

Evaluation of Promising Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Hybrids with Emphasis on Fruit Quality Traits and Shelf Life

Z. Ghiasi Limanjoobi¹, M. Lotfi¹, H. Ramshini^{2*}, S. Sarikhani¹

1- Department of Horticultural Sciences, Agricultural College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran

2- Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Agricultural College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran

(*- Corresponding author's Email: Ramshini_h@ut.ac.ir)

Received: 27 April 2025

Revised: 31 July 2025

Accepted: 30 August 2025

Available Online: 30 August 2025

How to cite this article:

Ghiasi Limanjoobi, Z., Lotfi, M., Ramshini, H., & Sarikhani, S. (2026). Evaluation of promising tomato (*Solanum lycopersicum* L.) hybrids with emphasis on fruit quality traits and shelf life. *Journal of Horticultural Science*, 40(1), 145-161. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhs.2025.93191.1426>

Introduction

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.), belonging to the Solanaceae family with a chromosome number of $2n=2x=24$, is recognized as the second most cultivated vegetable worldwide after potatoes. Despite its global importance, a significant proportion of tomato seeds used in Iran are imported. To address this, a comprehensive breeding program has been undertaken, resulting in the development of over 1,500 inbred lines. The most promising lines have been selected for hybrid development. This study focuses on evaluating and comparing 26 selected hybrids out of a total of 180, intending to identify superior varieties in terms of yield and fruit quality. Gaining insights into the advantages of these superior hybrids can contribute to the development of varieties that better meet consumer demands while also promoting agricultural sustainability.

Material and Methods

This research was carried out at the Agricultural Research Station in Mohammadshahr, Karaj City, Alborz Province, involving the evaluation of 26 selected tomato hybrids from the Abouraihan Campus of Tehran University. The experiment was arranged as a randomized complete block design (RCBD) with eight plants per plot. The hybrids were compared to three commercial cultivars—‘Matin’, ‘Brivio’, and ‘Bedero’—as well as an old hybrid, ‘H12’, used as a control. Seedlings were prepared in February 2024, with 32 seeds from each genotype sown into trays filled with a 1:1 mixture of peat moss and perlite. The spacing between rows was 2 meters, and the distance between two plants within a row was 50 centimeters. Throughout the trial, standard agronomic practices, including irrigation, fertilization, and pest management, were implemented. Evaluations encompassed both field and laboratory assessments, focusing on quantitative and qualitative traits. Over a single growing season, the hybrids were assessed for attributes such as fruit size, weight, color, and biochemical parameters including pH, total soluble solids (TSS), and titratable acidity. After the experiment, raw data were organized using Excel, followed by normality tests, analysis of variance (ANOVA), and mean comparisons via Duncan’s method in SAS software. Qualitative traits were analyzed using the Kruskal-Wallis test and principal component analysis was performed with R software.

Results and discussion

The analysis of variance revealed significant differences among the hybrids across various traits. Key quantitative traits evaluated included fruit yield per plant, fruit weight, number of fruits, calyx stability, and ripening index. Results showed that hybrid ‘H114’ produced the highest number of fruits (83), while ‘gH74’ had



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.93191.1426>

the lowest (38). The average fruit weight ranged from 62 grams in 'gH15' to 136 grams in 'gH47'. Calyx stability was notably higher in hybrids 'gH54' and 'H95', which is important for maintaining post-harvest quality. Regarding ripening, hybrids 'H186', 'H165', 'H163', and 'H114' were among the earliest to mature, requiring less than 95 days to reach harvest readiness. In terms of shelf life, hybrids 'gH168', 'gH181', and 'gH54' exhibited superior durability, lasting up to 13 days. The study also identified significant correlations among traits; for instance, a positive relationship between fruit firmness and overall yield suggested that denser fruits are often associated with higher productivity. Qualitative assessments, which included fruit firmness, shape uniformity, and taste, showed a wide variation in firmness levels, with commercial varieties 'Brivio' and 'Bedero' displaying the highest firmness. Additionally, meaningful correlations among traits—such as the positive relationship between the number of fruits and total yield—were observed. The discussion emphasizes the implications of these findings for breeding programs, highlighting the potential to select hybrids not only for higher yield but also for improved quality traits like flavor and shelf life.

Conclusion

In conclusion, this study emphasizes the importance of hybrid selection for optimizing tomato production. The results revealed significant differences among the evaluated hybrids in several key quantitative and qualitative traits. Some hybrids demonstrated the potential to rival commercial varieties used as controls. To identify the superior hybrids, comprehensive evaluation and analysis of the measured traits were performed, with prioritization based on their relative importance. All traits were assessed simultaneously across all hybrids, with certain hybrids excelling in specific characteristics. Based on the overall findings, hybrids 'H163', 'gH55', and 'gH57' were identified as the top-performing options. Further research involving long-term field trials under diverse environmental conditions is recommended to enhance the adaptability and practical viability of these hybrids in agricultural production.

Acknowledgements: The authors gratefully acknowledge Zhinodaneh Company and the University of Tehran for their support.

Keywords: Hybrid variety, Plant breeding

ارزیابی هیبریدهای امیدبخش گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) با تأکید بر

صفات کیفیت میوه و ماندگاری

زهره سادات قیاسی لیمنجویی^۱ - محمود لطفی^۱ - حسین رامشینی^{۲*} - سعادت ساریخانی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸

چکیده

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، مهم‌ترین محصول بعد از سیب‌زمینی در بین سبزیجات است. متأسفانه در ایران بخش زیادی از بذر مصرف‌شده برای این محصول وارداتی است. این پژوهش با هدف ارزیابی و مقایسه ۲۶ هیبرید منتخب از بین ۱۸۰ هیبرید اولیه انجام گردید تا بهترین آن‌ها از نظر عملکرد و کیفیت میوه معرفی شود. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات پایداری کاسبرگ، تعداد میوه در بوته، شاخص زودرسی، وزن تک میوه، ماندگاری، سفتی بافت میوه و اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح احتمال ۰/۰۱ و صفات اسیدیته و مواد جامد محلول در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول ۶۰ درصد تغییرات را توجیه کردند. در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با این روش، هیبریدهای 'H114'، 'gH168'، 'gH181'، 'gH55' و 'gH57' با هیبریدهای تجاری و پرفرمدار 'Bedero' و 'Brivio' در یک گروه قرار گرفتند. در نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات کیفی، دو مؤلفه اول ۵۲/۱ درصد تغییرات را توجیه کردند. بر همین اساس، هیبریدهای 'gH57'، 'H163' و 'H107' با ارقام تجاری 'Bedero' و 'Brivio' در یک گروه قرار گرفتند. با توجه به صفت تعداد میوه در بوته، هیبرید 'H114' با ۸۴ و هیبرید 'H163' با تعداد ۷۶ میوه برترین بودند. هیبریدهای 'gH74'، 'H107' و 'H163' بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون را داشتند. از نظر ماندگاری میوه، هیبرید 'gH168' بهترین نتیجه (۱۳ روز) را داشت. در مورد صفت شکل میوه، هیبریدهای 'gH57'، 'gH14'، 'gH55'، 'H114' و 'H163' و در مورد صفت رنگ گوشت، هیبرید 'gH55' برترین هیبریدها شناخته شدند. در نهایت، با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، سه هیبرید 'gH55'، 'gH57' و 'H163' به‌عنوان هیبریدهای منتخب معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: اصلاح نباتات، رقم هیبرید

مقدمه

۲۰۲۲). ایران نیز در جایگاه رتبه یازدهم جهانی، بخش عمده‌ای از تولید خود را با بذره‌های هیبرید وارداتی انجام می‌دهد. گوجه‌فرنگی یک گیاه علفی چندساله است که اغلب به‌عنوان یک محصول یک‌ساله شناخته شده و در شرایط گرمسیری و معتدل، در مزرعه یا گلخانه رشد می‌کند. گوجه‌فرنگی به‌منظور تازه‌خوری و همچنین فرآوری کشت می‌شود (Yang et al., 2023). این گیاه از طریق بذر به‌صورت مستقیم یا با نشاء به‌صورت غیرمستقیم تکثیر شده و به‌صورت محدود با روش قلمه زدن نیز تکثیر می‌شود (Chauhan et al., 2021).

از آنجاکه گوجه‌فرنگی به‌طور طبیعی خودگشنی دارد، بذره‌های یک گوجه‌فرنگی گیاهانی شبیه به والدین تولید می‌کند. در اوایل قرن

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) متعلق به خانواده بادمجانیان (Solanaceae) و یکی از پرمصرف‌ترین سبزیجات جهان با واریته‌های متنوع است که بعد از سیب‌زمینی بیشترین سطح زیرکشت را دارد. در سال ۲۰۲۲، سطح زیرکشت جهانی آن حدود ۴/۵ میلیون هکتار و تولیدی برابر با ۱۷۱ میلیون تن داشته است (FAO, 2022).

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

۲- گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

(*) - نویسنده مسئول: Email: ramshini_h@ut.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.93191.1426>

میوه در هیبریدها نسبت به والدین برتر خود در تابستان بیشتر بود (Yesmin et al., 2014). پژوهشی دیگر نشان داد که تکرار گرده‌افشانی پس از اخته‌سازی گل باعث افزایش کارایی تشکیل میوه و بهبود تولید بذر هیبرید می‌شود، اما تأثیر معنی‌داری بر کیفیت و قابلیت ذخیره‌سازی بذر ندارد (Patta et al., 2015). مطالعه آنیسا و همکاران (Anisa et al., 2022) نشان داد که انتخاب، بخش مهمی از اصلاح نباتات برای توسعه واریته‌های^۷ پرمحصول است و هیبریدهای دابل کراس^۸ تنوع ژنتیکی و فنوتیپی^۹ بالایی دارند که انتخاب بهترین گیاه براساس پتانسیل^{۱۰} عملکرد آن‌ها را ضروری می‌کند. یکی از روش‌های اصلاحی، هیبریداسیون است که در گوجه‌فرنگی و سایر محصولات انجام می‌شود و از طریق تلاقی لاین خالص و حذف صفات نامطلوب توسط تلاقی بازگشتی، ارقام جدید گسترش می‌یابند (Iqbal et al., 2019). مطالعه چادری و همکاران (Chaudary et al., 2019) نشان داد که جهش‌زایی القایی می‌تواند بدون تغییر زمینه ژنتیکی اصلی، به بهبود صفات گیاهان از جمله گوجه‌فرنگی کمک کند و استفاده مؤثر از این روش در برنامه‌های اصلاحی می‌تواند منجر به افزایش کیفیت و عملکرد شود.

