



## Investigation of the Impact of Biofertilizers and Spirulina Algae Extracts on Yield and Biochemical Characteristics of Yellow Physalis (*Physalis peruviana* L.) Fruit

Rasoul Heydarnajad Giglou<sup>1</sup>, Mousa Torabi Giglou<sup>2\*</sup>, Haniyeh Moradian<sup>3</sup>, Ali Sobhanizadeh<sup>1</sup>, Alireza Akbari<sup>1</sup>, Porya Farrokhi<sup>4</sup>

- 1- PhD, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
- 2- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
- 3- PhD Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
- 4- MSc Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

\*Corresponding author: [mtorabi@uma.ac.ir](mailto:mtorabi@uma.ac.ir)

(Received: 12 December 2023

Revised: 19 January 2023

Accepted: 15 February 2023)

### Extended Abstract

- 1. Introduction:** Fruits and vegetables are important sources of beneficial nutrients in human nutrition and play a crucial role in reducing the risks of many diseases. The consumption of fruits and vegetables has a positive impact on diseases such as cardiovascular disease and certain types of cancer. These health benefits are related to the presence of vitamins, minerals, and dietary fibers, as well as a wide range of bioactive compounds, including phytochemicals, which influence free radical activity to maintain adequate levels of both enzymatic and non-enzymatic antioxidant defenses. Nowadays, many applications of biofertilizers and algae extracts have been proposed in agriculture, the food industry, and animal sciences. The use of SAE as a novel nutrient formulation containing protein and amino acids offers a new approach to supplying essential elements to plants. Unfortunately, few studies have been conducted on the use of SAE in agriculture, necessitating further research in this field. Therefore, considering the economic importance and increasing demand of biofertilizer, this research investigates the impact of SAE and biofertilizers on the Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plant.
- 2. Materials and Methods:** Zarrouk's medium was used for the cultivation of Spirulina algae. The cultured samples were then harvested, dried at 45 degrees Celsius for 72 hours, and powdered. To extract the extract from the algae, the dried samples were first soaked in 80% methanol for 72 hours. The samples were subjected to ultrasonic waves three times, each for 15 minutes. Then, the resulting extracts were concentrated using a rotary evaporator at 45 degrees Celsius after a two-step filtration with Whatman filter paper No. 4. The Cape gooseberry seeds (*Physalis peruviana* L.) (Accession no: TN-82-765) used in this research were obtained from the Seed and Plant Improvement Institute of Iran. The seeds were sown in Petri dishes, and after germination, they were transferred to culture trays. The seedlings were kept in the culture trays for 30 days. Then, the plants were moved to a greenhouse, and after appropriate establishment of the plants (after two weeks), the treatments were applied as foliar spraying. The experiment was conducted as a factorial experiment based on a completely randomized design (CRD), consisting of foliar application of SAE at three concentrations (0, 0.25, and 0.5 percent) and Azotobacter biofertilizer at two levels (0 and 0.5 percent), with four replications. Foliar spraying was performed in three stages, with intervals of 15 days. Two weeks after the last foliar application, various morphological and biochemical traits were evaluated, including fruit fresh and dry weight, plant yield, titratable acidity, soluble solids, taste index, and biochemical parameters such as total flavonoid content, DPPH radical scavenging activity, and vitamin C concentration.
- 3. Results and Discussion:** The results showed that the foliar application of SAE in the presence of biological fertilizer had a significant effect on yield traits, taste index, and Total Soluble Solids (TSS) in Cape gooseberry. During the evaluation of functional traits, it was observed that the highest fresh weight (4.49 g), dry weight (0.93 g), and plant yield (286.42 g) were obtained in plants treated with 0.5% SAE. Additionally, the results showed that the greatest effect in increasing the amount of the Total Phenol Content (TPC) (3.11 mg/g dry weight) in Cape gooseberry berries treated with 0.25% SAE under conditions where biological fertilizer was applied at a concentration of 0.5%. This amount was 12.42 percent higher than the control conditions. Similarly, the highest total flavonoid content (TFC) (1.81 mg/g dry weight) was recorded in plants treated with 0.5% SAE and 0.5% Azotobacter biofertilizer. The evaluation of the effects of spirulina algae extract on vitamin C and total antioxidant content indicated a

positive impact on both parameters. The results showed that the highest levels of vitamin C and total antioxidants were obtained when Spirulina algae extract was applied at 0.5%.

- 4. Conclusion:** Cape gooseberry is highly perishable, and several factors threaten its quality during cultivation and after harvest. According to the results of this research, it was found that the combined application of Azotobacter biofertilizer and Spirulina algae extract (SAE) had a significant effect on the yield and biochemical traits, particularly in plants treated with 0.5% SAE. Overall, the findings indicate that enhancing vitamin C and improving yield in Cape gooseberry plants is achievable through agricultural techniques. The application of Azotobacter biofertilizer and SAE significantly increased fresh weight, TSS, titratable acidity (TA), and total antioxidant activity in treated plants compared to untreated controls. Additionally, the positive effects of SAE at concentrations of 0.25% and 0.5%, in the presence of Azotobacter (0.5%), played a key role in increasing chlorophyll and carotenoid content, which in turn enhanced photosynthetic efficiency. Therefore, to promote sustainable agriculture, it is recommended to replace chemical fertilizers with Azotobacter together in combination with SAE at different concentrations to achieve higher yields in Cape gooseberry cultivation.

**Keywords:** Azotobacter, Cape Gooseberry, Flavor index, Spirulina, Total Phenol Content, Total Soluble Solids.

**Citation:** Heydarnajad Giglou, R., Torabi Giglou, M., Moradian, H. & Sobhanizadeh, A. (2025). Investigation of the Impact of Biofertilizers and Spirulina Algae Extracts on Yield and Biochemical Characteristics of Yellow Physalis (*Physalis peruviana* L.) Fruits. *Journal of Vegetables Sciences*, 17(1), 125-140. doi:10.22034/iuvs.2024.2017716.1337

**Copyrights:**

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





## مطالعه اثرات کود زیستی و عصاره‌های جلبک اسپیرولینا بر عملکرد و خصوصیات بیوشیمیایی میوه‌های فیسالیس زرد (*Physalis peruviana* L.)

رسول حیدرنژاد گیگلو<sup>۱</sup>، موسی ترابی گیگلو<sup>۲\*</sup>، هانیه مرادیان<sup>۳</sup>، علی سبحانی زاده<sup>۱</sup>، علی‌رضا اکبری<sup>۱</sup>، پوریا فرخی<sup>۴</sup>

- ۱- دانش آموخته دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- ۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- ۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

\*نویسنده مسئول: [mtorabi@uma.ac.ir](mailto:mtorabi@uma.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

### چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات کود زیستی همراه با عصاره‌های جلبک اسپیرولینا بر خصوصیات عملکردی و بیوشیمیایی میوه‌های فیسالیس زرد (*Physalis peruviana* L.) انجام شد. برای این منظور کود زیستی از توباکتر (در غلظت ۰ و ۰/۵ درصد) همراه با عصاره جلبک خوراکی اسپیرولینا در غلظت‌های ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد روی گیاه فیسالیس زرد به صورت کشت گلدانی و در ۴ تکرار (۸ گلدان در هر تکرار) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. بعد از گذشت دو هفته از استقرار گیاهان در گلخانه، محلول پاشی در سه مرحله و هر ۱۵ روز یک بار انجام شد. دو هفته بعد از آخرین محلول پاشی صفاتی مانند وزن تر و خشک میوه، عملکرد بوته و برخی صفات بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا و کود زیستی تأثیر قابل توجهی در افزایش صفات عملکردی، شاخص طعم و مواد جامد محلول میوه‌های فیسالیس زرد داشته است. طی بررسی صفات عملکردی مشاهده شد که بیشترین میزان وزن تر میوه (۴/۴۹ گرم)، وزن خشک میوه (۰/۹۳ گرم) و عملکرد بوته (۲۸۶/۴۲ گرم) در گیاهان تیمار شده با عصاره جلبک در غلظت ۰/۵ درصد به دست آمد. بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان کل در گیاهان تیمار شده با عصاره جلبک اسپیرولینا در غلظت ۰/۵ درصد به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین تأثیر در افزایش محتوای فنل کل (۳/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در میوه‌های فیسالیس تیمار شده با عصاره جلبک اسپیرولینا در غلظت ۰/۲۵ درصد تحت شرایط استفاده از کود زیستی در غلظت ۰/۵ درصد مشاهده شد که این میزان ۴۲/۱۲ درصد بیشتر از شرایط کنترل بود. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد استفاده از کودهای زیستی ضمن افزایش عملکرد گیاهان، می‌تواند سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی شده و در جلوگیری از آلودگی محیط زیست و هوا نقش مؤثری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آزتوباکتر، اسپیرولینا، شاخص طعم، محتوای فنل کل، مواد جامد محلول، عروسک پشت پرده.

