Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

Investigating the use of LED lamps on some qualitative characteristics of strawberry (*Fragaria x ananassa* cv 'Camarosa') fruit LED lamps

Salar Saedi[1], Nasser Ghaderi[2], Behrooz Sarabi[3*], Taimoor Javadi[4]

[1]Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran, Email: salarblackbox@gmail.com

[2]Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran, Email: n.ghaderi@uok.ac.ir

[3]Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran, and Research Center of Strawberry Breeding and Improvement, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran, Email: b.sarabi@uok.ac.ir

[4]4Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran; and Research Center of Strawberry Breeding and Improvement, University of Kurdistan, Sanandaj, Kurdistan, Iran, Email: tjavadi@uok.ac.ir

Article type:
Research article

Article history
Received: 13.05.2023
Revised: 23.09.2023
Accepted: 29.09.2023
Published:20.03.2024

Keywords
Light spectrum
Nutritional properties
Quality
Soilless culture
Supplementary lighting

Abstract

Strawberry has become a popular fruit for production in controlled environments due to its high economic and nutritional value. LED lamps are an innovative tool to accurately regulate lighting conditions in the greenhouse. The aim of this study was to examine the effects of different LED lamp spectra on some qualitative characteristics of strawberry cv Camarosa fruit grown in soilless culture. Six different LED lamp spectra, including red, blue, 75% red-25% blue, 25% red-75% blue, 50% red-50% blue, and white, were employed for this purpose. The control treatment was based on the daylight condition. Fruits soluble carbohydrates, titratable acidity, pH, fruit firmness, total soluble solids, phenol, flavonoids, anthocyanins, antioxidant capacity, and vitamin C were examined. The mean comparison revealed that exposure to LED lamps in soilless conditions had a positive impact on the total soluble solids, phenol, anthocyanins, vitamin C, and soluble carbohydrate contents of the fruit at a significance level of 1%. It can be concluded that the use of LEDs can effectively be utilized to enhance the quality characteristics of the Camarosa strawberry under greenhouse conditions.

Cite this article as: Saedi, S., Ghaderi, N., Sarabi, B., Javadi, T. (2024). Investigating the use of LED lamps on some qualitative characteristics of strawberry (*Fragaria x ananassa* cv 'Camarosa') fruit LED lamps. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 19(1): 109-120.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

بررسی کاربرد لامپ‌های ال‌ای‌دی بر برخی ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی (*Fragaria x ananassa*) رقم کاماروسا

سالار صیدی[۱]، ناصر قادری[۲]، بهروز سرابی[۳]*، تیمور جوادی[۴]

[۱] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران، رایانامه: salarblackbox@gmail.com

[۲] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران، رایانامه: n.ghaderi@uok.ac.ir

[۳] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران ، و مرکز پژوهشی بەنژادی و بەزراعی توت‌فرنگی ، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران، رایانامه: b.sarabi@uok.ac.ir

[۴] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران و مرکز پژوهشی بەنژادی و بەزراعی توت‌فرنگی، دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان، ایران، رایانامه: tjavadi@uok.ac.ir

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۷
تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۱/۰۱

واژه‌های کلیدی:
خواص تغذیه‌ای
طیف نوری
کشت بدون خاک
کیفیت
نوردهی تکمیلی

چکیده

توت‌فرنگی به دلیل ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای بالا به میوه‌ای محبوب برای تولید در محیط‌های کنترل شده تبدیل شده است. لامپ‌های ال‌ای‌دی ابزاری نوآورانه برای تنظیم دقیق شرایط نوری محیط گلخانه هستند. تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر طیف‌های مختلف لامپ‌های ال‌ای‌دی بر برخی خصوصیات کیفی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا تحت کشت بدون خاک صورت گرفت. به این منظور از شش طیف مختلف لامپ‌های ال‌ای‌دی شامل قرمز، آبی، ۷۵ درصد قرمز-۲۵ درصد آبی، ۲۵ درصد قرمز-۷۵ درصد آبی، ۵۰ درصد قرمز-۵۰ درصد آبی و سفید استفاده شد. شرایط نور طبیعی به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. صفات مورد مطالعه شامل محتوای کربوهیدرات‌های محلول میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، پی‌اچ، سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول کل، محتوای فنل، فلاونوئید، آنتوسیانین، ظرفیت ضداکسایشی و ویتامین ث بودند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که نوردهی با لامپ‌های ال‌ای‌دی در شرایط کشت بدون خاک، تاثیر مثبتی در سطح احتمال یک درصد بر مواد جامد محلول، محتوای فنل، آنتوسیانین، ویتامین ث و کربوهیدرات محلول میوه داشت. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از لامپ‌های ال‌ای‌دی می‌تواند به صورت موثری در بهبود ویژگی‌های کیفی توت‌فرنگی رقم کاماروسا در محیط گلخانه استفاده شوند.

استناد: صیدی، سالار؛ قادری، ناصر؛ سرابی، بهروز؛ جوادی، تیمور. (۱۴۰۳).بررسی کاربرد لامپ‌های ال ای دی بر برخی ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی (*Fragaria x ananassa*) رقم کاماروسا. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۹(۱)، ۱۲۰-۱۰۹.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria x ananassa* Duch.) یک محصول ارزشمند از تیره رزاسه و از میوه‌هایی است که به دلیل عطر و طعم، شکل زیبا، جذابیت رنگ و ارزش غذایی بالا به ویژه از نظر محتوای ویتامین ث و مواد معدنی، طرفداران زیادی پیدا کرده است. برخی از این ترکیبات خاصیت ضد اکسایشی و ضد سرطانی دارند (Hannum, 2004). ترکیبات ضد اکسایشی که اکثر آن‌ها از نوع پلی‌فنول‌ها (فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها) هستند به‌عنوان سدی محافظ در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن[1] و کندکردن اکسیداسیون، تثبیت پراکسید هیدروژن[2] یا غیرفعال کردن رادیکال‌های اکسیژن عمل می‌کنند (Lü et al., 2010).