صفات مهم اصلاحی گوجه‌فرنگی عبارتند از عملکرد تک بوته، تعداد میوه در بوته، رسیدگی، سایه‌اندازی بوته، وزن تک میوه، سفتی میوه، مواد جامد محلول و اسیدیته میوه، شکل میوه، پایداری کاسبرگ روی میوه و مقاومت بوته به بیماری‌ها و ویروس‌ها. در فرآیند تولید و ارزیابی هیبریدهای گوجه‌فرنگی باید این صفات مورد توجه به‌نژادگر قرار گیرد. در پژوهشی، وراثت‌پذیری صفات کیفی گوجه‌فرنگی بررسی و مشخص شد که برخی صفات متفاوت و برخی مشابه بین نسل‌ها عمل می‌کنند؛ وراثت‌پذیری صفاتی مانند ماندگاری کم یا صفر، و صفاتی همچون وزن و شکل زیاد است (Del Medico et al., 2019). در مطالعه‌ای در دانشگاه کشاورزی و فناوری نارندا دوا هند روی ۳۵ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی، ۱۳ صفت کمی ارزیابی و وراثت‌پذیری بالا همراه با پیشرفت ژنتیکی بالا در برخی صفات مشاهده شد که نشان‌دهنده فرصت برای انتخاب بهتر است (Kerketta & Bahadur, 2019). میوه‌چی لنگرودی (Mivehchi Langaroudi, 2000) در مطالعه‌ای صفات مهم گوجه‌فرنگی را برای نسل‌های F1، F2 و F3 شامل عملکرد، زمان رسیدگی، شکل و اندازه میوه، میزان مواد جامد محلول (TSS)، سفتی میوه، ضخامت گوشت داخلی و سایر صفات مرتبط بررسی کرد. این مطالعه به بررسی صفات مهم

بیستم، شرکت‌های خصوصی از تولید ارقام با گرده‌افشانی باز (OP)^۱ به تولید هیبریدها^۲ روی آوردند. هیبریدها ویژگی‌های خوب هر دو والدین را ترکیب می‌کنند که در نسل‌های بعدی تفکیک می‌شوند و از این‌رو تکثیر بذر توسط کشاورزان غیرممکن شد (Bai & Lindhout, 2007). برای تولید رقم هیبرید باید لاین‌های^۳ خالص با قدرت ترکیب‌پذیری بالا تهیه شوند که یکی از روش‌های آن، خودگشن کردن هیبریدهای موفق است (Ehdaei, 2012). از دستاوردهای به‌نژادی گوجه‌فرنگی، اهلی‌سازی، افزایش عملکرد و ایجاد ارقام برای تولید محصولات فرآوری‌شده است (Ehdaei, 2012). ارقام هیبرید گوجه‌فرنگی دارای مزایای فراوانی از جمله عملکرد بیشتر، بلوغ یکنواخت‌تر، کیفیت میوه بالا و مقاومت به بیماری‌ها هستند (Avdikos et al., 2021). با توجه به مزایای بذره‌ای هیبرید، کشاورزان علی‌رغم هزینه‌های بالا به کشت این بذرها علاقه‌مند هستند. اولین هیبریدهای تجاری در اواسط قرن بیستم با هدف ایجاد ژنوتیپ‌هایی^۴ با هتروزیس^۵ بالا و سازگاری با شرایط نامطلوب وارد بازار شدند. امروزه بیشتر محصول گوجه‌فرنگی هیبرید است و این نوع رقم دارای ارزش بالایی برای اصلاحگر است (Prohens-Tomás & Nuez, 2007). تولید بذر هیبرید تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد: ۱- انتخاب والدین مناسب با صفات مطلوب (عملکرد بالا، مقاومت به بیماری و سازگاری با شرایط محیطی)، ۲- شرایط اقلیمی مناسب (دما و رطوبت) برای رشد گیاه، ۳- مدیریت مزرعه (بررسی pH خاک و اجتناب از کشت در زمین‌های مشابه)، ۴- استفاده از روش‌های کنترل‌شده و دقیق برای گرده‌افشانی و ۵- مهار و مدیریت آفات و بیماری‌ها برای حفظ سلامت گیاه و افزایش کیفیت بذر (Colombo & Galmarini, 2017). بذر هیبرید از تلاقی دو والد ژنتیکی متمایز به دست می‌آید و ترکیبی از صفات خوب هر دو والد را دارد. این بذرها نسبت به والدین خود، پایداری و مقاومت بیشتری در برابر آفات و بیماری‌ها دارند. والدین باید خالص باشند و حداقل به مدت شش نسل خودگرده‌افشانی شده باشند که به این لاین‌ها اینبرد^۶ (خویش‌آمیز) گفته می‌شود. برای تولید بذر هیبرید گوجه‌فرنگی، گرده از والد نر استخراج و روی والد ماده عقیم‌شده تلقیح می‌شود. سپس با استفاده از پاکت روی گل پوشانده و علامت‌گذاری می‌شود (Zhou et al., 2023). مطالعه‌ای در مؤسسه تحقیقات کشاورزی بنگلادش روی ۱۱ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی نشان داد که تولید

- 1- Open pollinated
- 2- Hybrid
- 3- Line
- 4- Genotype
- 5- Heterosis
- 6- Inbred

- 7- Variety
- 8- Double cross
- 9- Phenotype
- 10- Potential

البرز و گلخانه و آزمایشگاه‌های گروه باغبانی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران طی سال‌های ۱۴۰۳-۱۴۰۲ اجرا شد. برای تهیه نشاء در بهمن ماه ۱۴۰۲، تعداد ۳۲ بذر از هر ژنوتیپ داخل سینی نشاء حاوی پیت‌ماس^۳ و پرلیت^۴ به‌نسبت ۱ به ۱ کشت گردید. آبیاری نشاءها در صورت خشک شدن سطح بستر انجام شد. آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و مالچ‌کشی بود. نشاءها در زمان ۵-۴ برگی به زمین اصلی منتقل و در دو ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر کشت شدند. همچنین فاصله بین ردیف‌ها دو متر بود. قبل از انتقال نشاء، زمین دو ساعت آبیاری شد و آبیاری به‌صورت قطره‌ای و دو نوبت در هفته انجام گردید.

در دوره رویشی بوته‌ها، دو بار وجین دستی صورت گرفت، خاک‌دهی در هفته‌های دوم و چهارم انجام شد و از کودهای مختلف استفاده گردید. کود هیومکس (هومی پاور پلاس شش درصد)^۵ چهار لیتر در هکتار، کود ۱۰-۵۲-۱۰ (آرمان سبز آدینه) برای رشد ریشه، کود ۲۰-۲۰-۲۰ (آرمان سبز آدینه) و اوره (پرل ۴۶ درصد) برای تقویت رشد، و پتاسیم نیترات^۶ (فرمولایف ۹۵ درصد) برای فاز زایشی به کار رفت. همچنین کود کلسیم نیترات^۷ (بنفر ۲۶ درصد) برای جلوگیری از پوسیدگی گلگاه و سولوپتاس^۸ (پرینوا ۵۲ درصد) برای پر کردن میوه‌ها استفاده شد.

ارزیابی ویژگی‌های زراعی

ارزیابی مزرعه‌ای گوجه‌فرنگی در دو نوبت انجام و یادداشت‌برداری صورت گرفت. تعداد بوته‌های باقی‌مانده و بیمار ثبت شد تا خطایی در اندازه‌گیری صفات رخ ندهد. صفات به دو دسته کمی و کیفی تقسیم شدند. صفات کمی شامل تعداد خوشه، پایداری کاسبرگ روی میوه (درصد)، عملکرد (کیلوگرم در بوته)، تعداد میوه، ترک‌خوردگی میوه (درصد)، وزن متوسط میوه (گرم)، ضخامت گوشت (میلی‌متر)، قند میوه با واحد درجه بریکس، آفتاب‌سوختگی (درصد)، ترک‌خوردگی (درصد)، بدفرمی (درصد)، پوسیدگی گلگاه (درصد)، شاخص زودرسی (میانگین وزنی) و پراکنش زمان برداشت میوه (انحراف معیار زمان‌های برداشت) و اسیدیته و صفات کیفی شامل گسترده‌گی بوته (امتیازدهی ۱ تا ۵)، یکنواختی شکل و اندازه میوه (امتیازدهی ۱ تا ۵)، بوته‌میری (تعداد) و آلودگی به بیماری‌ها و آفات (امتیازدهی ۱ تا ۴)

گوجه‌فرنگی برای نسل‌های مختلف پرداخت. در پژوهشی دیگر به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های شکل میوه مانند نسبت طول به عرض، رنگ قرمز و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون می‌توانند به‌طور مؤثری با روش‌های اصلاحی و انتخاب کلاسیک تغییر کنند و بهبود یابند (Breksa et al., 2015). در مطالعه‌ای روی ۳۰ هیبرید و ۱۳ والد گوجه‌فرنگی، تنوع معنی‌داری در صفات مختلف مشاهده شد و نتایج نشان داد که انتخاب دوره‌ای با ترکیب متقابل بهترین روش است و وراثت‌پذیری برای بیشتر صفات پایین بود (Saleem et al., 2009). در مطالعه‌ای روی ۶۱ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی و خانواده‌های وحشی، ۲۲ صفت مورفوفیزیولوژیکی با دستورالعمل‌های IPGRI اندازه‌گیری و نشان داده شد که تعامل بین ژنوتیپ و محیط بر ارزش‌دهی صفات تأثیر دارد و باید در مدیریت ژرم‌پلاس و اصلاح گوجه‌فرنگی مد نظر قرار گیرد (Figàs et al., 2018).

