M. and Alghasal, Gh., 2016.** Comparative study of the growth of *Tetraselmis* sp. in large scale fixed depth and decreasing depth raceway ponds. *Bioresource Technology*, 216: 114-120. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.05.058.

حاوی استیکواتر بود. با این وجود، مقدار آن از تیمار شاهد بالاتر بود که علت آن می تواند کاهش زیتوده جلبکی باشد (Hadizadeh *et al.*, 2020).

تحقیق حاضر نشان داد که تغییر محیط کشت استاندارد جلبک *D. viridis* با غلظت های مختلف استیک واتر تا سطح ۷۵ درصد منجر به افزایش تعداد سلول ها، کلروفیل *a* و کاروتنوئید کل در محیط کشت حاوی ۷۵ درصد استیک واتر گردید. بنابراین، جهت دستیابی به بیشترین بازده تولید در ریزجیک *D. viridis*، استفاده از SW در سطح ۷۵ درصد به جای محیط کشت گیلارد پیشنهاد می گردد. در نتیجه، استفاده از استیک واتر علاوه بر ایجاد ارزش افزوده و کاهش آلودگی و یوتروف شدن منابع آبی، سبب کاهش هزینه های تولید غذای زنده در صنعت آبی پروری می گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری های آقای مهندس حمید فتحعلیان، مسئول آزمایشگاه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات در زمینه پرورش ریزجلبک سپاسگزاری می گردد.

منابع

- بی بی کم، ص.، عابدیان، ع. و یونسی، ح.، ۱۳۸۹.
تولید پروتئین تک یاخته با استفاده از کشت باکتری
و قارچ از پساب کارخانه آرد ماهی کیلکا (استیک
واتر). مجله علمی شیلات ایران، ۱۹(۴): ۲۱-۳۲.
DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109957
- پردلی، ح. م.، صفری، ر. و حسینی، س.ح.، ۱۳۹۰.
استفاده از دو گونه باکتری لاکتیک به منظور تولید
پروتئین تک یاخته از آب ماهی تغلیظ شده
کارخانجات پودر ماهی کیلکا. مجله علوم غذایی و
تغذیه، ۸(۳): ۷۸-۸۸.
- جریان، ر.، فاطمی، م. و ماشینچیان مرادی، ع.،
۱۳۹۸. بررسی تاثیر دما و عناصر منیزیم و آهن بر
میزان رشد و توده زنده جلبک اسپیرولینا
(*Arthrospira plantensis*). مجله علمی شیلات

- Eijkelhoff, C. and Dekker, J.P., 1997.** A routine method to determine the chlorophyll *a*, pheophytin *a* and β -carotene contents of isolated Photosystem II reaction center complexes. *Photosynthesis Research*, 52: 69–73. DOI: 10.1023/A:1005834006985
- García-González, M., Moreno, J., Manzano, J.C., Florencio, F.J. and Guerrero, M.G., 2005.** Production of *Dunaliella salina* biomass rich in 9-cis- β -carotene and lutein in a closed tubular photobioreactor. *Journal of Biotechnology*, 115: 81-90. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2004.07.010
- Ghezlbash, F., Farboodnia, T., Heidari, R. and Agh, N., 2008.** Biochemical effects of different salinities and luminance on green microalgae *Tetraselmis chuii*. *Research Journal of Biological Sciences*, 3: 217-221.
- Guillard, R.R.L., 1975.** Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. In: Smith W.L. and Chanley M.H (Eds.) Culture of Marine Invertebrate Animals. Plenum Press, New York, USA. pp 26-60.
- Guiry, M.D. and Guiry, M.D., 2019.** AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland. Available on: <http://www.algaebase.org>.
- Hadi, M., Shariati, M. and Afsharzadeh, S., 2008.** Microalgal biotechnology: Carotenoid and glycerol production by the green algae *Dunaliella* isolated from the Gave-khooni salt marsh, Iran. *Journal of Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 13: 540-544. DOI: 10.1007/s12257-007-0185-7
- Hadizadeh, Z., Mehrgan, M.S. and Shekarabi, S.P.H., 2020.** The potential use of stickwater from a kilka fishmeal plant in *Dunaliella salina* cultivation. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(2): 2144-2154. DOI: 10.1007/s11356-019-06926-w
- Jiménez, C. and Niell, F.X., 1991.** Growth of *Dunaliella viridis* Teodoresco: Effect of salinity, temperature and nitrogen concentration. *Journal of Applied Phycology*, 3: 319-327. DOI: 10.1007/BF02392885
- Kam, S., Abedian Kenari, A. and Younesi, H., 2012.** Production of Single Cell Protein in Stickwater by *Lactobacillus acidophilus* and *Aspergillus niger*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21: 403–417. DOI: 10.1080/10498850.2011.605539
- Koenig, L.M. Demacedo, J.S., 2004.** Urban secondary sewage: an alternative medium for the culture of *Tetraselmis chuii* (Prasinophyceae) and *Dunaliella viridis* (Chlorophyceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology, an International Journal*, 3: 451-459. DOI: 10.1590/S1516-89132004000300016
- Kousoulaki, K., Albrektsen, S., Langmyhr, E., Olsen, H.J., Campbell, P. and Aksnes, A., 2009.** The water soluble fraction in fish meal (stickwater) stimulates growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) given high plant protein diets. *Aquaculture*, 289: 74–83. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.12.034