استناد: حیدرنژاد گیگلو، ر.، ترابی گیگلو، م.، مرادیان، ه. و سبحانی‌زاده، ع. (۱۴۰۴). مطالعه اثرات کود زیستی و عصاره‌های جلبک اسپیرولینا بر عملکرد و خصوصیات بیوشیمیایی میوه‌های فیسالیس زرد (*Physalis peruviana* L.)، علوم سبزی‌ها، ۱۱(۱)، ۱۲۵-۱۴۰.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

میوه‌ها و سبزیجات در تغذیه انسان‌ها به عنوان منابع بسیار مهم مواد مغذی بوده و برای کاهش خطرات بیماری‌ها ضروری می‌باشند. مصرف میوه‌ها و سبزیجات برای درمان بیماری‌هایی مانند بیماری قلبی عروقی و برخی از انواع سرطان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Arts & Hollman, 2005, Leenders *et al.*, 2014; Torabi Giglou *et al.*, 2024). اثرات مثبت سبزیجات و میوه‌ها در کاهش بیماری‌ها، به حضور ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبرهای رژیمی، همچنین به طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی، فیتوشیمیایی و تأثیر بر فعالیت‌های رادیکال‌های آزاد برای حفظ سطح کافی از دفاع آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی و آنزیمی مربوط می‌شود (Abdel Moneim, 2014).

فیسالیس زرد (*Physalis peruviana* L) از تیره Solanaceae (Martinez, 1998). از دهه ۸۰ میلادی، تولید تجاری شده است و در حال حاضر فیسالیس در کشورهای مختلف اروپا، آمریکای شمالی، آسیا و اقیانوسیه موجود است. این میوه بسیار فسادپذیر است و در شرایط کشت و پس از برداشت چندین عامل وجود دارد که کیفیت آن را تهدید می‌کند، از این رو زنجیره تولید و ارزش غذایی میوه‌های فیسالیس در توسعه آن با محدودیت‌های خاص مواجه است (Heydarnajad, 2023; Giglou & Torabi Giglou, 2023). علاوه بر این، مسائلی مانند انعطاف‌پذیری ضعیف کشاورزان و دانش کم در مورد اولویت‌های مصرف‌کننده وجود دارد که باعث می‌شود زنجیره کشت و تولید آن ناکارآمد باشد (Wang, 2014; Heydarnajad Giglou *et al.*, 2024).

ریزجلبک‌ها به دلیل تعادل ترکیبات شیمیایی، منابع زیستی مهمی برای تولید محصولات و کاربردهای جدید بوده و می‌توانند به عنوان بهبود دهنده‌ی ارزش تغذیه‌ای غذاها و خوراک دام، و کود زیستی مورد استفاده قرار گیرند. آن‌ها حاوی مواد ارزشمند مانند اسیدهای چرب غیراشباع، رنگدانه‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها،

ترکیبات دارویی و دیگر ترکیبات فعال زیستی هستند (Gouveia *et al.*, 2008).

آرتروسپیراپلاتنسیس که اصطلاحاً اسپیرولینا اطلاق می‌شود یک ریزجلبک است که به دلیل داشتن متابولیت‌های ثانویه غنی و متنوع زیست فعال و رنگدانه‌ها مانند کاروتنوئیدها، فیکوبیلین‌ها و ترکیب شیمیایی متعادل به‌عنوان "غذا- دارو" در نظر گرفته می‌شود (padash *et al.*, 2023). با تعیین ترکیبات شیمیایی جلبک اسپیرولینا کربوهیدرات ۱۶/۶، چربی ۳/۶، پروتئین ۴۴/۹ و خاکستر یا املاح معدنی ۸/۹ درصد، این ریزجلبک به‌عنوان یک مکمل دارای ارزش غذایی بالایی معرفی شده است (Belay, 2008). همچنین سازمان غذا و دارو کلیه مکمل‌های ریزجلبک اسپیرولینا را به‌عنوان "کاملاً امن شناخته شده" تأیید کرده است و از این رو می‌تواند به‌عنوان یک منبع قابل اطمینان برای محصولات غذایی، و محرک رشد طبیعی جدید در نظر گرفته شود (Lucas *et al.*, 2018).

با توجه به اینکه کاربرد کودهای شیمیایی در ابتدای فصل زراعی، ممکن است سبب شود گیاه از آن‌ها بعد از تبدیل به فرم‌های دیگر استفاده کند یا از طریق آبخوبی از دسترس گیاه خارج شوند، برای افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، روش‌های مصرف کود باید به‌گونه‌ای تغییر کند که مواد غذایی مورد نیاز گیاه در مدت طولانی و با کمترین تلفات در اختیار گیاه قرار گیرد. استفاده از کودهای زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن از جمله روش‌های عملیات زراعی بهینه است که می‌تواند این نقص را برطرف کند (Nosheen *et al.*, 2022; Giglou *et al.*, 2022; Goldani *et al.*, 2021). توسط مطالعات قبلی، اعلام گردید که باکتری‌های محرک رشد، ضمن کاهش مقدار مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی، سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروژن می‌شوند (Kumar *et al.*, 2022).

کودهای زیستی شامل سلول‌های زنده از انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها هستند که قابلیت جذب عناصر غذایی را با استفاده از فرآیندهای زیستی برای

ایران تهیه شد. بذرها در پتری‌دیش کشت شدند و پس از جوانه‌زنی، به سینی‌های کشت منتقل گردیدند. گیاهچه‌ها به مدت ۳۰ روز در سینی‌های کشت نگهداری شدند. سپس بوته‌ها به گلخانه منتقل و پس از استقرار مناسب گیاه (بعد از دو هفته)، تیماردهی به صورت محلول‌پاشی انجام شد. آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در سه غلظت (۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد)، کود زیستی آرتو باکتر (راهور زیست فناور البرز، ایران) با توصیه تولید کننده در غلظت (۰ و ۰/۵ درصد) با ۴ تکرار (در هر تکرار، ۸ بوته از گیاه فیسالیس) بودند. محلول پاشی دو هفته بعد از انتقال به گلدان‌ها، طی سه مرحله و هر ۱۵ روز یک بار انجام شد. و دو هفته بعد از آخرین محلول-پاشی صفاتی مانند وزن تر و خشک میوه، عملکرد بوته، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، مواد جامد محلول (TSS)، شاخص طعم (TSS/TA) و سایر صفات بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از رفراکتومتر (K-0032 manufactured in Japan) و در دمای اتاق (۲۵±۲) اندازه‌گیری شد و مقدار مواد جامد محلول بر حسب درجه بریکس ثبت شد. اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) برای انجام تیتراسیون ۱ میلی‌لیتر عصاره رقیق شده در ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر تا  $\text{pH} = ۸/۲$  با استفاده از ۰/۱ NaOH (Ayala-Zavala et al., 2004). میزان شاخص طعم (TSS/TA) با تقسیم مواد جامد محلول (TSS) بر اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) به دست آمد.

اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئیدها با استفاده از روش Amon (۱۹۷۵) انجام شد. برای این منظور ۱ گرم پریکارپ میوه تازه در استون ۸۰ درصد (۷/۷) استخراج شد. جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل و ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها با استفاده از اسپکتروفتومتر (UV-600-

گیاهان را فراهم کرده است. Azzaz و همکاران (۲۰۱۰) امکان استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی را در گیاه رازیانه بررسی کرده و نتیجه گرفتند استفاده از این نوع کودها که رشد رویشی، عملکرد و اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای کود زیستی افزایش داده است.

البته تا به حال کاربردهای متعددی از کودهای زیستی و عصاره جلبک‌ها در کشاورزی، صنایع غذایی و علوم دامی مطرح شده‌است. استفاده از عصاره جلبک اسپیرولینا به‌عنوان ترکیب جدیدی از عناصر مغذی حاوی پروتئین و اسیدهای آمینه، شیوه جدیدی از تأمین عناصر مورد نیاز گیاه می‌باشد. متأسفانه مطالعات اندکی در مورد کاربرد عصاره جلبک اسپیرولینا در کشاورزی انجام شده است که انجام تحقیقات در این زمینه را ضروری می‌کند. بنابراین با توجه به اهمیت اقتصادی و تقاضای روزافزون کود زیستی و جلبک‌ها و کاربرد فراوان آن و مطالعات اندک در زمینه تأثیر کاربرد عصاره جلبک اسپیرولینا بر روی گیاهان و خوراکی، در این پژوهش، اثر عصاره جلبک اسپیرولینا و کود زیستی بر روی گیاه فیسالیس مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روش‌ها

برای کشت جلبک اسپیرولینا از محیط کشت Zarrouk استفاده شد. سپس نمونه‌های کشت شده برداشت و در دمای ۴۵ درجه به مدت ۷۲ ساعت خشک و پودر شدند. برای استخراج عصاره از جلبک ابتدا نمونه‌های خشک شده در متانول ۸۰ درصد به مدت ۷۲ ساعت خیسانده شدند. نمونه‌ها سه بار، هر بار به مدت ۱۵ دقیقه تحت امواج فراصوت (اولتراسونیک) قرار گرفتند. سپس عصاره‌های حاصل پس از فیلتراسیون دومرحله‌ای با کاغذ صافی واتمن شماره ۴، با استفاده از روتاری در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد تغلیظ شده و مورد استفاده قرار گرفتند (Padash et al., 2023).

بذر فیسالیس (*Physalis peruviana* L.) (Accession no: TN-82-765) مورد استفاده در این تحقیق، از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

میکرو لیتر محلول استات سدیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. جذب محلول بعد از گذشت ۴۰ دقیقه در طول موج ۴۱۵ نانومتر نسبت به بلانک اندازه گیری شد. بلانک حاوی تمام ترکیبات ذکر شده در بالا بود اما بجای عصاره، همان حجم متانول ۸۰ درصد به آن اضافه شد. برای رسم منحنی استاندارد از کوئرستین استفاده شد. میزان فلاونوئید کل عصاره ها بر اساس میلی گرم معادل کوئرستین بر گرم وزن خشک گیاه گزارش شد (Mita et al., 1997).

تجزیه و تحلیل آماری داده ها (انجام تجزیه واریانس ها و مقایسه میانگین ها) با استفاده از نرم افزارهای آماری SPSS و SAS و رسم نمودارها با کمک نرم افزار Excel انجام شد.

### نتایج و بحث

برای بررسی صفات عملکردی میوه میزان وزن تر (FW) و خشک (DW)، و عملکرد بوته در گیاهان تحت تیمار مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که اثرات متقابل کود آزتوباکتر و عصاره جلبک اسپیرولینا (SAE) بر میزان شاخص عملکردی معنی دار نبود. همچنین در بررسی اثرات ساده این دو تیمار مشخص شد که، کاربرد آزتوباکتر و عصاره جلبک اسپیرولینا تأثیر معنی داری بر روی صفات عملکردی داشت. به طوری که در بررسی اثرات کود آزتوباکتر بیشترین میزان FW و DW به ترتیب برابر با ۴/۴۴۱ گرم و ۰/۹۲۳ گرم به ازای هر میوه در بوته و همچنین بیشترین میزان عملکرد بوته (۲۷۹/۲۲۳ گرم) در گیاهان تحت شرایط محلول پاشی آزتوباکتر در غلظت ۰/۵ مشاهده شد (جدول ۱). در بررسی اثرات محلول پاشی جلبک اسپیرولینا مشاهده شد که افزایش غلظت عصاره جلبک سبب افزایش صفات عملکردی در گیاهان فیسالیس داشته است. بیشترین میزان FW (۴/۴۹۸ گرم)، DW (۰/۹۳۵ گرم) ازای هر میوه در بوته و عملکرد بوته (۲۸۶/۴۲۳ گرم) در گیاهان تیمار شده با عصاره جلبک در غلظت ۰/۵ درصد به دست آمد (جدول ۱).

(HACH Company, Loveland, USA) اندازه گیری شد.

اندازه گیری ویتامین ث با روش تیتراسیون ید در دید پتاسیم انجام شد. پایان تیتراسیون زمانی بود که رنگ عصاره میوه ها آبی تیره بود و این رنگ برای چند ثانیه ثابت می ماند (Arya, 2000).

برای اندازه گیری محتوای فنل کل (TFC)، ۲ میلی لیتر کربنات سدیم (۲ درصد)، ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرو لیتر معرف فنلی Folin Ciocalteu ۵۰ درصد به ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره گیاهی اضافه شد. پس از ۳۰ دقیقه جذب آن ها در طول موج ۷۲۰ نانومتر نسبت به شاهد ثبت شد. اسید گالیک به عنوان یک استاندارد برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد. محتوای فنل کل عصاره ها در هر میلی گرم (معادل اسید گالیک در هر گرم وزن خشک گیاه) گزارش شد (Meda et al., 2005).

ظرفیت آنتی اکسیدانی کل بر اساس روش DPPH ، غلظت های مختلف عصاره (نسبت جرمی نهایی عصاره با ۱: ۰/۷۵، ۱: ۱/۵ و ۱: ۳) با ۲ میلی لیتر محلول متانولی DPPH (۰/۰۰۴ درصد) مخلوط شد. محلول شاهد حاوی ۲ میلی لیتر DPPH و ۲ میلی لیتر متانول بود. محلول ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی در دمای اتاق نگهداری شدند. جذب نمونه ها در برابر کنترل متانول ۵۱۷ نانومتر بود. درصد رادیکال های آزاد (I) در هر عصاره با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Miliauskas et al., 2004):

رابطه (۱)

$$\% I = (A_{\text{CONTROL}} - A_{\text{SAMPLE}}) / A_{\text{CONTROL}} \times 100$$

در این رابطه (I): درصد رادیکال های آزاد، (A CONTROL) میزان جذب DPPH بدون نمونه های آزمایشی و (A SAMPLE) میزان جذب عصاره نمونه های مورد بررسی ترکیب شده با DPPH بود.

برای سنجش فلاونوئید کل به ۵۰۰ میکرو لیتر از هر عصاره ۱/۵ میلی لیتر متانول (۸۰ درصد)، ۱۰۰ میکرو لیتر محلول آلومینیوم کلراید (۱۰ درصد)، ۱۰۰

جدول ۱- تغییرات میزان صفات عملکردی تحت تأثیر کود زیستی و عصاره جلبک اسپیرولینا در میوه‌های فیسالیس

Table 1- Changes in the Yield traits under the influence of biofertilizer and Spirulina algae extract (SAE) in *Physalis peruviana* L. berries.