هم‌اکنون بخش زیادی از بذر گوجه‌فرنگی کشور به‌صورت واردات از شرکت‌های بزرگ خارجی تأمین می‌شود. عمده ارقام واردشده هیبرید هستند. با این حال متأسفانه هنوز در داخل کشور تلاش جدی برای تولید بذر برای این محصول پراهمیت انجام نشده است. به همین منظور در پروژه اصلاحی که در سال ۱۳۹۷ آغاز شد، جمعیت‌های در حال تفرق گوجه‌فرنگی تشکیل شد و ۱۵۰۰ بوته F2 به‌صورت بالک تک بذر^۱ خودگشن گردید تا به نسل F6 برسند، از بین آن‌ها تعداد ۵۰ لاین برتر انتخاب شد. در گام بعدی این ۵۰ لاین برتر با هم تلاقی داده شدند و هیبریدهای حاصل از آن‌ها غربال شده و از بین ۱۸۰ هیبرید، ۲۶ هیبرید برتر انتخاب گشت. پیش از تجاری‌سازی، لازم بود که در یک مطالعه جامع، هیبریدهای منتخب با ارقام هیبرید تجاری خارجی مقایسه شوند. بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی ۲۶ هیبرید مورد مطالعه است تا بهترین هیبریدها شناسایی شده و برای تولید تجاری مراحل بعدی طی شود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و روش اصلاحی مورد استفاده

مواد گیاهی شامل ۲۶ هیبرید منتخب از برنامه اصلاح گوجه‌فرنگی پردیس ابوریحان و سه رقم تجاری 'Matin'، 'Brivio' و 'Bedero' و یک هیبرید قدیمی تولیدشده در شرکت ژینودانه دانش آریا با نام 'H12'، به‌عنوان شاهد بودند که در قالب طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی^۲ ارزیابی شدند. در هر واحد آزمایشی هشت بوته کشت گردید. این تحقیق در زمین زراعی واقع در محمدشهر، استان

3- Peat moss

4- Perlite

5- Humex

6- Potassium nitrate

7- Calcium nitrate

8- Solupat

1- Single seed descend

2- Randomized Block Design

بودند. صفات کمی به روش تجزیه واریانس و صفات کیفی به روش کروسکال-والیس^۱ تجزیه و تحلیل شدند.

صفات مورد مطالعه در آزمایشگاه

بعد از برداشت میوه‌ها، تعداد ۱۰ میوه از هر کرت به آزمایشگاه منتقل شد و خصوصیات ظاهری مانند شکل (نسبت طول به عرض میوه)، سفتی (امتیازدهی ۱ تا ۳) و طول و عرض میوه (توسط کولیس^۲ برحسب میلی‌متر) ثبت گردید. سپس میوه‌ها برش خورده و صفات دیگری مانند ضخامت گوشت (توسط کولیس برحسب میلی‌متر)، تعداد حفره، رنگ گوشت (امتیازدهی ۱ تا ۹)، اسیدیته، طعم (پنل تست^۳ و امتیازدهی از ۱ تا ۵) و مواد جامد محلول (توسط رفراکتومتر^۴)، شاخص طعم (تقسیم میزان مواد جامد محلول به میزان اسیدیته قابل تیتراسیون) و بافت گوشت میوه (امتیازدهی ۱ تا ۳) اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی ماندگاری، چهار عدد گوجه‌فرنگی در ظرف یک بار مصرف قرار داده شد، زمانی که دو عدد از چهار عدد میوه غیرقابل مصرف بودند به عنوان زمان ماندگاری میوه ثبت شد (Saeedi et al., 2025).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پایان، داده‌های اولیه وارد نرم‌افزار اکسل^۵ شده و پس از مرتب‌سازی، آزمون نرمال بودن به روش کولموگروف-اسمیرنوف^۶، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (با آزمون چنددامنه‌ای دانکن^۷) در نرم‌افزار SAS انجام شد. صفات کیفی توسط آزمون کروسکال-والیس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به وسیله نرم‌افزار R تحلیل شدند.

نتایج و بحث

صفات کمی

میانگین مربعات تجزیه واریانس برای صفات کمی مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

تعداد میوه در بوته

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که از نظر صفت تعداد میوه در بوته اختلاف معنی‌داری بین هیبریدهای مورد بررسی وجود داشت (شکل ۱). طبق نتایج به دست آمده، بیشترین و کمترین تعداد میوه به ترتیب

متعلق به هیبرید 'H114' (۸۳ عدد) و هیبرید 'gH74' (۳۸ عدد) بود. همچنین ژنوتیپ‌های 'H25'، 'H163'، 'gH57'، 'gH182' و 'gH168' به همراه هیبریدهای تجاری 'Brivio' و 'Bedero' از تعداد میوه بالایی برخوردار بودند.

متوسط وزن میوه

مقایسه میانگین وزن میوه نشان داد که بیشترین وزن مربوط به هیبرید 'gH47' (۱۳۶ گرم) و کمترین وزن مربوط به 'gH15' (۶۲ گرم) بود. نتایج به دست آمده از مطالعات کرکتا و بهادر (Kerketta & Bahadur, 2019) نشان داد که وزن میوه بر بازارپسندی تأثیر زیادی دارد. در ایران، میوه‌های با وزن متوسط (۷۰ تا ۱۰۰ گرم) ترجیح داده می‌شوند. تعداد زیادی از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، وزن میوه‌ای مشابه ارقام تجاری دارند. هیبرید 'gH47' می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید تجاری باشد، زیرا هرچه وزن میوه بالاتر باشد، محتوای ماده خشک و میزان قند آن کاهش می‌یابد (Prudent et al., 2009).

پایداری کاسبرگ روی میوه

بیشترین پایداری کاسبرگ روی میوه پس از برداشت مربوط به هیبرید 'gH54' (۶۰ درصد) و کمترین میزان آن مربوط به 'H95' (۱/۲۵ درصد) است. پایداری کاسبرگ بر ماندگاری و کیفیت میوه تأثیر دارد. هیبریدهای 'gH57'، 'gH55'، 'gH54'، 'gH53'، 'gH50'، 'gH47'، 'gH43'، 'gH4'، 'gH181'، 'gH168' و 'gH14' پایداری کاسبرگ بالایی داشتند، درحالی‌که هیبریدهای 'H95'، 'H186'، 'H165'، 'H146'، 'H114' و 'H107' برای فرآوری مناسب‌تر بودند (Mostert, 2023).

شاخص زودرسی

مطابق نتایج به دست آمده، ارقام تفاوت زیادی از لحاظ زمان رسیدگی نداشتند، ولی اختلاف آن‌ها معنی‌دار بود (شکل ۴). براساس مقایسه میانگین‌ها، هیبریدهای 'H186'، 'H165'، 'H163' و 'H114' به همراه هیبرید تجاری 'Brivio' (کمتر از ۹۵ روز) از بقیه زودرس‌تر و هیبریدهای 'gH15'، 'gH74' و 'H12' (بیش از ۱۰۰ روز) از بقیه دیررس‌تر بودند.

هیبرید 'H114' کمترین زمان رسیدگی را داشت که می‌تواند به توانایی این هیبرید در رسیدن سریع‌تر به مرحله بلوغ مرتبط باشد. هیبریدهایی با زمان رسیدگی طولانی‌تر برای مناطق با فصل رشد طولانی‌تر مناسب‌تر هستند، درحالی‌که هیبریدهایی با زمان رسیدگی کوتاه‌تر می‌توانند در مناطق با فصل رشد کوتاه‌تر یا شرایط آب‌وهوایی نامساعدتر استفاده شوند.

- 1- Kruskal-Wallis
- 2- Caliper
- 3- Test panel
- 4- Refractometer
- 5- Excel
- 6- Normality test
- 7- Duncan

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی از صفات کمی مربوط به هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
 Table 1- ANOVA for some quantitative traits related to the studied tomato hybrids