نور منبع اولیه انرژی مورد نیاز برای فرآیند فتوسنتز و بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی دیگر مربوط به رشد و نمو گیاه است (Bayat et al., 2018). طیف‌های نوری متفاوت و ترکیب این طیف‌ها با درصدهای مختلف، می‌تواند تاثیرات متفاوتی در ویژگی‌های مختلف گیاه بگذارد. گیاهان در حال رشد در گلخانه‌ها در ماه‌های زمستان به دلیل کاهش شدت نور، نیاز به استفاده از منابع نوری اضافی برای اطمینان از رشد بهتر و همچنین افزایش ارزش غذایی آن‌ها دارند (Wojciechowska et al., 2016). مدیریت شرایط نوری برای تولید محصولات مختلف در محیط‌های کنترل شده، یک روش مؤثر برای ارتقای کیفیت گیاه و دستیابی به بالاترین بازده استفاده از نور است (Zhang et al., 2018). اخیراً کاربرد لامپ‌های ال‌ای‌دی[3] به‌عنوان یک منبع نور قابل استفاده در گلخانه در حال گسترش چشم‌گیر است. نور لامپ‌های ال‌ای‌دی به دلیل کارایی بالای تابش فعال فتوسنتزی (PAR[4])، امکان تنظیم طیف نور مورد نیاز گونه‌های مختلف گیاهی و مصرف کم انرژی می‌تواند امکان رشد، نمو و کیفیت مناسب گیاهان کشت‌شده در گلخانه را فراهم کند (Stutte, 2015). نور قرمز و نور آبی که توسط رنگدانه‌های فتوسنتزی جذب می‌شوند، نسبت به سایر طول‌موج‌ها تاثیر بیشتری بر رشد گیاه دارند. در این راستا، ترکیب چندین طیف لامپ ال‌ای‌دی با طول‌موج‌های مختلف، تولید انواع مختلفی از کیفیت نور را امکان‌پذیر می‌کند (Singh et al., 2015).

تحقیقات مختلفی در زمینه بررسی تاثیر طیف‌های گوناگون لامپ‌های ال‌ای‌دی بر ویژگی‌های کیفی توت‌فرنگی صورت گرفته است. به عنوان مثال، Chong و همکاران (2022) با استفاده از طول موج ۴۰۵ نانومتر لامپ‌های ال‌ای دی، کاهش کیفیت میوه توت‌فرنگی را طی دوره پس از برداشت و حمل و نقل، به حداقل ممکن رساندند. Lauria و همکاران (2023) نیز با استفاده از نور تکمیلی لامپ‌های ال-ای‌دی قرمز بهبود تولید، کیفیت و افزایش تحمل در برابر قارچ بوتریتیس[5] را در توت‌فرنگی مشاهده کردند. Hanenberg و همکاران (2015) هم از طریق نوردهی تکمیلی لامپ‌های ال‌ای‌دی، افزایش معنی‌دار طعم، اسیدیته قابل تیتراسیون و محتوای ویتامین ث رقم‌های السانتا و سوناتا را در توت‌فرنگی مشاهده کردند. Norouzi و همکاران (2017) هم بیان کردند که افزایش طول روز با استفاده از لامپ‌های ال‌ای‌دی قرمز سبب بهبود کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم کوئین‌الیزا شده است. تاثیر طیف‌های مختلف لامپ-های ال‌ای‌دی بر رشد و ویژگی‌های کیفی محصولات دیگر هم مطالعه شده است. Sarabi و همکاران (2022) با استفاده از ترکیبات گوناگون لامپ‌های

1. Reactive oxygen species (ROS)
2. Hydrogen peroxide
3. Light-emitting diode (LED)
4. Photosynthetically active radiation
5. *Botrytis cinerea*

ال‌ای‌دی قرمز-آبی و همچنین سفید، بهبود اغلب صفات رشدی، فیزیولوژیک و کیفی گیاهان منداب را گزارش کردند. با توجه به گفتار فوق، مطالعه فعلی به منظور ارزیابی تاثیر طیف‌های مختلف لامپ‌های ال‌ای‌دی به صورت نوردهی تکمیلی در قالب طیف-های خالص (قرمز، آبی)، ترکیب طیف‌های قرمز و آبی در دامنه ۲۵-۷۵ درصد و همچنین طیف سفید بر برخی ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا تحت کشت بدون خاک در گلخانه طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

کشت در پاییز - زمستان ۱۳۹۹ و بهار ۱۴۰۰ در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه کردستان انجام شد. برای اجرای آزمایش گیاهان دختری توت‌فرنگی در گلدان‌های ۵ لیتری حاوی ۵۰ درصد حجمی کوکوپیت و ۵۰ درصد پرلایت کشت شدند. تغذیه گیاهان با استفاده از نصف غلظت محلول غذایی هوگلند انجام شد. برای تأمین نور تیمارها از لامپ‌های پنج وات ال‌ای‌دی (Opple Lghting Co., Ltd., China) به صورت طیف‌های مختلف آبی، قرمز و سفید در شش تیمار و سه تکرار (هر تکرار شامل پنج واحد آزمایشی) استفاده شد. گیاهان رشد یافته تحت نور طبیعی گلخانه به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. تیمارها شامل نور طبیعی، نور سفید، ۱۰۰ درصد آبی، ۱۰۰ درصد قرمز، ۷۵ درصد قرمز و ۲۵ درصد آبی، ۵۰ درصد قرمز و ۵۰ درصد آبی، ۲۵ درصد قرمز و ۷۵ درصد آبی بودند. آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. لامپ‌های ال‌ای‌دی به صورت نور تکمیلی و از ساعت ۷ صبح الی ۷ بعد از ظهر به صورت اتوماتیک روشن می‌شدند. برداشت تدریجی میوه‌ها بعد از رسیدن آنها انجام شد و برخی صفات کیفی مورد بررسی قرار گرفت.