آزتوباکتر Azotobacter (%)	عصاره جلبک اسپیرولینا Spirulina Algae extracts (SAE) (%)	عملکرد بوته Yield (g)	وزن تر Fresh Weight (g)	وزن خشک Dry Weight (g)
0	-	258.206 <sup>b</sup>	4.162 <sup>b</sup>	0.835 <sup>b</sup>
0.5	-	279.223 <sup>a</sup>	4.441 <sup>a</sup>	0.923 <sup>a</sup>
	0	248.328 <sup>b</sup>	3.88 <sup>bc</sup>	0.791 <sup>c</sup>
	0.25	271.393 <sup>ab</sup>	4.253 <sup>b</sup>	0.888 <sup>b</sup>
	0.5	286.423 <sup>a</sup>	4.498 <sup>a</sup>	0.935 <sup>a</sup>

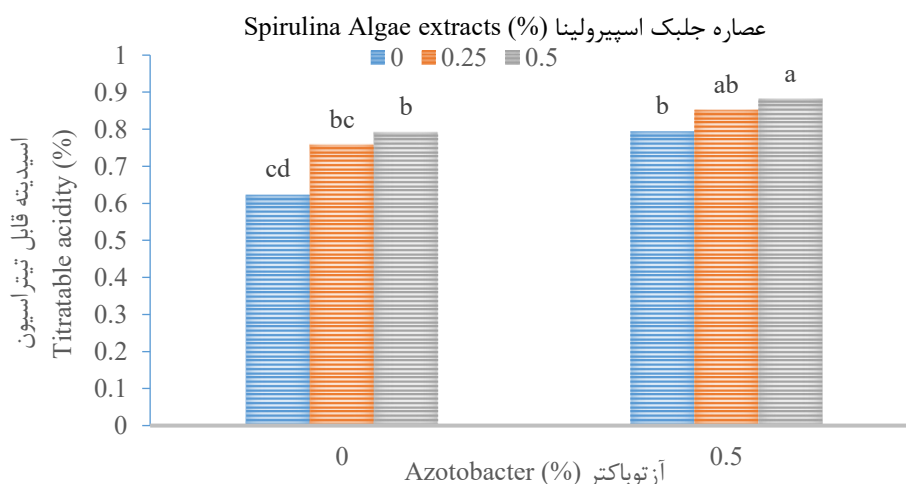
(مقایسه میانگین براساس روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد).

(Mean comparison based on Duncan's multiple-range test at 5% possibility level).

بیشترین میزان TA (شکل ۱) و TSS (شکل ۲) در میوه‌های فیسالیس محلول پاشی شده با عصاره جلبک در سطح ۰/۵ درصد همراه با کود زیستی آزتوباکتر در غلظت ۰/۵ مشاهده شد که این میزان برای TA (شکل ۱) و TSS (شکل ۲) به ترتیب ۲۹/۲۸ و ۱۴/۹۳ درصد بیشتر از میزان این دو شاخص در میوه‌های گیاهان شاهد بود.

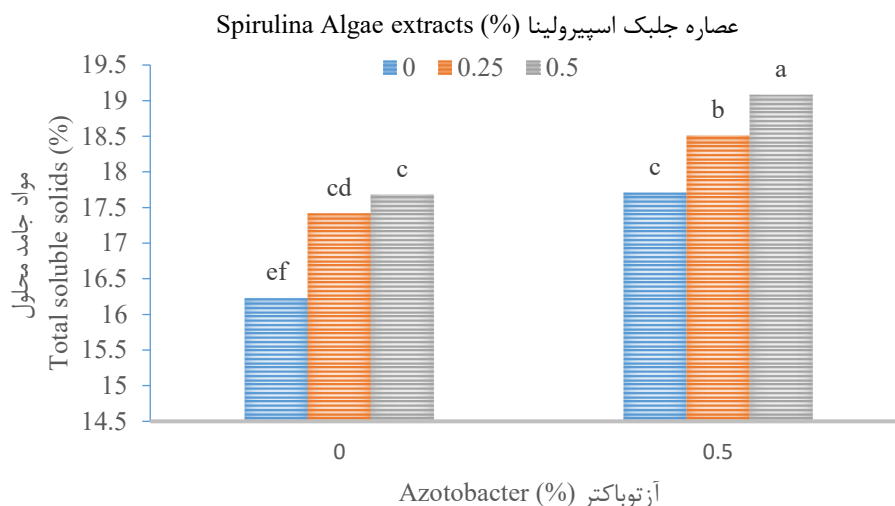
#### اسدیته قابل تیتراسیون (TA)، مواد جامد محلول (TSS) و شاخص طعم (TSS/TA)

همسو با افزایش غلظت عصاره جلبک اسپیرولینا، در حضور و عدم حضور آزتوباکتر میزان TA و TSS با افزایش همراه بود. این درحالی بود که استفاده از آزتوباکتر همراه با غلظت‌های مختلف عصاره جلبک تأثیر قابل توجهی در افزایش میزان TA و TSS داشت.



شکل ۱- تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) میوه‌های فیسالیس تحت تأثیر عصاره جلبک اسپیرولینا در زمان استفاده از کود زیستی (مقایسه میانگین براساس روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد).

Figure 1- Changes in the Titratable acidity (TA) in *Physalis peruviana* L. berries under the influence of Spirulina Algae extracts (SAE) at the time of biofertilizer application (Mean comparison based on Duncan's multiple-range test at 5% possibility level).

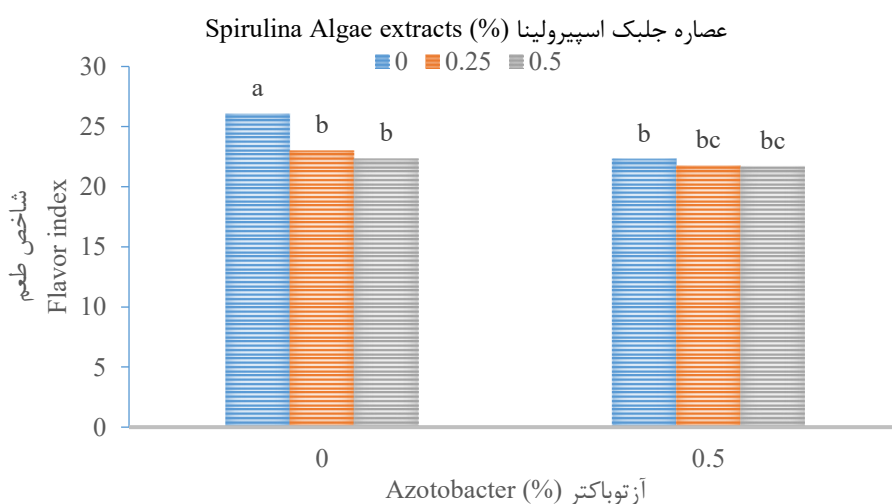


شکل ۲- تغییرات مواد جامد محلول (TSS) در میوه های فیسالیس تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در زمان استفاده از کود زیستی (مقایسه میانگین براساس روش چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد).

**Figure 2- Changes in the Total soluble solids (TSS) in *Physalis peruviana* L. berries under the influence of Spirulina Algae extracts (SAE) at the time of biofertilizer application (Mean comparison based on Duncan's multiple-range test at 5% possibility level).**

در بررسی میزان شاخص طعم یا میزان شیرینی میوه (TSS/TA) مشاهده شد که افزایش غلظت محلول- پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا و کود زیستی سبب کاهش این شاخص نسبت به نمونه های شاهد شده است. بیشترین میزان این شاخص برابر با ۲۶/۰۵۱ بود که

۱۶/۸۳ درصد میزان شاخص طعم به دست آمده از میوه های فیسالیس تیمار شده با عصاره جلبک اسپیرولینا در غلظت ۰/۵ همراه با کود زیستی در غلظت ۰/۵ درصد بود (شکل ۳).