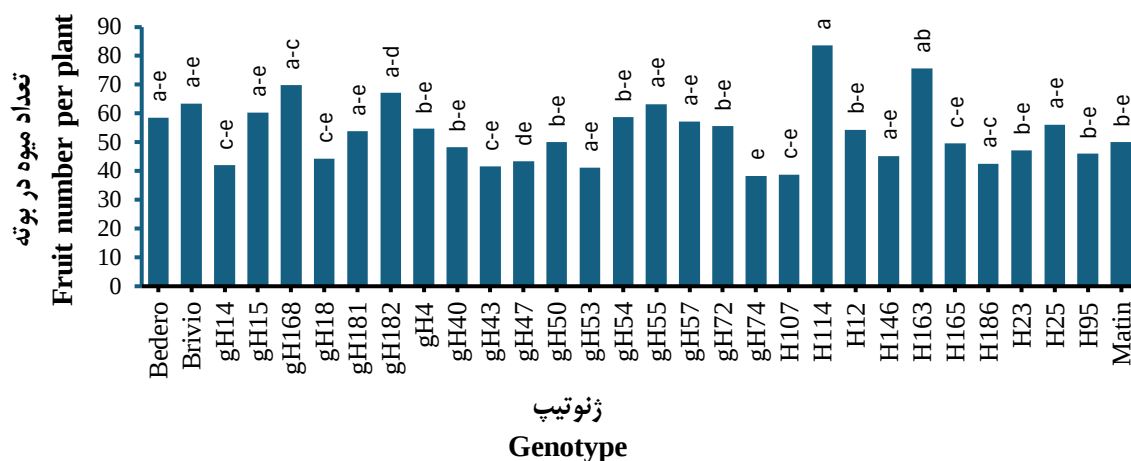
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
		پایداری کاسبرگ Calyx stability	ترک‌خوردگی میوه Fruit cracking	درصد بد شکلی Percentage of deformity	تعداد میوه در بوته Number of fruits per plant	وزن میوه Fruit weight	عملکرد در بوته Yield per plant	شاخص زودرسی Earliness index
بلوک Block	3	888.1**	19.43*	19.43 ^{ns}	2578.75**	300.47 ^{ns}	23.34**	54.05**
ژنوتیپ Genotype	29	933.52**	28.23**	109.84**	502.1**	1249.55**	1.36 ^{ns}	10.06**
خطا Error	87	187.33	7	30.06	184.13	309.47	1.41	4.66
ضریب تغییرات C.V (%)	-	49.04	119.86	66.36	13.57	19.62	27.56	2.21

^{ns}، ** و * : به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.
^{ns}، ** and * : non-significant, and significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

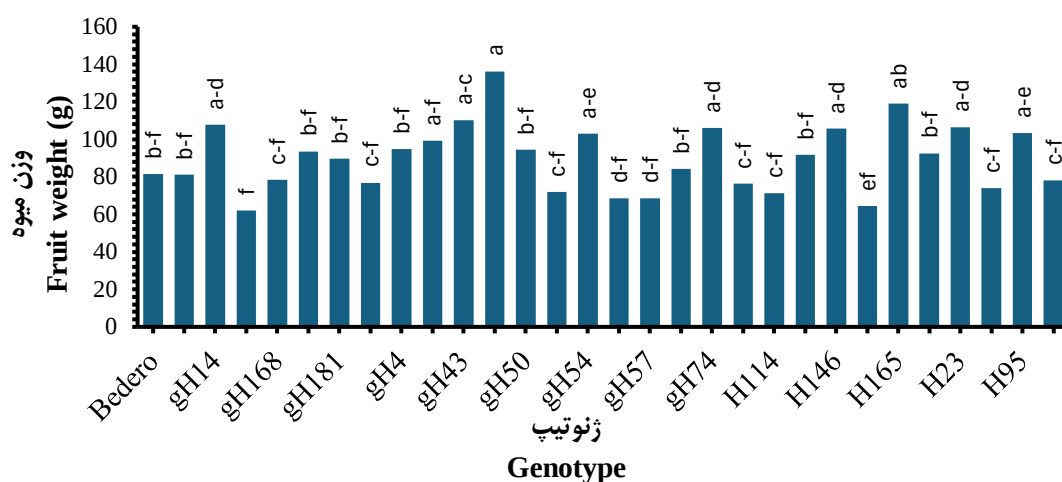
 ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس برخی از صفات کمی مربوط به هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
 Table 1- Continued- ANOVA for some quantitative traits related to the studied tomato hybrids

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares								
		پراکنش زمان برداشت میوه Fruit harvest time distribution	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	قطر گوشت Flesh diameter	ماندگاری Durability	pH	مواد جامد محلول کل TSS	شاخص طعم Taste index	اسیدیته قابل تیتراسیون TA
بلوک Block	3	5.49**	12.92 ^{ns}	16.32 ^{ns}	1.11*	12.86 ^{ns}	0.74**	1.02**	0.13 ^{ns}	0.97 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	29	0.67**	139.13**	104.48**	1.22*	20.2**	0.15*	0.4*	0.0005**	0.002**
خطا Error	87	0.31	13.69	19.63	0.83	7.87	0.08	0.22	7.7	0.006
ضریب تغییرات C.V (%)	-	6.75	6.3	7.4	12.52	28.49	5.22	9.3	19.75	20.75

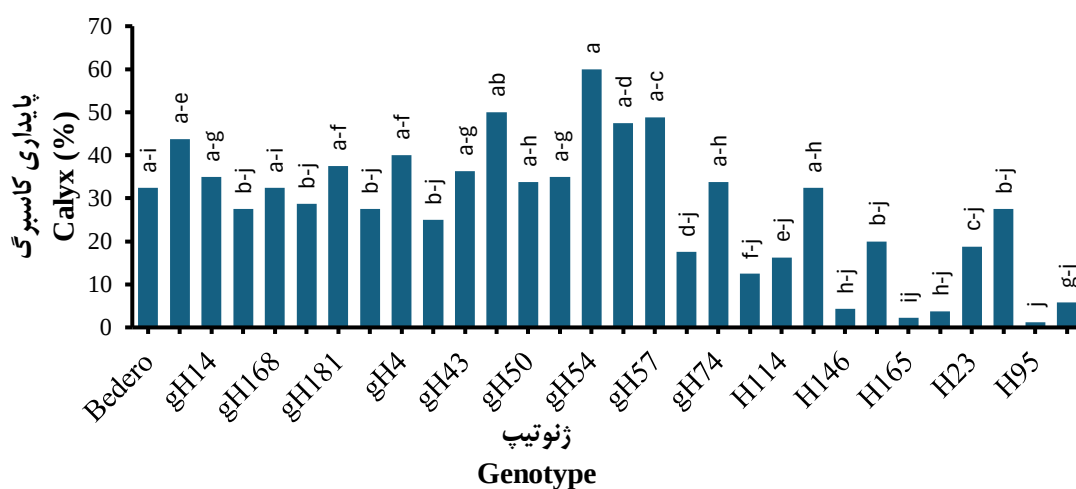
^{ns}، ** و * : به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.
^{ns}، ** and * : non-significant, and significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively



شکل ۱- تعداد میوه در بوته در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
Figure 1- The fruit number per plant in tomato hybrids (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۲- وزن میوه در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
Figure 2- The fruit weight in tomato hybrids (DMRT, $p \leq 0.05$)



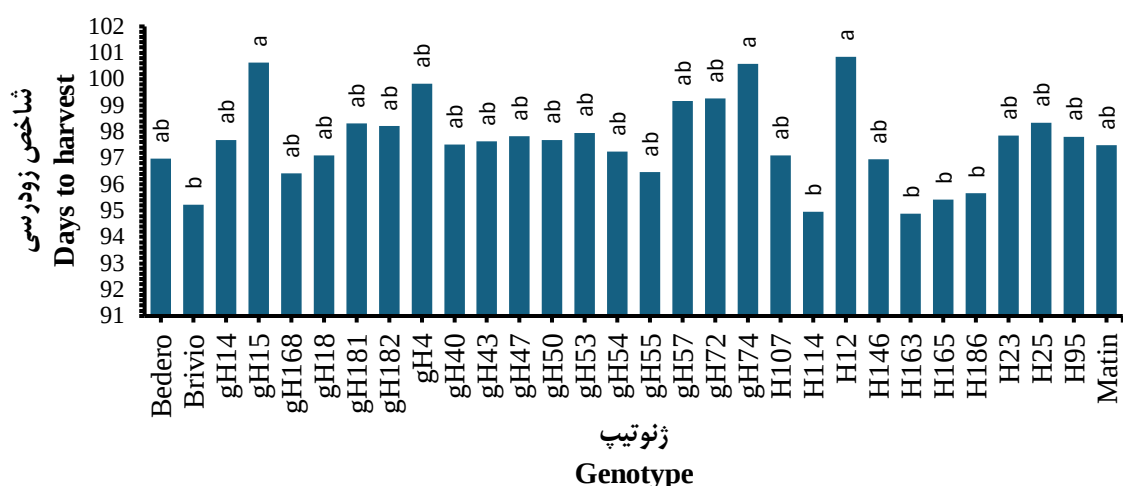
شکل ۳- پایداری کاسبرگ میوه در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
Figure 3- The fruit calyx stability in tomato hybrids (DMRT, $p \leq 0.05$)

ماندگاری میوه

بیشترین ماندگاری به هیبریدهای 'gH168' (۱۳ روز)، 'gH181' (۱۲ روز)، 'gH54' (۱۱ روز) و رقم تجاری 'Bedero' (۱۴ روز) تعلق داشت و کمترین ماندگاری مربوط به هیبریدهای 'H186' (۴ روز)، 'H23'، 'H165' و 'H146' بود (شکل ۵). ماندگاری اغلب هیبریدها در سطح رقم تجاری 'Brivio' و قابل قبول بود.