کربوهیدرات‌های محلول میوه: برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول میوه از روش Irigoyen و همکاران (1992) استفاده شد. بدین صورت که ۰/۱ گرم از بافت میوه توزین شده و در هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد سائیده و سپس عصاره رویی را در فالکون ریخته و ته مانده میوه دوباره با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد ساییده شد. محلول حاصل با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی نگهداری شده در یخچال را توسط میکروپیپت برداشته و در لوله آزمایش ریخته و ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده به آن افزوده گردید. لوله‌های آزمایش به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شدند تا ماده رنگی حاصل شود. بعد از خنک شدن نمونه‌ها میزان جذب آن‌ها در طول موج ٦٢٥ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. در پایان، مقدار کربوهیدرات محلول با استفاده از استاندارد تهیه شده از غلظت‌های مشخص گلوکز به صورت میلی‌گرم بر گرم وزن تر تعیین شد.

مواد جامد محلول، اسیدیته، پی‌اچ و سفتی بافت میوه: میزان مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (Atago, Japan) تعیین و به صورت درجه بریکس بیان شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون، سه میلی‌لیتر از آبمیوه با آب مقطر به حجم ۳۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس تا رسیدن pH به ۸/۱ با هیدروکسید سدیم یک دهم نرمال عمل تیتراسیون انجام و مقدار عددی آن برحسب درصد اسید غالب توت‌فرنگی (اسید سیتریک) بیان گردید (Rohani et al., 2020). میزان پی‌اچ آب میوه با استفاده از دستگاه پی‌اچ متر اندازه‌گیری شد. برای سنجش سفتی بافت میوه از دستگاه فشارسنج (Santam, STM, Iran)

استفاده و نتایج برحسب نیوتن بیان گردید (Panahi et al., 2016).

محتوای فنل، فلاونوئید، آنتوسیانین، ویتامین ث و فعالیت ضداکسایشی: ابتدا نیم گرم گوشت میوه با نیتروژن مایع در داخل هاون آسیاب شد و سپس در ۱/۵ میلی‌لیتر متانول اسیدی یک درصد سرد همگن گردید. عصاره حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. از مایع روشناور بدست آمده از سانتریفیوژ برای اندازه‌گیری غلظت فنل، فلاونوئید و ظرفیت ضداکسایشی استفاده گردید. بر این اساس، جهت سنجش غلظت فنل کل، ٤۰ میکرولیتر از روشناور را با ۵۰ میکرولیتر فولین -سیکالتیو و ۷۹۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط کرده و پس از ۳ دقیقه، ۱۵۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به آن اضافه گردید. محلول حاصل به مدت دو ساعت در محفظه تاریک در دمای اتاق نگه‌داری گردیده و جذب نوری آن توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۷٦۵ نانومتر قرائت گردید. بر اساس منحنی استاندارد اسید گالیک، مجموع فنل به صورت میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه بیان گردید (Bae and Suh, 2007).

سنجش محتوای فلاونوئید بر اساس روش رنگ-سنجی با استفاده از کلرید آلومینیوم و منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مشخص کوئرستین صورت گرفت (Park et al., 2008). بدین‌ترتیب ۲۷۵ میکرولیتر از عصاره میوه را با ۸۲۵ میکرولیتر آب مقطر به حجم ۱/۱ میلی‌لیتر رسانیده و سپس ۳۰۰ میکرولیتر نیتریت سدیم ۵ درصد به محلول اضافه شد. پس از سپری شدن مدت زمان ۵ دقیقه ٦۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد به محلول اضافه شد و بعد از ٦ دقیقه ۲ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم (سود) ۱ مولار به همراه یک میلی‌لیتر آب مقطر به محلول اضافه گردید و شدت جذب محلول در طول‌موج ۵۱۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر قرائت گردید.

غلظت آنتوسیانین کل با استفاده از روش Wrolstad (1993) اندازه‌گیری شد. بدین منظور یک گرم از مخلوط چند میوه در هاون چینی کاملاً کوبیده و له گردید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر از مخلوط اسیدکلریدریک-متانول با نسبت ۹۹ و ۱ به میوه‌های له شده اضافه شد و مخلوط حاصل را در لوله‌های آزمایش ریخته و به مدت ده دقیقه در صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ انجام شد. مایع رویی را برداشته و مقدار ۱ میلی‌لیتر از آن توسط ۱۰ میلی‌لیتر بافر با پی اچ ۱ (محلول ۰/۲۵ مول در لیتر کلرید پتاسیم و اسیدکلریدریک) و ۱ میلی‌لیتر دیگر از آن نیز توسط ۱۰ میلی‌لیتر بافر با پی‌اچ ٤/۵ (محلول ۰/٤ مول در لیتر استات سدیم و اسید استیک) رقیق گردید. سپس جذب نوری هر نمونه رقیق شده در دو پی‌اچ ۱ و ٤/۵ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول‌موج ۷۰۰ و ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. در نهایت غلظت آنتوسیانین به‌صورت میلی‌گرم پلارگونیدین تریگلیکوزید در صد گرم وزن تازه میوه بر اساس فرمول مربوطه بیان گردید.