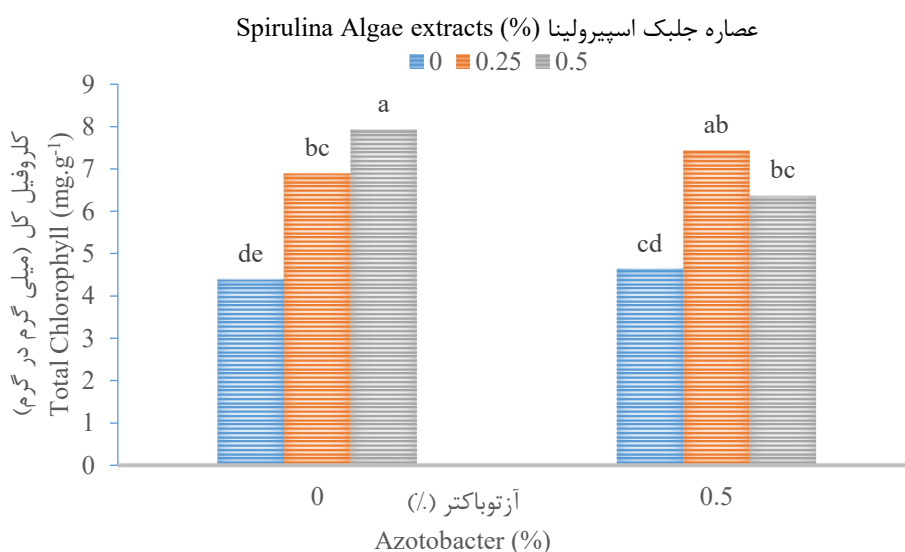
شکل ۳- تغییرات شاخص طعم (TSS /TA) در میوه های فیسالیس تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در زمان استفاده از کود زیستی. (مقایسه میانگین براساس روش چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد).

**Figure 3- Changes in the Flavor index (TSS/TA) in *Physalis peruviana* L. berries under the influence of Spirulina Algae extracts (SAE) at the time of biofertilizer application (Mean comparison based on Duncan's multiple-range test at 5% possibility level).**

## رنگیزه‌های فتوسنتزی

افزایش غلظت محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در شرایط استفاده و عدم استفاده از کود زیستی روندی افزایشی را در میزان کاروتنوئید و کلروفیل کل را به همراه داشت. این در حالی بود که تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در غلظت ۰/۵ درصد بر افزایش میزان کلروفیل در شرایط عدم استفاده از کود

زیستی بیشتر از تأثیر آن در شرایط استفاده از کود زیستی بود. بیشترین میزان کلروفیل کل در شرایط استفاده از عصاره جلبک اسپیرولینا در غلظت ۰/۵ درصد مشاهده شد که این میزان ۱۹/۷۹ درصد بیشتر از میزان کلروفیل کل به دست آمده در گیاهان محلول پاشی شده با جلبک اسپیرولینا در غلظت ۰/۵ درصد و کود زیستی در غلظت ۰/۵ بود (شکل ۴).



شکل ۴- تغییرات میزان کلروفیل کل در فیسالیس تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در زمان استفاده از کود زیستی.

**Figure 4- Changes in the Total Chlorophyll in *Physalis peruviana* L. berries under the influence of *Spirulina* algae extract (SAE) at the time of biofertilizer application. (Mean comparison based on Duncan's multiple-range test at 5% possibility level).**

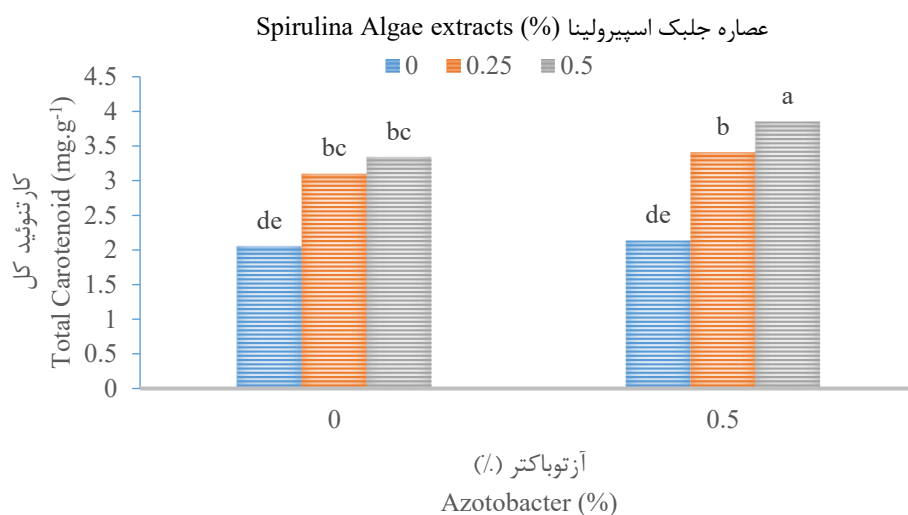
جدول ۲ نشان دهنده اثرات غلظت‌های مختلف عصاره جلبک اسپیرولینا و کود زیستی بر میزان ویتامین ث و آنتی‌اکسیدان کل در میوه‌های فیسالیس می‌باشد. نتایج نشان داد که اثرات متقابل عصاره جلبک اسپیرولینا و کود آزتوباکتر بر شاخص‌های ویتامین ث و آنتی‌اکسیدان کل تأثیر معنی‌داری نداشت. در بررسی اثرات کود زیستی بر میزان ویتامین ث و آنتی‌اکسیدان کل مشاهده شد که بیشترین میزان این دو شاخص در شرایط استفاده از کود زیستی در غلظت ۰/۵ مشاهده شد، که این میزان برای ویتامین ث ۴/۷۳ و برای آنتی‌اکسیدان کل (DPPH) ۵/۱۴ درصد بیشتر از میزان ثبت شده در میوه‌های فاقد تیمار با کود زیستی بود (جدول ۲). بررسی اثرات

در بررسی تأثیر عصاره جلبک اسپیرولینا و کود زیستی بر میزان کاروتنوئید برگ مشاهده استفاده هم زمان کود زیستی و عصاره جلبک اسپیرولینا نقش موثری در افزایش میزان کاروتنوئید برگ داشت (شکل ۵). بیشترین میزان کاروتنوئید برگ در شرایط محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در غلظت ۰/۵ درصد همراه با کود زیستی در غلظت ۰/۵ درصد به دست آمد. که این میزان ۱۳/۲۴ درصد بیشتر از میزان کاروتنوئید ثبت شده در گیاهان محلول پاشی شده با عصاره جلبک اسپیرولینا با غلظت ۰/۵ درصد در شرایط عدم استفاده از کود زیستی بود (شکل ۵).

ویتامین ث و آنتی‌اکسیدان کل (DPPH)

۵/۸۷ به دست آمد. که این میزان برای ویتامین ث ۱۰/۴۴ درصد بیشتر از میزان ثبت شده در میوه های فیسالیس فاقد تیمار با عصاره جلبک اسپیرولینا بود (جدول ۲).

محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا بر میزان ویتامین- ث و آنتی اکسیدان کل نشان دهنده تأثیر مثبت افزایش غلظت محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا بر میزان این دو شاخص می باشد. نتایج نشان می دهد که بیشترین میزان ویتامین ث و آنتی اکسیدان کل در شرایط استفاده از عصاره جلبک اسپیرولینا در غلظت



شکل ۵- تغییرات میزان کارتنوئید فیسالیس تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در زمان استفاده از کود زیستی. ( مقایسه میانگین براساس روش چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد).

Figure 5- Changes in the Total Carotenoid in *Physalis peruviana* L. berries under the influence of Spirulina algae extract (SAE ) at the time of biofertilizer application. (Mean comparison based on Duncan's multiple-range test at 5% possibility level).