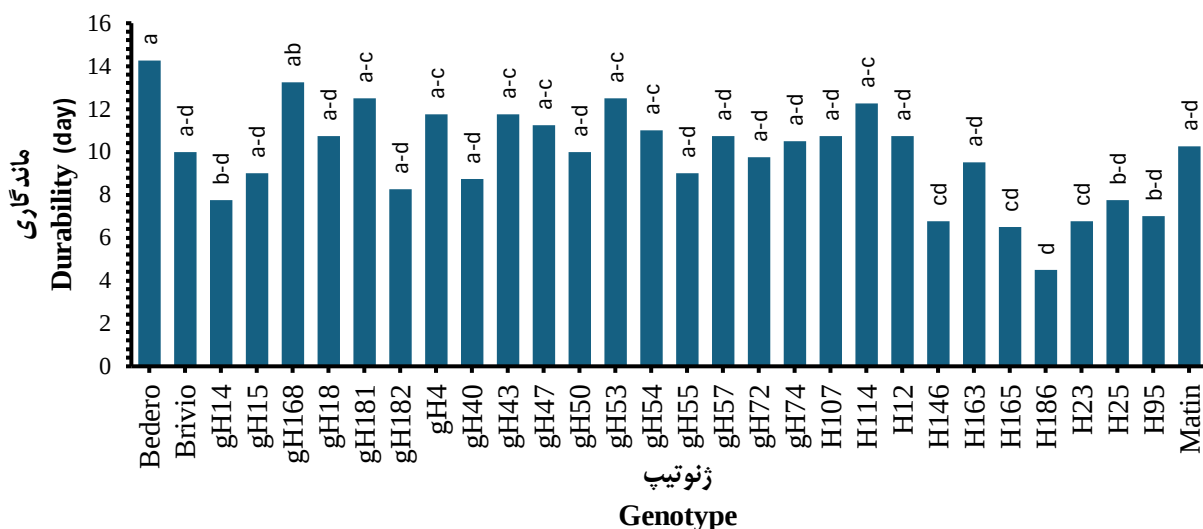
اسیدیته (pH)

براساس داده‌ها، بیشترین میزان اسیدیته را هیبریدهای 'gH55' (۵/۸)، 'gH18' (۵/۷۸)، 'gH57' (۵/۷۴)، 'gH47' (۵/۷) و رقم تجاری 'Brivio' (۵/۸) داشتند و کمترین میزان آن متعلق به هیبرید 'gH4' (۵) بود (شکل ۶). میزان پایین اسیدیته نشان‌دهنده ترش بودن محصول است. همچنین اسیدیته میوه یکی از مهم‌ترین صفات کیفی در ارزیابی میوه‌ها است که تأثیر زیادی بر طعم، ماندگاری و پذیرش بازار دارد.



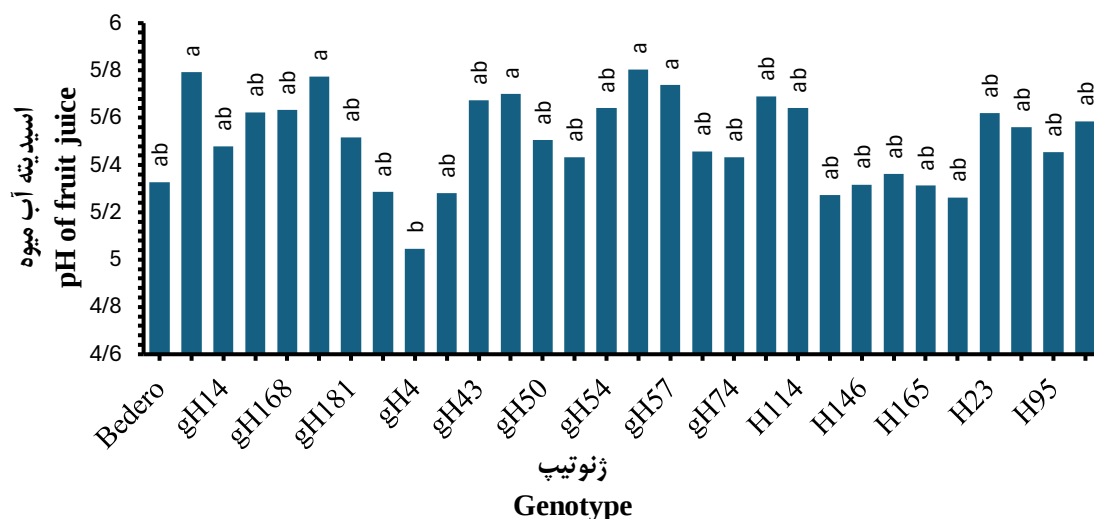
شکل ۴- میانگین وزنی روز تا برداشت میوه در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی

Figure 4- The weighted average days to fruit harvest in tomato hybrids (DMRT, $p \leq 0.05$)

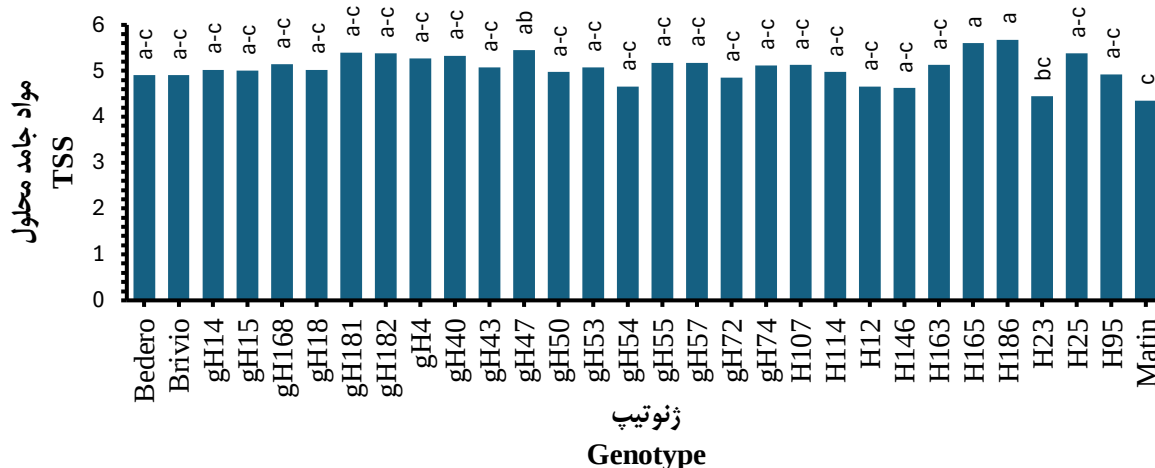


شکل ۵- میزان ماندگاری در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی

Figure 5- The durability of tomato hybrids (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۶- pH آب میوه در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
Figure 6- The fruit juice pH in tomato hybrids (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۷- مواد جامد محلول آب میوه در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
Figure 7- The TSS content of fruit juice in tomato hybrids (DMRT, $p \leq 0.05$)

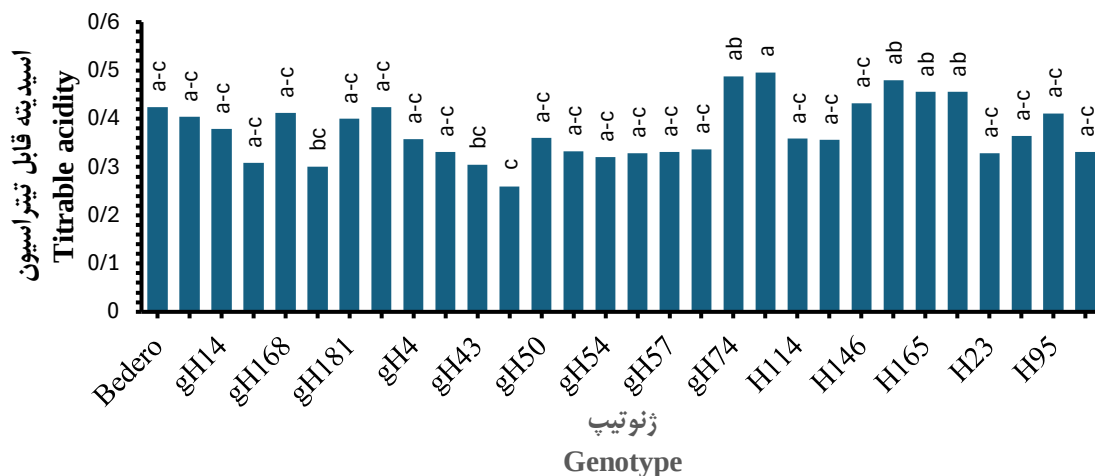
در گوجه‌فرنگی می‌تواند بر طعم و ماندگاری آن تأثیر بگذارد. میزان بالای مواد جامد محلول و اسیدیته پایین باعث خوش‌طعم‌تر شدن میوه می‌گردد. با توجه به نتایج ارائه‌شده در شکل ۸، هیبریدهای 'H186'، 'H165'، 'gH182'، 'gH4'، 'gH40' و 'H163' دارای اسیدیته پایین و میزان مواد جامد محلول بالایی بودند که در نهایت عملکرد بهتری نسبت به ارقام تجاری 'Bedero' و 'Brivio' داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که این هیبریدها از نظر طعم عملکرد بهتری نسبت به سایر هیبریدها داشتند. در مقابل، هیبریدهای 'H23'، 'gH54' و رقم تجاری 'Matin' دارای میزان مواد جامد محلول پایین و اسیدیته بالایی بودند که عملکرد خوبی از نظر طعم نداشتند.

مواد جامد محلول (TSS)

براساس نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین میزان مواد جامد محلول را هیبریدهای 'H165' (۵/۶) و 'H186' (۵/۶) و کمترین میزان آن را رقم تجاری 'Matin' (۴/۳۵) به خود اختصاص دادند (شکل ۷). عملکرد هیبریدهای 'H165' و 'H186' بالاتر از میزان عملکرد ارقام تجاری 'Bedero' و 'Brivio' بود.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

مطابق نتایج، بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون مربوط به هیبرید 'H107' (۰/۵)، 'gH74' (۰/۴۹)، 'H163' (۰/۴۸)، 'H165' (۰/۴۶) و 'H186' (۰/۴۶) و کمترین آن مربوط به هیبرید 'gH47' (۰/۲۶) بود (شکل ۸). میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)



شکل ۸- میزان اسیدینه قابل تیتراسیون آب میوه در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
Figure 8- The titratable acidity of fruit juice in tomato hybrids (DMRT, $p \leq 0.05$)

نشان داد که تعداد روز تا رسیدگی میوه با عملکرد و سایر صفات ریخت‌شناختی مانند طول و عرض برگ‌ها، وزن میوه، قطر و طول میوه، ضخامت پریکارپ و طول دم میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. این مطالعه همچنین نشان داد که ارقام مختلف گوجه‌فرنگی از نظر تعداد روز تا رسیدگی تفاوت‌های معنی‌داری دارند و این صفت می‌تواند به‌عنوان یکی از معیارهای انتخاب ارقام مناسب برای بهبود عملکرد و کیفیت محصول مورد استفاده قرار گیرد.