- Lee, J.Y., Yoo, C., Jun, S.Y., Ahn C.Y. and Oh, H.M., 2010.** Comparison of several methods for effective lipid extraction from microalgae. *Bioresource Technology*, 101: 75-77. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.03.058
- Lunar, A.N. and Craig, S.R., 2006.** Replacement of fish meal in cobia (*Rachycentron canadum*) diets using an organically certified protein. *Aquaculture*, 257: 393-399. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2005.11.010
- Ly, J.M., Cheng, L.H. and Xu, X.H., 2010.** Enhanced lipid production of *Chlorella vulgaris* by adjustment of cultivation conditions. *Bioresource Technology*, 101: 6797-6804. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.03.120
- Mahdabi, M. and Hosseini Shekarabi, S.P., 2018.** A comparative study on some functional and antioxidant properties of kilka meat, fishmeal, and stickwater protein hydrolysates. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27: 844-858. DOI: 10.1080/10498850.2018.1500503
- Markou, G. and Georgakakis, D., 2011.** Cultivation of filamentous cyanobacteria (blue-green algae) in agro industrial wastes and wastewaters: a review. *Applied Energy*, 88: 3389-3401. DOI: 10.1016/j.apenergy.2010.12.042
- Park, J.B.K. and Craggs, R.J., 2010.** Wastewater treatment and algal production in high rate algal ponds with carbon dioxide addition. *Water Science and Technology*, 61: 633-639. DOI: 10.2166/wst.2010.951
- Sabzi, S., Mehrgan, M.S., Islami, H.R. and Shekarabi, S.P.H., 2018.** Changes in biochemical composition and fatty acid accumulation of *Nannochloropsis oculata* in response to different iron concentrations. *Biofuels*, 12(1): 1-7. DOI: 10.1080/17597269.2018.1489672
- Safar, H., Nørregaard, P.U., Ljubic, A., Møller, P., Holdt, S.L. and Jacobsen, C., 2016.** Enhancement of protein and pigment content in two *Chlorella* species cultivated on Industrial process water. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4: 1-15. DOI: 10.3390/jmse4040084
- Tam, N.F.Y. and Wang, Y.S., 2000.** Effect of immobilized microalgal bead concentration on wastewater nutrient removal. *Environmental Pollution*, 107(1): 145-151. DOI: 10.1016/S0269-7491(99)00118-9
- Zhu, C.J., Lee, K.L. and Chao, T.M., 1997.** Effect of temperature and growth phase on lipid and biochemical composition of *Isochrysis galbana* TK1. *Journal of Applied Phycology*, 9: 451-457. DOI: 10.1023/A:1007973319348.

Growth rate and pigment contents of grown *Dunaliella viridis* microalgae in different levels of a fishmeal factory wastewater

Hadizadeh, Z.¹; Shamsaei Mehrgan, M.^{1*}; Hosseini Shekarabi, S.P.¹

*m.shamsaie@srbiau.ac.ir

1- Department of Fisheries, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

Abstract

The present study investigated the cultivation of *Dunaliella viridis* microalgae in the stickwater (SW) from the wastewater of fishmeal factories. For this purpose, Gillard culture medium (F/2) was used as a control treatment and five different levels of SW including 10, 25, 50, 75, and 100% were used. Then, these microalgae were cultured in 8-liter plastic containers for 14 days to evaluate the algal density and pigment contents (chlorophyll *a* and total carotenoids). The results of the present study showed that by increasing in the concentration of SW up to 75% the cell density was increased. In addition, the pigment contents were significantly affected by SW concentrations and the highest amount of chlorophyll *a* was observed at a concentration of 75% SW compared to other treatments ($p < 0.05$). Also, the highest amount of carotenoids was recorded simultaneously in 75% and 50% SW treatments compared to other treatments ($p < 0.05$). According to the obtained results, using SW at 75% is feasible to grow *D. viridis* microalgae.

Keywords: *Dunaliella viridis*, Stickwater, Growth, Carotenoids

Corresponding' author