جدول ۲- تغییرات ویتامین ث و آنتی اکسیدان کل (DPPH) تحت تأثیر کود زیستی و عصاره جلبک اسپیرولینا در میوه های فیسالیس. Table 2- Changes in the vitamin C and Total antioxidant (DPPH) under the influence of biofertilizer and Spirulina algae extract (SAE ) in *Physalis peruviana* L. berries.

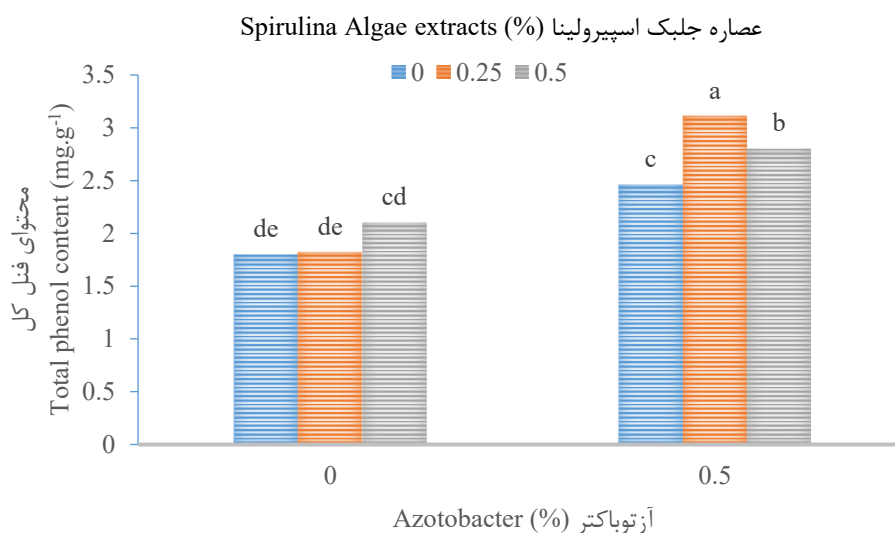
آزتوباکتر Azotobacter (%)	عصاره جلبک اسپیرولینا spirulina algae extract (SAE ) (%)	ویتامین ث Vitamin C (mg.g <sup>-1</sup> FW)	آنتی اکسیدان کل Total antioxidant (DPPH) (%)
0	-	78.396 <sup>b</sup>	58.091 <sup>b</sup>
0.5	-	82.284 <sup>a</sup>	61.241 <sup>a</sup>
	0	78.096 <sup>b</sup>	55.125 <sup>c</sup>
	0.25	82.371 <sup>a</sup>	57.325 <sup>b</sup>
	0.5	82.968 <sup>a</sup>	61.551 <sup>a</sup>

( مقایسه میانگین براساس روش چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد)  
(Mean comparison based on Duncan's multiple-range test at 5% possibility level)

## محتوای فنل کل (TPC)

میزان محتوای فنل کل (TPC) در میوه‌های فیسالیس تحت تأثیر عصاره جلبک اسپیرولینا و کود زیستی روندی افزایشی داشت. بیشترین تأثیر در افزایش میزان TPC (۳/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در میوه‌های فیسالیس تیمار شده با عصاره جلبک اسپیرولینا در

غلظت ۰/۲۵ درصد تحت شرایط استفاده از کود زیستی به‌دست آمد (شکل ۶). این میزان به ترتیب ۹/۹۶ و ۴۲/۱۲ درصد بیشتر از میزان TPC به دست آمده از میوه‌های فیسالیس تیمار شده با عصاره جلبک اسپیرولینا تحت شرایط استفاده از کود زیستی و شرایط کنترل (عدم تیمار با عصاره جلبک و کود زیستی) بود (شکل ۶).

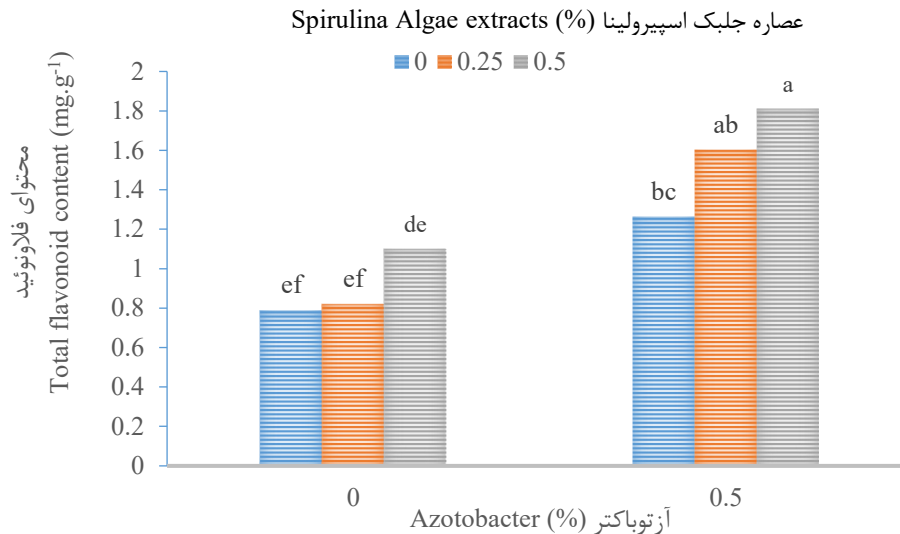


شکل ۶. تغییرات محتوای فنل کل (TPC) میوه‌های فیسالیس تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در زمان استفاده از کود زیستی. (مقایسه میانگین براساس روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد).

**Figure 6.** Changes in the Total phenol content (TPC) in *Physalis peruviana* L. berries under the influence of Spirulina algae extract (SAE) at the time of biofertilizer application (Mean comparison based on Duncan's multiple-range test at 5% possibility level).

## محتوای فلاونوئید کل (TFC)

محتوای فلاونوئید کل تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره جلبک اسپیرولینا و کود زیستی با افزایش همراه بود. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که بیشترین افزایش در میزان محتوای فلاونوئید کل (TFC) در حین استفاده از کود زیستی مشاهده شد. بیشترین میزان این شاخص (۱/۸۱۱ میلی‌گرم در گرم) در شرایط استفاده از عصاره جلبک اسپیرولینا در غلظت ۰/۵ درصد و کود زیستی آزتوباکتر در غلظت ۰/۵ درصد مشاهده شد (شکل ۷).



شکل ۷- تغییرات محتوای فلاونوئید کل (TFC) میوه های فیسالیس تحت تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک اسپیرولینا در زمان استفاده از کود زیستی. (مقایسه میانگین براساس روش چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد).

Figure 7- Changes in the Total flavonoid content (TFC) in *Physalis peruviana* L. berries under the influence of Spirulina algae extract (SAE) at the time of biofertilizer application. (Mean comparison based on Duncan's multiple-range test at 5% possibility level).

افزایش سنتز سیتوکنین ها می شود که این افزایش میزان سیتوکنین در دسترس گیاه موجب شروع گلدهی و افزایش عملکرد گیاه می شود (Kapoor *et al.*, 2021).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از عصاره جلبک اسپیرولینا همراه با کود زیستی آزتوباکتر سبب افزایش میزان TSS و TA (شکل ۲) در میوه های فیسالیس شده است همسو با نتایج فوق نشان داده شده است که افزایش غلظت عصاره جلبک موجب افزایش TSS گیاهان تحت تیمار نسبت به تیمار شاهد شد و حداکثر میزان TSS و TA در غلظت ۱ درصد عصاره جلبک به دست آمد (Paul and Yuvaraj., 2014). عصاره جلبک اسپیرولینا دارای میزان کمتری از هورمون اکسین می باشد، اما حاوی موادی مانند مانیترول، لامینارین، ژیرلین، سایتوکنین و گلوتامیک می باشد و زمانی که گیاه با عصاره این جلبک تغذیه می شود، منجر به افزایش نرخ فتوسنتز و میزان تولید قند و آمینواسیدهایی مانند استرازاها می شود (Ertani *et al.*, 2018). بیان شده است که افزایش میزان پروتئین گیاه ممکن است به علت حضور فنیل استیک اسید و یا