ماندگاری گوجه‌فرنگی به‌میزان نرم شدن میوه که همراه با رسیدن میوه است و آسیب را در طول حمل و نقل و جابجایی تشدید می‌کند، بستگی دارد (Thole et al., 2020). در مطالعه‌ای که توسط ردی و همکاران (Reddy et al., 2013) صورت گرفت، مشخص شد که صفت ماندگاری در ۱۹ ژنوتیپ مختلف در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود. نگهداری میوه در دمای نسبتاً پایین، کارآمدترین روش برای حفظ کیفیت میوه گوجه‌فرنگی است، زیرا این دما باعث کاهش نرخ تنفس، تعرق، تولید اتیلن، رسیدگی، پیری و توسعه پوسیدگی می‌شود. عمر مفید میوه‌های گوجه‌فرنگی به نوع واریته، شرایط نگهداری و وجود یا عدم وجود نگهدارنده‌های گیاهی بستگی دارد (Garuba et al., 2018).

میزان پایین اسیدینه نشان‌دهنده ترش بودن محصول است. همچنین اسیدینه میوه یکی از مهم‌ترین صفات کیفی در ارزیابی میوه‌ها است که تأثیر زیادی بر طعم، ماندگاری و پذیرش بازار دارد. در پژوهشی که توسط ال-دیری و همکاران (Al-Dairi et al., 2021) انجام شد، میزان اسیدینه گوجه‌فرنگی بین ۴/۲۵ تا ۴/۸۵ گزارش گردید. در آزمایش انجام‌شده در این پژوهش، میزان اسیدینه گوجه‌فرنگی بین ۵ تا ۵/۸ به دست آمد.

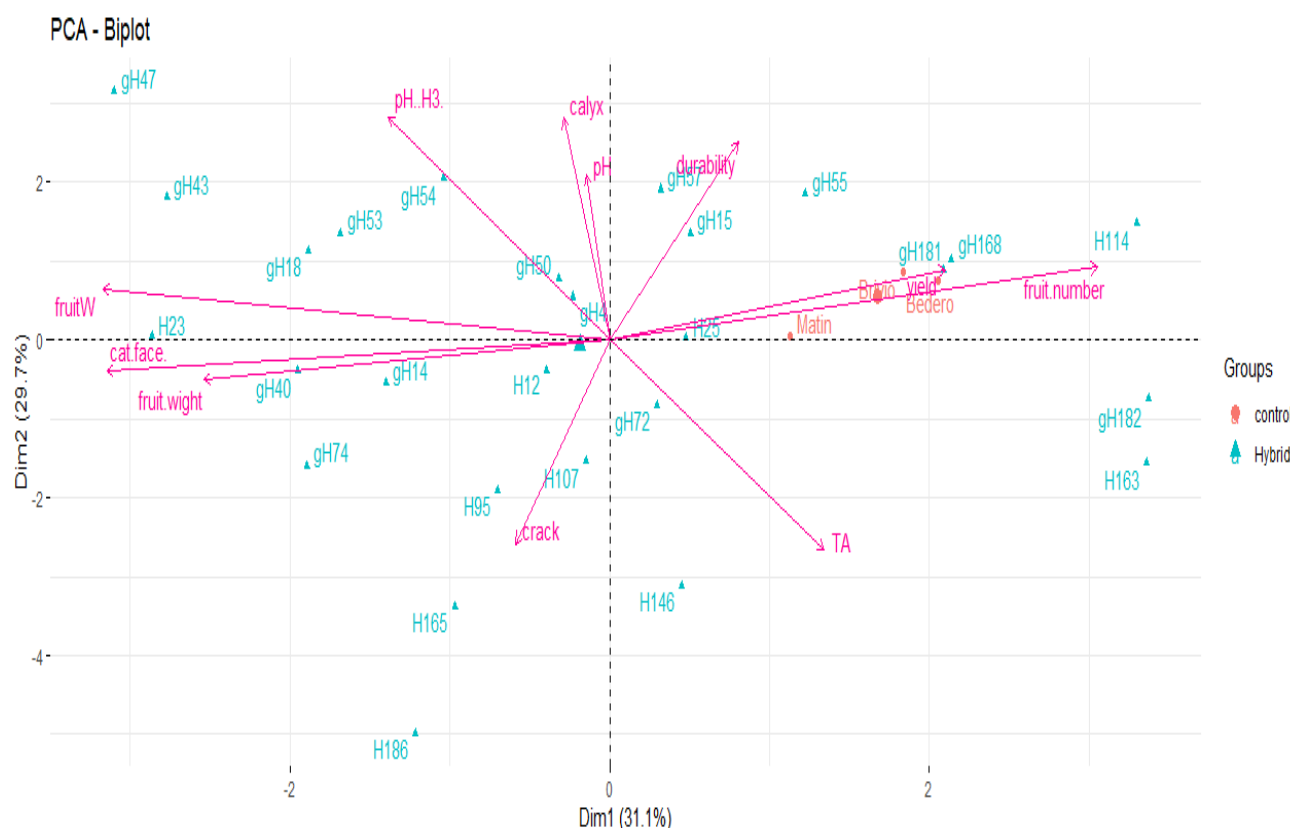
هرچه تعداد میوه در یک بوته بیشتر باشد نشان‌دهنده عملکرد بهتر هیبرید بوده و صرفه اقتصادی بالاتری برای کشت دارد. در این پژوهش، هیبریدهای 'H114' و 'H163'، عملکرد بهتری از نظر تعداد میوه نسبت به ارقام تجاری 'Bedero' و 'Brivio' داشتند. اندازه و وزن میوه تأثیر زیادی در بازارپسندی رقم دارد و به‌شدت تحت تأثیر نظر مصرف‌کننده می‌باشد. در برخی مناطق و کشورها، ارقام با میوه‌های خیلی درشت (بالای ۱۰۰ گرم) مورد پسند واقع می‌شوند، ولی در کشور ما اغلب میوه‌های با وزن متوسط (۷۰ تا ۱۰۰ گرم) ترجیح داده می‌شوند. تعداد زیادی از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای وزن میوه متوسط، هم‌تراز ارقام هیبرید تجاری 'Brivio' و 'Bedero' بودند. همچنین هیبرید 'gH47' می‌تواند به‌عنوان یک گزینه مناسب درشت میوه برای تولید تجاری مورد توجه قرار گیرد. هرچه وزن تازه میوه بالاتر باشد، محتوای ماده خشک و میزان قند آن کاهش می‌یابد (Prudent et al., 2009).

پایداری کاسبرگ، یکی از عوامل مؤثر بر میزان ماندگاری، کیفیت میوه و بازارپسندی محصول است (Mostert, 2023). باقی ماندن کاسبرگ روی میوه در ارقام تازه‌خوری، نشانه تازگی میوه در بازار است و به جذابیت ظاهری آن می‌افزاید، درحالی‌که برای اهداف فرآوری گوجه‌فرنگی اغلب صفتی منفی محسوب می‌شود. زودرسی به شرط آنکه کاهش زیادی در عملکرد ایجاد نکند برای فروش اول فصل بسیار مهم است. خوشبختانه در این تحقیق، بسیاری از ارقام هیبرید از نظر رسیدگی تفاوت معنی‌داری نسبت به ارقام هیبرید تجاری نشان ندادند. در پژوهشی که توسط هناره و همکاران (Henareh et al., 2015) منتشر شده است، به بررسی ارتباط بین عملکرد و صفات مختلف گوجه‌فرنگی پرداخته شد. نتایج این مطالعه

سببها و کنسروها مطلوب باشد. همچنین اسیدیته بالاتر می‌تواند به افزایش ماندگاری گوجه‌فرنگی کمک کند، زیرا محیط اسیدی‌تر رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها را محدود می‌کند. از سوی دیگر، اسیدیته پایین‌تر ممکن است طعم ملایم‌تری داشته باشد که برای برخی دیگر از مصرف‌کنندگان جذاب‌تر است، اما میوه‌هایی که اسیدیته پایینی دارند دارای ماندگاری پایین‌تری هستند. بنابراین، انتخاب مناسب بستگی به هدف نهایی و ترجیحات مصرف‌کنندگان دارد.

مواد جامد محلول، یکی از مهم‌ترین صفات کیفی در ارزیابی میوه‌ها است که تأثیر زیادی بر طعم، کیفیت تغذیه‌ای و پذیرش بازار دارد. بنابراین، انتخاب هیبریدهایی با میزان مواد جامد محلول بالا می‌تواند به بهبود کیفیت محصول و افزایش بازارپسندی آن کمک کند (Al-Dairi et al., 2021). در این مطالعه، مواد جامد محلول هیبریدهای 'H165' و 'H186' بالاتر از میزان آن در ارقام تجاری 'Bedero' و 'Brivio' بود.

اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتر معمولاً به معنای طعم تندتر و ترش‌تر است که می‌تواند برای برخی مصرف‌کنندگان و همچنین تهیه



شکل ۹- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات کمی در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
Figure 9- Principal component analysis of quantitative traits in the studied tomato hybrids

برداشت سوم می‌باشد (جدول ۲). طبق شکل ۹، مؤلفه اول تحت تأثیر عملکرد و اجزاء عملکرد و مؤلفه دوم تحت تأثیر ویژگی‌های ظاهر و کیفیت میوه بود. هیبریدهای 'H114'، 'H163'، 'gH182'، 'gH168'، 'gH181' و 'gH55' در کنار ارقام تجاری 'Bedero'، 'Brivio' و 'Matin' بیشترین تعداد میوه و عملکرد در بوته، مقدار مناسب اسیدیته قابل تیتراسیون و ماندگاری قابل قبولی داشتند. هیبریدهای 'gH47'، 'gH43'، 'H23'، 'gH18' و 'gH40' دارای بیشترین وزن میوه، ترک‌خوردگی و عرض میوه بودند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات کمی

تجزیه فاکتور به‌روش چرخش وریمکس^۱ انجام داده شد که در مجموع ۶۰/۸ درصد تغییرات را توجیه کردند. فاکتور ۱ تحت تأثیر صفات عرض میوه، بدشکلی، تعداد میوه، وزن میوه و عملکرد به‌ازای تک بوته و فاکتور دوم تحت تأثیر صفات ماندگاری، اسیدیته، اسیدیته قابل تیتراسیون، ترک‌خوردگی، درصد پایداری کاسبرگ و اسیدیته

1- Rotate varimax

جدول ۲- آزمون کروسکال - والیس برای صفات رتبه‌ای در بین هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی

Table 2- Kruskal-Wallis test for ordinal traits among the studied tomato hybrids

نام صفت Trait name	درجه آزادی df	کای اسکوائر Chi-square	احتمال Probability
میزان گستردگی بوته Plant spread	29	29.94	0.42
یکنواختی شکل و اندازه میوه‌ها Uniformity of fruit shape and size	29	53.81	0.003
سهولت برداشت میوه Fruit harvesting ease	29	21.54	0.84
تعداد خوشه گل روی ساقه اصلی Flower cluster count on the main stem	29	48.61	0.012
فرم رشد Growth form	29	29	0.47
تعداد بوته‌میری Wilting plant count	29	27.46	0.55
تعداد بوته رنجور Anthracnose plant count	29	23.37	0.76
درصد آفتاب‌سوختگی Sunburn percentage	29	26.98	0.57
درصد پوسیدگی گلگاه Blossom end rot percentage	29	55.45	0.002
درصد رنگ‌گیری غیریکنواخت Uneven color percentage	29	33.11	0.27
تعداد بوته باقی‌مانده Remaining plant count	29	37.34	0.14
آلودگی ویروسی Virus contamination	29	21.65	0.83
آلودگی به کنه و سایر آفات Mite and pest infestation	29	21.65	0.83
شکل میوه Fruit shape	29	103.24	<0.0001
رنگ گوشت میوه Fruit flesh color	29	48.57	0.013
سفتی میوه Fruit firmness	29	50.27	0.008
تعداد حفره در برش عرضی Number of cavities in cross-section	29	68.73	<0.0001
طعم Taste	29	30.14	0.41
بافت گوشت Flesh texture	29	47.58	0.016

صفات کیفی

نتایج بررسی صفات کیفی با استفاده از مقیاس رتبه‌بندی آزمون کروسکال - والیس سنجیده و در جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد.

سفتی میوه

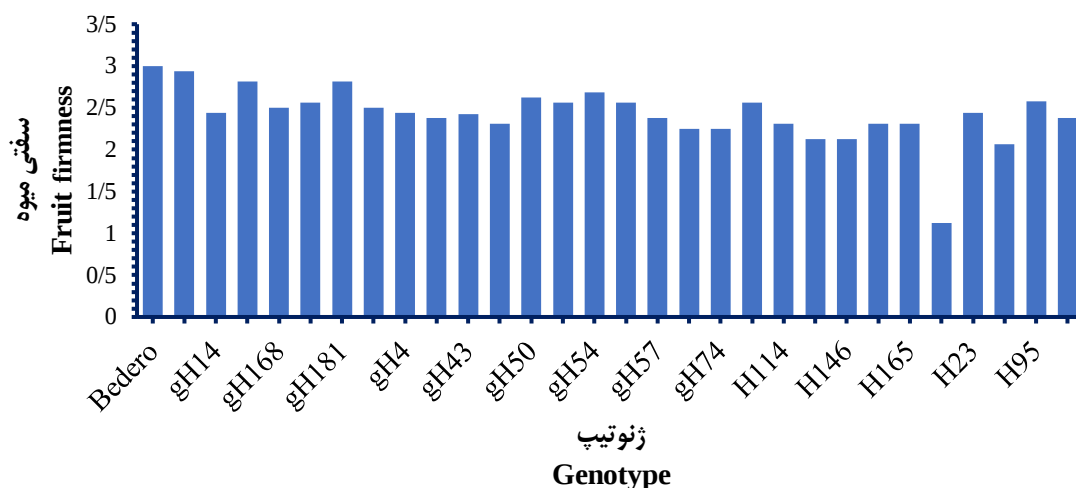
با توجه به نتایج، بیشترین سفتی را ارقام تجاری 'Brivio' و 'Bedero' داشتند که هیبریدهای 'gH15'، 'gH181'، 'gH50'، 'gH54'، 'H107'، 'H23' و 'H95' عملکردی مشابه با آن‌ها

داشتند. در مقابل، نرم‌ترین میوه به هیبرید 'H186' تعلق داشت (شکل ۱۰). هیبریدهایی که سفتی میوه بالاتری داشتند، ممکن است برای بازارهای تجاری که به ماندگاری و حمل‌ونقل محصول اهمیت می‌دهند، مناسب‌تر باشند. درحالی‌که هیبریدهایی با سفتی کمتر می‌توانند در شرایطی که مصرف تازه و طعم میوه اهمیت بیشتری دارد، مورد استفاده قرار گیرند. صفت سفتی میوه تأثیر زیادی بر میزان عمر انباری آن و همچنین میزان بازارپسندی میوه دارد (Kumar et al., 2022).

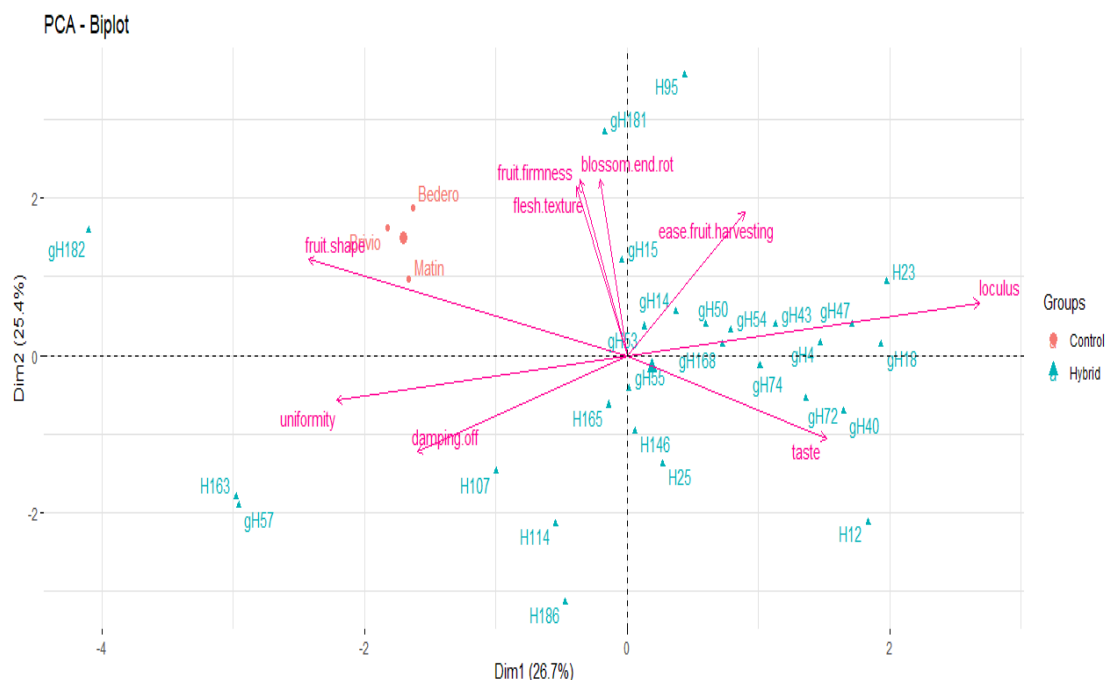
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات کیفی

تجزیه به فاکتور به‌روش چرخش وریمکس انجام شد که در مجموع فاکتورهای اول و دوم میزان ۵۲/۱ درصد تغییرات را توجیه کردند. طبق شکل ۱۱، مؤلفه اول تحت تأثیر شکل ظاهری میوه و مؤلفه دوم تحت تأثیر سفتی و بافت میوه بود. هیبرید 'gH182' بیشترین کشیدگی میوه را داشت و هیبریدهای 'gH57'، 'H163' و

'H107' در کنار ارقام تجاری 'Brivio'، 'Matin' و 'Bedero' تقریباً کشیدگی یکسانی داشتند و همچنین از یکنواختی بالایی برخوردار بودند. هیبریدهای 'gH181'، 'H95' و 'gH15' بالاترین میزان سفتی میوه، بالاترین سفتی گوشت میوه و بیشترین میزان پوسیدگی گلگاه را به خود اختصاص دادند.



شکل ۱۰- رتبه سفتی میوه برای هیبریدهای گوجه‌فرنگی
Figure 10- The firmness rank of fruits for tomato hybrids



شکل ۱۱- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات کیفی در هیبریدهای مورد مطالعه گوجه‌فرنگی
Figure 11- Principal component analysis for qualitative traits in the studied tomato hybrids

نتیجه‌گیری

میوه، متوسط وزن میوه، اسیدیته، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون جزء سه هیبرید برتر شناخته شد. همچنین هیبرید 'gH55' از نظر متوسط وزن میوه، پایداری کاسبرگ، مواد جامد محلول و سفتی میوه و هیبرید 'gH57' در صفات متوسط وزن میوه، پایداری کاسبرگ، شاخص زودرسی، ماندگاری و مواد جامد محلول در بین سه هیبرید برتر قرار گرفتند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در مورد صفات اندازه‌گیری‌شده، این سه هیبرید به‌عنوان برترین هیبریدها برگزیده شدند (شکل ۱۲).