برای اندازه‌گیری محتوای ویتامین ث از روش تیتراسیون با محلول ۲ و ٦ دی کلروفنل ایندوفنل استفاده شد. بدین منظور به پنج میلی‌لیتر از آبمیوه، پنج میلی‌لیتر محلول تری کلرواستیک اسید ۵ درصد اضافه شد. سپس با محلول ۲ و ٦ دی کلروفنل ایندوفنل تا ظهور رنگ صورتی تیتراسیون انجام شد. برای انجام آزمون استاندارد، محلول ۰/۱ درصد اسید آسکوربیک استفاده و میزان ایندوفنل مصرفی برای آن تعیین گردید (Cunniff and Chemists, 1997). فعالیت ضد اکسایشی کل با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی به کمک ۲،۲-

دی فنیل- ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس، ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره به یک سی‌سی محلول ۶×۱۰^{-۵} مولار ۲،۲- دی فنیل- ۱-پیکریل هیدرازیل اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه در محفظه تاریک در دمای اتاق نگه‌داری گردید. برای محلول شاهد، ۲۰۰ میکرولیتر متانول ۸۵ درصد با یک سی‌سی محلول ۲،۲- دی فنیل- ۱- پیکریل هیدرازیل استفاده شد. در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر خوانده شد و میزان خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد به صورت درصد گزارش گردید (Larrauri et al., 1998).

بعد از جمع‌آوری داده‌های مورد نظر، تجزیه آماری در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد جهت مقایسه میانگین‌ها صورت گرفت. همچنین جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده گردید.

نتایج

تاثیر تیمارهای نوری بر مواد جامد محلول، اسیدیته،

پی‌اچ و سفتی بافت میوه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مواد جامد محلول در سطح احتمال یک درصد تحت تیمارهای نوری قرار گرفته است، ولی تاثیر معنی‌داری بر اسیدیته، پی‌اچ و سفتی بافت میوه مشاهده نگردید (جدول ۱). بیشترین مواد جامد محلول همراه با کاربرد طیف‌های نوری ۲۵٪ آبی - ۷۵٪ قرمز و ۵۰٪ آبی - ۵۰٪ قرمز (۶/۵۶-۵/۷۴ درجه بریکس) ثبت گردید. میزان اسیدیته عصاره میوه در طیف نوری ۱۰۰ درصد قرمز بیشتر از سایر تیمارها و در طیف نوری ۷۵٪ آبی - ۲۵٪ قرمز کمتر از تیمارهای دیگر بود (بدون اختلاف معنی‌دار بین طیف‌های نوری مختلف). همچنین میزان پی‌اچ آب میوه توت‌فرنگی تحت طیف‌های مختلف نوری، در دامنه ۳/۹۳-۳/۳۵ بدست آمد. به علاوه سفتی میوه‌های توت فرنگی با وجودی که اختلاف معنی-داری تحت طیف‌های مختلف نوری نداشتند در دامنه ۲/۳۲ نیوتن (تیمار ۱۰۰ درصد نور قرمز) و ۲ نیوتن (تیمار نور سفید) بدست آمد.

جدول ۱: تاثیر تیمارهای نوری بر مواد جامد محلول، اسیدیته، پی‌اچ و سفتی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا

تیمارهای نوری	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	اسیدیته (درصد اسید سیتریک)	پی‌اچ	سفتی (نیوتن)
شاهد	c٤/١٨	a۰/۳۹۸	a۳/۷۸	a۲/۰۱
۵۰٪ آبی - ۵۰٪ قرمز	ab۵/۷٤	a۰/۳۷۷	ab۳/۵٦	a۲/۰۷
۷۵٪ آبی- ۲۵٪ قرمز	bc۵/۰۳	a۰/۳٤۱	ab۳/٦۲	a۲/۲٤
۲۵٪ آبی - ۷۵٪ قرمز	a٦/۵٦	a۰/٤۵۵	ab۳/۷۱	a۲/۱۱
۱۰۰ درصد آبی	c٤/۲۹	a۰/٤۱۹	b۳/۳۵	a۲/۱٤
۱۰۰ درصد قرمز	bc۵/۲۵	a۰/٤۷٦	a۳/۹۳	a۲/۳۲
سفید	bc٤/۷۹	a۰/۳۹۱	ab۳/٦۷	a۲
سطح معنی‌داری	**	ns	ns	ns

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

تاثیر تیمارهای نوری بر محتوای فنل، فلاونوئید، آنتوسیانین، فعالیت ضداکسایشی، ویتامین ث و

کربوهیدرات میوه: نتایج تجزیه واریانس اثرات تیمارهای نوری نشان داد که کاربرد لامپ‌های ال‌ای