## بحث

نقش کودهای در تولید مواد غذایی در سرتاسر جهان در حال گسترش است، به ویژه آنهایی که از عصاره جلبک ها تهیه می شوند. محرک های زیستی ساخته شده از جلبک ها دارای خواصی هستند که موجب بهبود رشد، عملکرد و کیفیت گیاه شده و کارایی استفاده از مواد مغذی را افزایش می دهند (Torabi Giglou *et al.*, 2023; Arioli *et al.*, 2015; Shukla *et al.*, 2019; Damadi *et al.*, 2024). نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که عصاره جلبک اسپیرولینا تأثیر قابل توجهی بر افزایش پارامترهای متعدد رشدی و بیوشیمیایی گیاه دارد. این تأثیر شامل صفات عملکردی، TSS و ویتامین است که از شاخص های مهم در میوه های فیسالیس محسوب می شوند. مشاهده شده است که اثر غلظت های مختلف جلبک دریایی در مرحله قبل و بعد از گلدهی در گیاه گندم موجب وزن افزایش تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و کیفیت مواد غذایی گیاه نسبت به تیمار شاهد شد (Yao *et al.*, 2020). همچنین گزارش شده است محلول پاشی عصاره جلبک ها موجب افزایش تحرک سیتوکنین ها از ریشه به اندام های زایشی و

فتوسنتزی و مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی است (Mallikarjuna *et al.*, 2019). یک بینش مهم از مطالعه ما این است که استفاده از عصاره جلبک اسپیرولینا همراه با محرک‌های رشد طبیعی زمانی که گیاهان در حال رشد هستند در سطح اکوسیستم بروز می‌کند. ما فرض می‌کنیم که گیاهان با سیستم‌های رشد و ریشه بهبود یافته، به دلیل کاربرد عصاره جلبک و آزتوباکتر، ترشحات نسبتاً بیشتری را به خاک عرضه می‌کنند و زیست توده میکروبی را افزایش می‌دهند و در نتیجه از چرخه‌های بیوژئوشیمیایی خاک بهره می‌برند. این پیشنهاد با تحقیقاتی مطابقت دارد که نشان می‌دهد گونه‌های گیاهی با ویژگی‌های اکتسابی مواد مغذی، سیستم بازخورد کربن-نیتروژن گیاه-خاک را تنظیم می‌کنند که در رابط ریشه خاک کار می‌کند (Henneron *et al.*, 2020; Wei *et al.*, 2020) از طرفی دیگر گزارش شده است که افزایش میزان پروتئین محلول، آنتی‌اکسیدان کل و میزان متابولیت‌های ثانویه تحت تأثیر کاربرد عصاره جلبک‌ها روی گیاهان با افزایش بیان آنزیم‌های کلیدی موثر در افزایش متابولیسم نیتروژن، آنتی‌اکسیدان کل و ساخت گلیسین بتایین، همراه است (Rolfe *et al.*, 2019).

### نتیجه گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از باکتری آزتوباکتر همراه با عصاره جلبک اسپیرولینا، تأثیر چشمگیری بر رشد و خصوصیات بیوشیمیایی گیاهان فیسالیس دارد، به‌ویژه در غلظت ۰.۵ درصد عصاره. این ترکیب منجر به افزایش وزن و طول میوه، سطح ویتامین‌ث، TSS، اسیدیته‌قابل تیتراسیون و آنتی‌اکسیدان کل شد و روند فتوسنتز را بهبود بخشید. همچنین، غلظت‌های ۰.۲۵ و ۰.۵ درصد عصاره در حضور آزتوباکتر، نقش مؤثری در افزایش کلروفیل و کاروتنوئید داشتند. بنابراین، به نظر می‌رسد استفاده از این ترکیبات جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی

ترکیبات مشابه آن و همچنین به دلیل وجود برخی محرک‌های رشد در عصاره جلبک‌ها باشد (Garcia-Gonzalez *et al.*, 2016).

نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده تأثیر مثبت عصاره جلبک اسپیرولینا بر میزان کلروفیل (شکل ۴) و کارتنوئید کل (شکل ۵) در گیاهان فیسالیس می‌باشد. همسو با پژوهش حاضر نشان داده است که استفاده از عصاره جلبک‌ها، باعث افزایش غلظت کلروفیل در برگ‌های گیاه شده و سطح آنزیم آمیلاز را در اندام‌های گیاهی بالا می‌برد و از این طریق، باعث شکسته شدن قندهای غیرقابل استفاده در گیاه می‌گردد (Colla *et al.*, 2020). گزارش شده است که عصاره جلبک‌ها و کود زیستی بر خاک و گیاه تأثیر می‌گذارند زیرا که این ترکیبات طبیعی به عنوان کلات کننده، بهبود دهنده جذب عناصر غذایی توسط گیاه، بهبود دهنده ساختمان و تهویه خاک عمل می‌کنند (Kapoor *et al.*, 2021; Henneron *et al.*, 2020; Torabi Giglou *et al.*, 2020). همچنین نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که افزایش جذب هم در مورد عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد) و هم در مورد عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز و روی) دیده شده است (Wei *et al.*, 2020). تحریک غیر مستقیم رشد ریشه به دلیل افزایش جمعیت ریزجانداران ناشی از کودهای بیولوژیک خاک نیز ممکن است به وقوع بپیوندد (Goni *et al.*, 2018). که باعث افزایش میزان عملکرد در گیاه می‌شود. همچنین کاربردهای محلول پاشی عصاره جلبک میزان رشد و صفات عملکردی را در گیاهان تحت تیمار نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد (Renuka *et al.*, 2018). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که با افزایش کاربرد عصاره جلبک دریایی، افزایش تدریجی در ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها، تعداد غلاف گیاه و به دنبال آن بیشترین عملکرد گیاه مشاهده شد.

عصاره جلبک‌ها به خصوص اسپیرولینا دارای اثر مثبت زیادی هستند که شامل عملکرد بالاتر، افزایش جذب و استفاده از مواد مغذی، افزایش فعالیت

در کشاورزی پایدار باشد و بتواند عملکرد بالاتر و منابع طبیعی سالم تر را تضمین کند.

## References

- Abd El-Hadi, N. I. M., Abo El-Ala, H. K., & Abd El-Azim, W. M. (2009). Response Of Some *Mentha* Species To Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) Isolated From Soil Rhizosphere. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3 (4), 4437 - 48.
- Arioli, T., Hepworth, G., & Farnsworth, B. (2020). Effect of Seaweed Extract Application on Sugarcane Production. *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technology*, 42, 393–396.
- Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
- Arts, I.C.W., & P.C.H. Hollman. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies 1 – 4. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 317-325. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.317S>
- Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., & Wang, C. Y. (2004). Effect of storage temperature on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Lebensm-Wiss. Food Science and Technology*, 37, 687-695. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.03.002>
- Azzaz, N.A., Hassan, E.A., & Hamad, E.H. (2010). The Chemical Constituent and Vegetative and Yielding Characteristics of Fennel Plants Treated with Organic and Bio-fertilizer Instead of Mineral Fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3 (2), 579 - 87.
- Belay, A. (2008). Spirulina (Arthrospira): production and quality assurance. In M. E. Gershwin & A. Belay (Eds.), *Spirulina in human nutrition and health*. CRC Press, 1-26
- Colla, G., & Rouphael, Y., 2020. Microalgae: New Source of Plant Biostimulants. *Agronomy*, 10, 12-40. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091240>
- Damadi, A. A., Rasoli, F., Aazami, M. A., Hassanpouraghdam, M. B., Vojoudi Mehrabani, L., Ferdowsi Qebchaq, P., & PanahiTajaragh, R. (2024). Evaluation of Mycorrhiza and Seaweed Extract Application on Some Morphological and Physiological Traits and Nutrients of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Transplant. *Journal of Vegetables Sciences*, 8(16), 85-104. (In Persian) <https://doi.org/10.22034/iuvs.2023.2006338.1299>
- Ertani, A., Francioso, O., Tinti, A., Schiavon, M., Pizzeghello, D., & Nardi, S. (2018). Evaluation of seaweed extracts from Laminaria and Ascophyllum nodosum spp. as biostimulants in Zea mays L. using a combination of chemical, biochemical, and morphological approaches. *Frontiers in Plant Science*, 9, 428. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00428>
- Garcia-Gonzalez, J., & Sommerfeld, M. (2016). Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. *Journal of Applied Phycology*, 28, 1051–1061. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0625-2>
- Goldani, M., Fazeli Kakhki, S. F., & Beikzadeh, N. (2022). The Effect of Application Method and Biofertilizer Type on Some Morphophysiological, Biochemical, and Yield Components Traits of Tomato Plant (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, 5(10), 53-71. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/iuvs.2021.531030.1162>
- Faridi, T., Maleki Lajayer, H., Torabi-Giglou, M., & Heydarnajad Giglou, R. (2023). Evaluation of the effects of root medium and light quality on morphology and nutritional quality of radish microgreens. *Journal of Vegetables Sciences*, 6(12), 43-56. (In Persian) <https://doi.org/10.22034/iuvs.2022.553294.1205>