سپاسگزاری

سپاس و قدردانی ویژه از تیم محترم شرکت ژینودانه و دانشگاه تهران که با حمایت‌های بی‌دریغ نقش بسزایی در پیشبرد این مطالعه داشته‌اند.

تولید ارقام هیبرید، یکی از مهم‌ترین اهداف در پیشبرد اصلاح گیاهان می‌باشد. با توجه به اینکه بیشتر بذر هیبرید کشور وارداتی است، در این مطالعه سعی شد تا هیبریدهای تولیدشده داخلی که در نتیجه برنامه جامع اصلاح گوجه‌فرنگی در دانشگاه تهران است، نسبت به هم مقایسه شوند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، اختلاف معنی‌داری بین هیبریدهای مورد مطالعه از نظر بسیاری از صفات کلیدی کمی و کیفی وجود داشت. در بین هیبریدهای مورد مطالعه، برخی قابلیت رقابت با ارقام تجاری که به‌عنوان رقم شاهد کشت شده بودند، داشتند. برای شناسایی بهترین هیبریدها از بین تمامی هیبریدهای آزمایشی طبق بررسی‌های انجام‌شده روی صفات اندازه‌گیری‌شده، صفات مورد ارزیابی از لحاظ درجه اهمیت مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بدین‌گونه که تمامی صفات به‌صورت هم‌زمان در تمامی هیبریدها بررسی و آنالیز شد. برای هر صفت تعدادی از هیبریدها برتر از بقیه هیبریدها بودند. هیبرید 'H163' از نظر تعداد



شکل ۱۲ - هیبریدهای برتر (بالا) و هیبریدهای تجاری (پایین) گوجه‌فرنگی
Figure 12 - Superior hybrids (top) and commercial hybrids (bottom) of tomato.

References

1. Al-Dairi, M., Pathare, P. B., & Al-Yahyai, R. (2021). Chemical and nutritional quality changes of tomato during postharvest transportation and storage. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(6), 401–408. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.001>
2. Anisa, W. N., Afifah, E. N., & Murti, R. H. (2022). Selection of tomato breeding lines based on morphological traits associated with high yield potential in double-cross population. *Biodiversitas*, 23(6), 2973–2980. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230624>
3. Avdikos, I. D., Tagiakas, R., Tsouvaltzis, P., Mylonas, I., Xynias, I. N., & Mavromatis, A. G. (2021). Comparative evaluation of tomato hybrids and inbred lines for fruit quality traits. *Agronomy*, 11(3), 1–14.

- <https://doi.org/10.3390/agronomy11030609>
4. Bai, Y., & Lindhout, P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? In *Annals of Botany* (Vol. 100, Issue 5, pp. 1085–1094). <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>
 5. Breksa, A. P., Robertson, L. D., Labate, J. A., King, B. A., & King, D. E. (2015). Physicochemical and morphological analysis of ten tomato varieties identifies quality traits more readily manipulated through breeding and traditional selection methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42(6), 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.02.011>
 6. Chaudary, Yadav, S. K., Shivaraj, S. M., & Sonah, H. (2019). Mutation Breeding in Tomato: Advances, Applicability and Challenges . *Plants* , 8(5), 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants8050128>
 7. Chauhan, A., Sharma, D., Kumar, R., & Shiwani, K. (2021). Methods of propagation in vegetable crops. *Recent Trends in Propagation of Forest and Horticultural Crops*, October, 270–281. <https://www.researchgate.net/publication/355393673>
 8. Colombo, N., & Galmarini, C. R. (2017). The use of genetic, manual and chemical methods to control pollination in vegetable hybrid seed production: A review. *Plant Breeding*, 136(3), 287–299. <https://doi.org/10.1111/pbr.12473>
 9. Del Medico, A. P., Cabodevila, V. G., Vitelleschi, M. S., & Pratta, G. R. (2019). Multivariate estimate of heritability for quality traits in tomatoes by the multiple factor analysis. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 54, 1-8 <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00064>
 10. Ehdaei, B. (2012). Plant Breeding. University of Tehran Publications, Tehran, Iran .471 p. (in Persian).
 11. FAO. 2022. FAOSTAT production crops. <https://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
 12. Figàs, M. R., Prohens, J., Casanova, C., Fernández-de-Córdova, P., & Soler, S. (2018). Variation of morphological descriptors for the evaluation of tomato germplasm and their stability across different growing conditions. *Scientia Horticulturae*, 238, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.039>
 13. Garuba, T., Mustapha, O. T., & Oyeyiola, G. P. (2018). Shelf life and proximate composition of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits as influenced by storage methods. *Ceylon Journal of Science*, 47(4), 387. <https://doi.org/10.4038/cjs.v47i4.7557>
 14. Henareh M, Dursun A and Abdoullahi Mandoulakani B (2015) Genetic diversity in tomato landraces collected from Turkey and Iran revealed by morphological characters. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 14(2): 87-96. <https://czasopisma.up.lublin.pl/asphc/article/view/2560>.
 15. Iqbal, R. K., Saeed, K., Khan, A., Noreen, I., & Bashir, R. (2019). Tomato (*Lycopersicum Esculentum*) Fruit Improvement through Breeding. *Inno Scholar Journal of Applied Sciences and Research*, 2(7), 7–21. <https://innovationinfo.org/articles/SJASR/SJASR-1-243.pdf>
 16. Kerketta, A., & Bahadur, V. (2019). Genetic Variability, Heritability and Genetic Advance for Yield and Yield Contributing Characters in Tomato (*Solanum lycopersicum*L.) Genotypes. *Plant Archives*, 7(3), 577–582. <https://doi.org/10.5539/jas.v7n3p148>
 17. Kumar, R., Paul, V., Pandey, R., Sahoo, R. N., Gupta, V. K., Asrey, R., & Jha, S. K. (2022). Reflectance based non-destructive assessment of tomato fruit firmness. *Plant Physiology Reports*, 27(3), 374–382. <https://doi.org/10.1007/s40502-022-00678-5>
 18. Mivehchi Langaroudi, H. (2000). Comparison of yield and quality of 15 tomato cultivars in Bushehr province. *Seed and Plant Journal*, 16(3), 386–389.(in Persian with English abstract)
 19. Mostert, S. (2023). Optimise 2 , 4-D applications and investigate alternatives for calyx retention. *Plant Breeding* 25(3). <https://doi.org/10.5987/0974-4517.2023.00740.3> .
 20. Patta, S., Vari, A. K., Tomar, B. S., & Singh, B. (2015). Standardization of seed production technology in hybrid tomato (*Solanum lycopersicum* L.) . *Applied Biological Research*, 17(3), 280. <https://doi.org/10.5958/0974-4517.2015.00040.3>
 21. Prohens-Tomás, J., & Nuez, F. (2007). *Vegetables II: Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae* (J. Prohens (ed.); Vol. 2). Springer Science & Business Media.
 22. Prudent, M., Causse, M., Génard, M., Tripodi, P., Grandillo, S., & Bertin, N. (2009). Genetic and physiological analysis of tomato fruit weight and composition: Influence of carbon availability on QTL detection. *Journal of Experimental Botany*, 60(3), 923–937. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern338>
 23. Reddy, B. R., Reddy, D. S., Reddaiah, K., & Sunil, N. (2013). Studies on genetic variability, heritability and genetic advance for yield and quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(9), 238–244. <http://www.chemijournal.com>
 24. Saeedi, M., Mirdehghan, S. H., Koushesh Saba, M., & Nazoori, F. (2025). Strategies to preserve quality and improve storage life of fresh in-hull pistachio: a review. *Postharvest Biology and Technology*, 230,

113751. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2025.113751>
25. Saleem, M. Y., Asghar, M., Haq, M. A., Rafique, T., Kamran, A., & Khan, A. A. (2009). Genetic analysis to identify suitable parents for hybrid seed production in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), 1107–1116. [http://www.plantarchives.org/PDF%2019-1/559-564%20\(4842\).pdf](http://www.plantarchives.org/PDF%2019-1/559-564%20(4842).pdf)
26. Thole, V., Vain, P., Yang, R. Y., Almeida Barros da Silva, J., Enfissi, E. M. A., Nogueira, M., Price, E. J., Alseekh, S., Fernie, A. R., Fraser, P. D., Hanson, P., & Martin, C. (2020). Analysis of Tomato Post-Harvest Properties: Fruit Color, Shelf Life, and Fungal Susceptibility. *Current Protocols in Plant Biology*, 5(2), 1–17. <https://doi.org/10.1002/cppb.20108>
27. Yang, J., Liu, Y., Liang, B., Yang, Q., Li, X., Chen, J., Li, H., Lyu, Y., & Lin, T. (2023). Genomic basis of selective breeding from the closest wild relative of large-fruited tomato. *Horticulture Research*, 10(8). <https://doi.org/10.1093/hr/uhad142>
28. Yesmin, L., Islam, M., Rahman, M., Uddin, M., & Ahmad, S. (2014). Inbred and hybrid seed production potentiality of tomato (*Lycopersicon esculentum*) genotypes and their yield performance during summer. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 39(1), 13–21. <https://doi.org/10.3329/bjar.v39i1.20057>
29. Zhou, M., Deng, L., Yuan, G., Zhao, W., Ma, M., Sun, C., Du, M., Li, C., & Li, C. (2023). Rapid generation of a tomato male sterility system and its feasible application in hybrid seed production. *Theoretical and Applied Genetics*, 136(9), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s00122-023-04428-5>