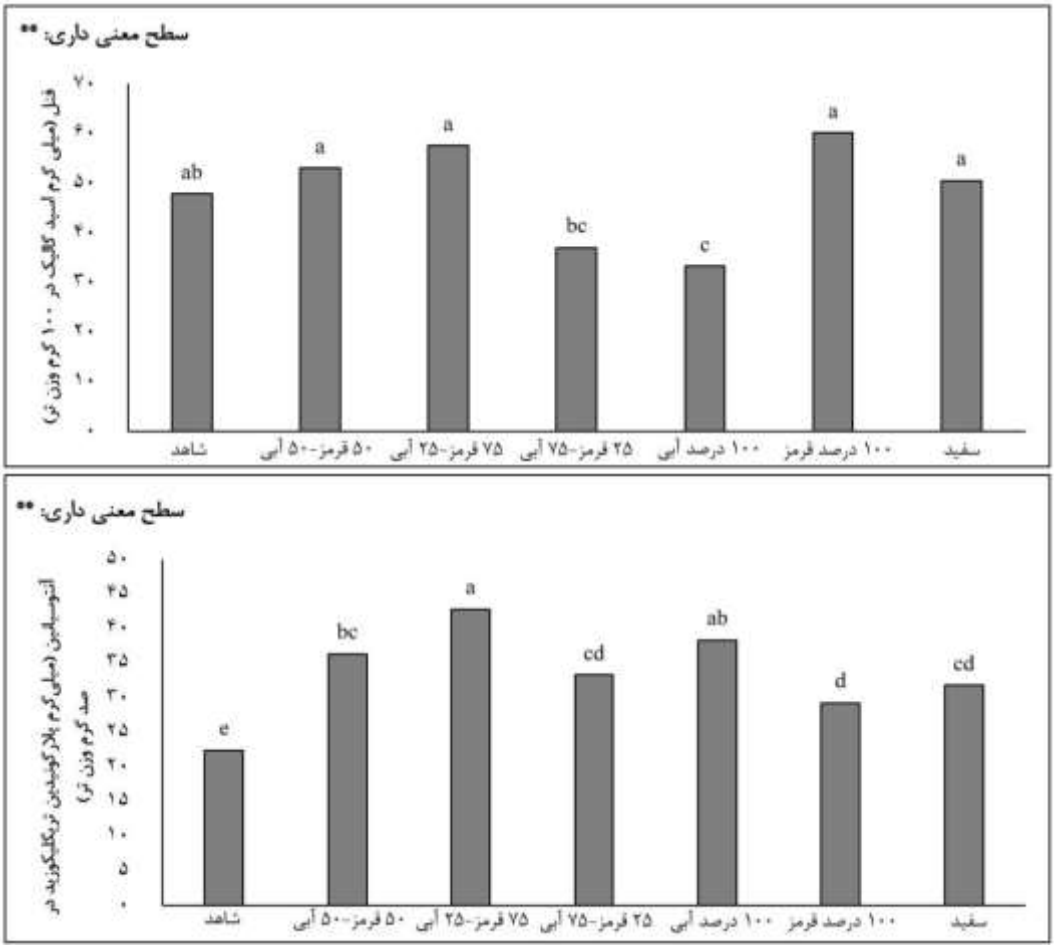
دی اثر معنی‌داری بر محتوای فنل و آنتوسیانین در سطح یک درصد داشته است (شکل ۱)، اما این تیمارها تاثیر معنی‌داری بر محتوای فلاونوئید و فعالیت ضد اکسایشی میوه توت‌فرنگی نشان ندادند (جدول ۲). با این حال، اثر معنی‌دار استفاده از تیمارهای نوری بر محتوای ویتامین ث و کربوهیدرات محلول میوه‌های مورد مطالعه در سطح یک درصد ثبت گردید (جدول ۲).

نمودار مقایسه میانگین اثرات تیمارهای نوری بر محتوای فنل میوه نشان داد که بیشترین محتوای فنل به ترتیب در طیف‌های نوری ۱۰۰ درصد قرمز، ۷۵٪ قرمز-۲۵٪ آبی، ۵۰٪ قرمز-۵۰٪ آبی و سفید (در دامنه ۶۰/۱-۵۰/۵۳ میلی‌گرم اسید گالیک در صد گرم وزن تر مشاهده گردید (شکل ۱). همچنین کمترین محتوای فنل (۳۳/۲٤ میلی‌گرم اسید گالیک در صد گرم وزن تر) تحت طیف نوری ۱۰۰ درصد آبی ثبت شد. طبق نتایج، کمترین میزان آنتوسیانین در شاهد و برابر با ۲۲/٤٦ میلی‌گرم پلارگونیدین تریگلیکوزید در صد گرم وزن تر میوه بود که به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارهای نوری بود. بیشترین مقدار آنتوسیانین (٤۲/۸٦ میلی‌گرم پلارگونیدین تریگلیکوزید در صد گرم وزن تر میوه) هم تحت طیف نوری ۷۵٪ قرمز - ۲۵٪ آبی مشاهده شد که به صورت معنی‌دار از سایر تیمارها بیشتر بود (شکل ۱). بیشترین محتوای فلاونوئید (در دامنه ۶۳/۶۳-۴۵/۰۹ میلی‌گرم در صد گرم وزن تر) به ترتیب در گیاهان پرورش یافته تحت طیف‌های نوری ۱۰۰ درصد آبی، ۲۵٪ آبی - ۷۵٪ قرمز، شاهد، ۱۰۰ درصد قرمز و ۵۰٪ آبی - ۵۰٪ قرمز بدست آمد که اختلاف معنی‌دار با هم نداشتند (جدول ۲). میزان فعالیت ضد اکسایشی در طیف‌های مختلف نوری در دامنه ۸۳/۳۸-۷۹/۰۲ درصد بود که فاقد اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین محتوای ویتامین ث هم به ترتیب تحت طیف‌های نوری ۵۰٪ آبی - ۵۰٪ قرمز، ۲۵٪ آبی - ۷۵٪ قرمز و ۱۰۰ درصد آبی (در دامنه ۱۰۳/۳۳-۹۵/۵۵ میلی‌گرم در صد گرم وزن تر میوه) مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با هم نداشتند (جدول ۲). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثرات طیف‌های نوری بر محتوای کربوهیدرات میوه نشان داد که بیشترین کربوهیدرات میوه با کاربرد طیف ۲۵٪ آبی - ۷۵٪ قرمز به میزان ۵۰/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که با سایر تیمارهای مورد مطالعه تفاوت آماری معنی-داری داشت (جدول ۲).