- Giglou, M. T., Giglou, R. H., Esmaeilpour, B., Azarmi, R., Padash, A., Falakian, M., & Lajayer, H. M. (2022). A new method in the mitigation of drought stress by chitosan-coated iron oxide nanoparticles and growth stimulant in peppermint. *Industrial Crops and Products*, 187, 115286. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115286>
- Goni, O., Quille, P., & O'Connell, S. (2018). Ascophyllum nodosum extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 126, 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.024>
- Gouveia, L., Batista, A. P., Raymundo, A., & Bandarra, N. (2008). Spirulina maxima and Diacronema vulcanicum microalgae in vegetable gelled desserts. *Nutrition & Food Science*, 38(5), 492-501. <https://doi.org/10.1108/00346650810907010>
- Henneron, L., Kardol, P., Wardle, D., Cros, C., & Fontaine, S. (2020). Rhizosphere control of soil nitrogen cycling: a key component of plant economic strategies. *New Phytologist*, 228, 1269–1282. <https://doi.org/10.1111/nph.16760>
- Heydarnajad Giglou, R., & Torabi Giglou, M. (2023). Effects of Calyx Coating and Storage Temperature on Antioxidant Substances of Cape Gooseberry (*Physalis Peruviana* L.). *International Journal of Horticultural Science*, 10(1), 23-32. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2022.328806.493>
- Heydarnajad Giglou, R., Torabi Giglou, M., Hatami, M., & Ghorbanpour, M. (2024). Potential of natural stimulants and spirulina algae extracts on Cape gooseberry plant: A study on functional properties and enzymatic activity. *Food Science & Nutrition*, 12(11), 9056-9068. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4342>
- Kapoor, R. V., Wood, E. E., & Llewellyn, C. A. (2021). Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. *Biotechnology Advances*, 49, 107754. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107754>
- Kumar, S., Sindhu, S. S., & Kumar, R. (2022). Biofertilizers: An eco-friendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 100094. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100094>
- Leenders, M., Boshuizen, H.C., Ferrari, P., et al. (2014). Fruit and vegetable intake and cause-specific mortality in the EPIC study. *European Journal of Epidemiology*, 29(9), 639-652. <https://doi.org/10.1007/s10654-014-9945-9>
- Lucas, B.F., de Morais, M.G., Santos, T.D. & Costa, J.A.V. (2018). Spirulina for snack enrichment: Nutritional, physical, and sensory evaluations, *LWT- Food Science Technology*. 90, 270–276. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.032>
- Mallikarjuna, M., & Jata, S. K. (2019). Effect of Foliar Application of Seaweed Saps on Growth and Yield of Late Sown Lentil. *Research Journal of Agricultural Sciences*. 10(3): 641-643.
- Martinez, M. (1998). Revision of *Physalis* section *Epeteiorhiza* (*Solanaceae*). *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 69, 71-117.
- Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O.G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid, and pralin contents in Burkina Fasan honey, as well as their scavenging activity. *Food Chemistry*, 91, 571-577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.1.006>
- Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., & Vanbeek, T.A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85, 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.05.007>
- Mita, S., Murano, N., Akaike, M., & Nakamura, K. (1997). Mutants of *Arabidopsis thaliana* with pleiotropic effects on the expression of the gene for beta-amylase and on the accumulation of anthocyanin that are inducible by sugars. *Plant Journal*, 11, 841-

851. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1997.11040841.x>
- Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as biofertilizers: a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability*, 13(4), 1868. <https://doi.org/10.3390/su13041868>
- Padash, A., Heydarnajad Giglou, R., Torabi Giglou, M., Azarmi, R., Mokhtari, A. M., Gohari, G., & Ghorbanpour, M. (2023). Comparing the toxicity of tungsten and vanadium oxide nanoparticles on *Spirulina platensis*. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(15), 45067-45076. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25461-3>
- Paul, J., Yuvaraj, P., Wilczek, R., Koothankuzhi, T., & Tamil, N. (2014). Effect of seaweed liquid fertilizer of *Colpomenia sinuosa* (Mert. ex Roth) Derbes & Solier (Brown Seaweed) on *Vigna radiata* (L.). *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 2, 177-184.
- Renuka, N., Guldhe, A., Prasanna, R., Singh, P., & Bux, F. (2018). Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology advances*, 36(4), 1255-1273. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.04.004>
- Rolfe, S., Griffiths, J., & Ton, J. (2019). Crying out for help with root exudates: adaptive mechanisms by which stressed plants assemble health-promoting soil microbiomes. *Current Opinion in Microbiology*, 49, 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2019.10.003>
- Shukla, P., Mantin, E., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A., & Prithiviraj, B. (2019). Ascophyllum nodosum-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*, 10, 655. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>
- Torabi Giglou, M., Heydarnajad Giglou, R., Azarmi, R., Salimi, G., Maleki Lajayer, H., Mokhtari, A. M., & Bagherian, M. (2023). Effects of Kitoplus<sup>®</sup> and Chitosan-coated Iron Nano-oxide on morpho-physiological properties of peppermint under drought stress. *Journal of Vegetables Sciences*, 6(12), 135-146. (In Persian) <https://doi.org/10.22034/iuvs.2022.5468961196>
- Torabi Giglou, M., Elhami, R., Heydarnajad Giglou, R., Mahdavia, H., & Ghahramanzadeh, S. (2024). Investigating the effects of GABA on the growth and quantitative and qualitative yield of fenugreek under water stress conditions. *Journal of Environmental Science Studies*, 9(2), 8503-8515. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jess.2023.416320.2127>
- Torabi Giglou, M., Heydarnajad Giglou, R., Esmaeilpour, B., & Azarmi, R. (2020). Effect of different concentrations of kitoplas growth stimulator on morphological characteristics and essential oil in Peppermint plant under low irrigation stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(3), 169-184. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24764310.1399.30.3.10.5>
- Wang, X. (2014). Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *British Medical Journal (Clinical research ed.)*, 349, 4490-4499. <https://doi.org/10.1136/bmj.g4490>
- Wei, X., Wang, X., Cao, P., Gao, Z., Chen, A., & Han, J. (2020). Microbial community changes in the rhizosphere soil of healthy and rusty *Panax ginseng* and discovery of pivotal fungal genera associated with rusty roots. *BioMed Research International*, 80, 18525. <https://doi.org/10.1155/2020/8018525>
- Yao, Y., Wang, X., Chen, B., Zhang, M., & Ma, J. (2020). Seaweed extract improved yields, leaf photosynthesis, ripening time, and net returns of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *American Chemical Society (ACS) Omega*, 5, 4242-4249. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04155>