جدول ۲: تاثیر تیمارهای نوری بر محتوای فلاونوئید، فعالیت ضد اکسایشی، ویتامین ث و کربوهیدرات محلول میوه توت-فرنگی رقم کاماروسا

تیمارهای نوری	فلاونوئید (میلی‌گرم در صد گرم وزن تر)	فعالیت ضد اکسایشی (درصد)	ویتامین ث (میلی‌گرم در صد گرم وزن تر)	کربوهیدرات محلول میوه (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
شاهد	۵۱/۳۹ab	۷۹/۰۲a	۷۵/٦۷c	۳۱/۰۷d
۵۰٪ آبی - ۵۰٪ قرمز	٤۵/۰۹ab	۸۳/۳۸a	۱۰۳/۳۳a	٤۱/۹۹b
۷۵٪ آبی- ۲۵٪ قرمز	۳٦/۸٦b	۸۰/۷۸a	۸۸/٦٦bc	۳٦/۳۲c
۲۵٪ آبی - ۷۵٪ قرمز	٥٦/۳ab	۸۱/٤۷a	۹۷/۹۲ab	۵۰/۳۹a
۱۰۰٪ آبی	٦۳/٦۳a	۸۱/۸۱a	۹۵/۵۵ab	۳٤/۹۵c
۱۰۰٪ قرمز	۵۱/۰۳ab	۸۱/٤۲a	۸۵/۰۵bc	۳۲/٦۹cd
۱۰۰٪ سفید	۳٦/۷۹b	۸۲/٦٤a	۸۸/۰۵bc	۳٤/۰۸cd
سطح معنی‌داری	ns	ns	**	**

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۱: تاثیر طیف‌های مختلف لامپ‌های ال‌ای‌دی بر محتوای فنل و آنتوسیانین میوه توت‌فرنگی رقم کاماروزا.

بحث

نتایج بدست آمده تاثیر معنی‌دار طیف‌های نوری را بر مواد جامد محلول، محتوای فنل، آنتوسیانین، ویتامین ث و کربوهیدرات محلول میوه نشان داد. در تحقیقات مشابهی تاثیر طیف‌های نوری بر برخی صفات کیفی میوه رقم‌های مختلف توت‌فرنگی بررسی شده است. به عنوان مثال، Hidaka و همکاران (2014) هم بهبود محتوای قندهای محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و سفتی بافت میوه توت‌فرنگی رقم Fukuoka S6 را با کاربرد لامپ‌های ال‌ای‌دی به صورت نور تکمیلی مشاهده کردند. این نویسندگان افزایش محتوای قندهای محلول را که در ارتباط با شیرینی میوه است را ناشی از تجمع بیشتر کربوهیدرات‌های حاصل از فتوسنتز تحت لامپ‌های ال‌ای‌دی بیان کردند. Hanenberg و همکاران (2015) هم افزایش اسیدیته دو رقم توت‌فرنگی السانتا و سوناتا را تحت تأثیر تیمارهای نوری ال‌ای‌دی گزارش کردند. همچنین Liu و همکاران (2014) گزارش کردند که گیاهان *Platycodon grandiflorum* با کاربرد لامپ ال‌ای‌دی قرمز تک‌رنگ دارای بالاترین میزان مواد جامد محلول بودند که این افزایش به دلیل تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی تحت این طیف نوری بوده است. با این وجود، Lauria و همکاران (2023) کاهش قندهای محلول و اسیدهای آلی توت‌فرنگی رقم السانتا تحت کاربرد لامپ‌های ال‌ای‌دی قرمز را را مشاهده و این کاهش را ناشی از افزایش گلیکولیز و چرخه تری کربوکسیلیک اسید (کربس) بیان کردند.

نور فاکتور مهمی است که اثر قابل توجهی بر رشد، تولید محصول و تشکیل متابولیت‌های اولیه و ثانویه در گیاهان می‌گذارد (Adamipour et al., 2017). مشخص شده است که نور به عنوان یکی از فاکتورهای محیطی مؤثر در سنتز ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و آنتوسیانین است. ترکیبات فنلی گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه موجود در بیشتر گیاهان می‌باشند که در ساختار شیمیایی و عملکرد با هم تفاوت دارند. میزان این ترکیبات وابسته به شرایط محیطی دستخوش تغییر می‌شود (Ghorbanli et al., 2014). طبق مطالعات انجام گرفته این آنتی اکسیدان‌های طبیعی می‌توانند بدن را در برابر آسیب اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد محافظت نمایند (Tehranifar et al., 2014). بیان ژن‌های کدکننده آنزیم‌های درگیر در سنتز این ترکیبات تحت تأثیر نور قرار می‌گیرند (Zhou and Singh, 2004) در این راستا اثر کیفیت نور بر میزان تولید ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و آنتوسیانین در مطالعات Choi و همکاران (2015) نیز تأیید شده است. Lauria و همکاران (2023) هم افزایش محتوای ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و آنتوسیانین را در توت‌فرنگی همراه با کاربرد لامپ‌های الای‌دی سبز مشاهده کردند. Kim و همکاران (2011) نیز افزایش محتوای آنتوسیانین میوه توت‌فرنگی را با کاربرد لامپ‌های الای‌دی قرمز، آبی و سبز و همچنین افزایش میزان اسید آسکوربیک و ترکیبات فنلی را با استفاده از طیف آبی گزارش کردند. همچنین Wu و همکاران (2012) بیان کردند که تغییر در میزان فتوسنتز، کربوهیدرات‌ها و آنتوسیانین‌ها تحت تأثیر کمیت و کیفیت نور دریافتی توسط گیاه قرار می‌گیرد. Hanenberg و همکاران (2015) هم افزایش محتوای ویتامین ث دو رقم توت‌فرنگی السانتا و سوناتا را تحت تأثیر تیمارهای نوردهی گزارش کردند. Xu و همکاران (2014) نیز افزایش فعالیت ضد اکسایشی، فنل کل، اسید آسکوربیک، محتوای قند کل و اسیدیته میوه‌های توت‌فرنگی را با کاربرد لامپ‌های الای‌دی آبی گزارش کردند. ایشان بیان نمودند که طیف آبی می‌تواند از طریق افزایش فعالیت ضداکسایشی عصاره میوه باعث بهبود خواص تغذیه‌ای میوه توت‌فرنگی گردد. در مطالعه Li و همکاران (2012) نیز تیمار نور آبی باعث افزایش محتوای ویتامین ث در کلم چینی شد. افزایش این ترکیبات میتواند به دلیل تاثیر مثبت طیف‌های نوری مورد استفاده بر افزایش فعالیت و بیان ژن‌های کدکننده آنزیم‌های مسیر سنتز این ترکیبات از جمله فنل‌ها و فلاونوئیدها باشد. در این زمینه Kokalj و همکاران (2019) افزایش بیشتر فعالیت فنیل آلانین آمونیالیاز به عنوان آنزیم کلیدی در مسیر بیوسنتزی ترکیبات فنلی، فلاونول و آنتوسیانین در ارقام سیب را گزارش کردند. بر خلاف بسیاری از منابع ذکر شده، در آزمایش فعلی تاثیر طیف‌های مختلف نوری بر اسیدیته، پی‌اچ، سفتی، محتوای فلاونوئید و فعالیت ضداکسایشی میوه‌های توت‌فرنگی معنی‌دار نشده بود. این نتایج متناقض می‌تواند ناشی از شدت‌های نوری مختلف به کار رفته، طیف‌های نوری مختلف، مدت زمان اعمال نورهای تکمیلی، فصل کشت و همچنین رقم مورد استفاده در آزمایش‌های گوناگون باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که طیف ۲۵٪آبی-۷۵٪ قرمز در بهبود محتوای مواد جامد محلول، کربوهیدرات و آنتوسیانین از سایر تیمارها موثرتر بود. همچنین طیف ۵۰٪ آبی-۵۰٪ قرمز در افزایش ظرفیت ضداکسایشی و محتوای ویتامین ث شرایط بهتری ایجاد نمود. به علاوه طیف نوری ۱۰۰ درصد قرمز در بهبود محتوای فنل، سفتی و اسیدیته

بیشتر از از سایر تیمارها نقش داشت. بنابراین احتمالا بتوان نتیجه گرفت که استفاده از نوردهی تکمیلی با کاربرد این طیف‌ها می‌تواند به منظور بهبود صفات کیفی در توت‌فرنگی رقم کاماروسا در مقایسه با سایر طیف‌های مورد مطالعه مورد استفاده قرار گیرند. در این راستا پیشنهاد می‌گردد که آزمایش‌های مشابهی در سطح مولکولی و به منظور بررسی بیان ژن‌های دخیل در تولید متابولیت‌های ثانویه تحت طیف‌های مختلف لامپ‌های ال‌ای‌دی و همچنین شدت‌ها و دوره‌های زمانی مختلف نوری با هدف بهبود عملکرد، ویژگی‌های رشدی، تغذیه‌ای، فیزیولوژیک و همچنین به منظور درک بهتر از تاثیر طیف‌های مختلف این لامپ‌ها در ارقام دیگر توت‌فرنگی صورت گیرد. به علاوه مطالعات آینده می‌تواند در زمینه ارزیابی اثر این طیف‌های نوری بر بازارپسندی (عطر، طعم، شکل و رنگ)، ماندگاری پس از برداشت و همچنین کنترل آفات و بیماری‌های مربوط به این محصول در حین تولید و پس از برداشت باشد.

References

Adamipour, N., Salehi, H. and Khosh-Khui, M. (2017). Evaluation of the effect of day length on morphological and physiological indices of Bermudagrass (*Cynodon dactylon* [L.] Pers.) and Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) Turfgrasses in field conditions. Journal of Plant Environmental Physiology, 12(46): 57–66. 20.1001.1.76712423.1396.12.46.5.5

Bae, S.H. and Suh, H.J. (2007). Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. LWT-Food Science and Technology, 40(6): 955–962. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.06.007

Bayat, L., Arab, M., Aliniaeifard, S., Seif, M., Lastochkina, O. and Li, T. (2018). Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants. AoB Plants, 10(5): ply052. 10.1093/aobpla/ply052

Choi, H.G., Moon, B.Y. and Kang, N.J. (2015). Effects of LED light on the production of strawberry during cultivation in a plastic greenhouse and in a growth chamber. Scientia Horticulturae, 189: 22–31. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.022

Chong, L., Ghate, V., Zhou, W. and Yuk, H.G. (2022). Developing an LED preservation technology to minimize strawberry quality deterioration during distribution. Food Chemistry, 366: 30566. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130566

Cunniff, P. and Chemists, A. (1997). Official Methods of Analysis of AOAC International. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. https://doi.org/10.1093/jaoac/80.6.127A

Ghorbanli, M., Rostami Abusaedi, M. and Bakhshi Khaniki, G. (2014). Investigating the effect of Naphthaleneacetic acid (NAA) and Abscisic acid (ABA) on the quality and quantity of strawberry fruit of (*Fragaria ananassa* cv. Selva) and (*Fragaria ananassa* cv. Paros) cultivars. Journal of Plant Environmental Physiology, 9: 30–39. 20.1001.1.76712423.1393.9.0.4.1

Hanenberg, M.A.A., Janse, J. and Verkerke, W. (2015). LED light to improve strawberry flavour, quality and production. International Symposium on Innovation in Integrated and Organic Horticulture (INNOHORT), 1137: 207–212. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1137.29

Hannum, S.M. (2004). Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44(1): 1–17. 10.1080/10408690490263756

Hidaka, K., Okamoto, A., Araki, T., Miyoshi, Y., Dan, K., Imamura, H., Kitano, M., Sameshima, K. and Okimura, M. (2014). Effect of photoperiod of supplemental lighting with light-emitting diodes on growth and yield of strawberry. Environmental Control in Biology, 52(2): 63–71. 10.2525/ecb.52.63

Irigoyen, J.J., Einerich, D.W. and Sánchez-Díaz, M. (1992). Water stress induced changes in

concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum, 84(1): 55–60. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x

Kim, B.S., Lee, H.O., Kim, J.Y., Kwon, K.H., Cha, H.S. and Kim, J.H. (2011). An effect of light emitting diode (LED) irradiation treatment on the amplification of functional components of immature strawberry. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 52(1):35–39. https://doi.org/10.1007/s13580-011-0189-2

Kokalj, D., Zlatić, E., Cigić, B., Kobav, M.B. and Vidrih, R. (2019). Postharvest flavonol and anthocyanin accumulation in three apple cultivars in response to blue-light-emitting diode light. Scientia Horticulturae, 257:108711. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108711

Larrauri, J.A., Sánchez-Moreno, C. and Saura-Calixto, F. (1998). Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(7): 2694–2697. https://doi.org/10.1021/jf980017p

Lauria, G., Piccolo, E.L., Ceccanti, C., Guidi, L., Bernardi, R., Araniti, F., Cotrozzi, L., Pellegrini, E., Moriconi, M., Giordani, T., Pugliesi, C., Nali, C., di Toppi, L.S., Paoli, L., Malorgio, F., Vernieri, P., Massai, R., Remorini, D. and Landi, M. (2023). Supplemental red LED light promotes plant productivity, "photomodulate" fruit quality and increases *Botrytis cinerea* tolerance in strawberry. Postharvest Biology and Technology, 198: 112253. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112253

Li, H., Tang, C., Xu, Z., Liu, X. and Han, X. (2012). Effects of different light sources on the growth of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). Journal of Agricultural Science, 4(4): 262. 10.5539/jas.v4n4p262

Liu, M., Xu, Z., Guo, S., Tang, C., Liu, X. and Jao, X. (2014). Evaluation of leaf morphology, structure and biochemical substance of balloon flower (*Platycodon grandiflorum* (Jacq.) A. DC.) plantlets *in vitro* under different light spectra. Scientia Horticulturae, 174: 112–118. 10.1016/j.scienta.2014.05.006

Lü, J., Lin, P.H., Yao, Q. and Chen, C. (2010). Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems. Journal of Cellular and Molecular Medicine, 14(4): 840–860. 10.1111/j.1582-4934.2009.00897.x

Norouzi, M., Sarikhani, H., Gholami, M. and Zahedi, S.M. (2017). Effect of end-of-day red light on morphological characteristics, yield and fruit quality of strawberry (cv. Queen Elisa) in short-day conditions. Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology, 7(4): 175–183. 10.18869/acadpub.ejgcst.7.4.175

Panahi, M., Hajilou, J. and Chaparzadeh, N. (2016). Evaluation of some quantitative and qualitative properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) fruit during the last stages of maturation. Journal of Plant Environmental Physiology, 11(43): 1–11. 20.1001.1.76712423.1395.11.43.1.8

Park, Y.S., Jung, S.T., Kang, S.G., Heo, B.G., Arancibia-Avila, P., Toledo, F., Drzewiecki, J., Namiesnik, J. and Gorinstein, S. (2008). Antioxidants and proteins in ethylene-treated kiwifruits. Food Chemistry, 107(2): 640–648. 10.1016/J.FOODCHEM.2007.08.070

Rohani, S., Asadi, M., Fatahi moghadam, J., Babakhani, B. and Rahdari, P. (2020). Interaction of harvest time and storage period on physiological and biochemical parameters of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa* cv. Gold). Journal of Plant Environmental Physiology, 15(58): 79–93. 20.1001.1.76712423.1399.15.58.7.2

Sarabi, B., Ghaderi, N. and Ghashghaie, J. (2022). Light-emitting diode combined with humic acid improve the nutritional quality and enzyme activities of nitrate assimilation in rocket (*Eruca sativa* (Mill.) Thell.). Plant Physiology and Biochemistry, 187: 11–24. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.07.035

Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M. and Roth, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49: 139–147. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.117

Stutte, G.W. (2015). Commercial transition to LEDs: A pathway to high-value products.

HortScience, 50(9): 1297–1300. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.9.1297

Tehranifar, A., Shour, M., Moosazadeh, R., Eraghi, H. and Selahvarzi, Y. (2014). The effect of salicylic acid on strength, durability and some quality characteristics of Askari grapes (*Vitis vinifera* L.) during storage. Journal of Plant Environmental Physiology, 9(35): 25–33. 20.1001.1.76712423.1393.9.35.3.0

Wojciechowska, R., Kołton, A., Długosz-Grochowska, O. and Knop, E. (2016). Nitrate content in Valerianella locusta L. plants is affected by supplemental LED lighting. Scientia Horticulturae, 211:179–186. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.08.021

Wrolstad, R.E. (1993). Color and pigment analyses in fruit products.

Wu, C.C., Yen, Y.H., Chang, M.Y. and Fang, W. (2012). Effects of light quality and CO2 concentration on diurnal photosynthetic characteristics of strawberry. VII International Symposium on Light in Horticultural Systems, 956: 247–253. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.956.27

Xu, F., Shi, L., Chen, W., Cao, S., Su, X. and Yang, Z. (2014). Effect of blue light treatment on fruit quality, antioxidant enzymes and radical-scavenging activity in strawberry fruit. Scientia Horticulturae, 175: 181–186. 10.1016/j.scienta.2014.06.012

Zhang, X., He, D., Niu, G., Yan, Z. and Song, J. (2018). Effects of environment lighting on the growth, photosynthesis, and quality of hydroponic lettuce in a plant factory. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 11(2): 33–40. 10.25165/j.ijabe.20181102.3420

Zhou, Y. and Singh, B.R. (2004). Effect of light on anthocyanin levels in submerged, harvested cranberry fruit. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 2004(5): 259. 10.1155/S1110724304403027