Archive of SID

تأثیر شوری و مرحله رسیدن میوه بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی در سیستم آبکشت

رسول آذرمی[1]* و نادر چاپارزاده[2]

۱-***نویسنده مسئول:** استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (r_azarmi@uma.ac.ir)

۲- استاد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۱

چکیده

کیفیت آب و مرحله بلوغ میوه تأثیر زیادی بر کیفیت میوه گوجه‌فرنگی دارد. بدین منظور برای بررسی تأثیر شوری و مرحله رسیدگی میوه بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و عمر ماندگاری میوه گوجه‌فرنگی در سیستم آبکشت، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹٤ اجرا گردید. میوه‌های گوجه‌فرنگی از گیاهان رشد یافته در سه سطح شوری (۲، ٤ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و در سه مرحله رسیدن میوه (سبز بالغ، صورتی و قرمز) جمع‌آوری شدند. نتایج نشان داد که مواد جامد محلول میوه، هدایت الکتریکی عصاره میوه و درصد ماده خشک میوه با افزایش شوری محلول غذایی و با پیشرفت مرحله رسیدگی میوه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اما مقدار آب‌میوه ۹ درصد کاهش نشان داد. بیشترین میانگین وزن میوه (۱٤۷/۷ گرم) و حجم میوه (۱۵۳ سانتی‌متر مکعب) در میوه‌های رشدیافته در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و میوه‌های برداشت‌شده در مرحله صورتی رنگ به‌دست آمد. میوهای سفت و با عمر ماندگاری بیشتر در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و در مرحله بلوغ سبز رنگ مشاهده گردید. کاربرد شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر در میوه‌های سبز بالغ فعالیت آنزیم اسکوربات پراکسیداز را ٦۲/۵ درصد در مقایسه با شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در میوهای قرمز رنگ افزایش داد. بنابراین پرورش گوجه‌فرنگی در محلول غذایی با شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر و برداشت میوه در مرحله قرمز رنگ می‌تواند در بهبود کیفیت و وزن مناسب میوه مفید باشد.

کلید واژه‌ها: رسیدگی میوه، کیفیت میوه، گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، هدایت الکتریکی

مقدمه

گوجه‌فرنگی یکی از مهم‌ترین سبزی‌های مصرف‌شده در دنیا هست که با داشتن انواع ویتامین‌ها، کاروتنوئیدها، کاروتن، اسیدهای آلی، قندها و املاح معدنی نقش مهمی در سلامت انسان ایفا می‌کند (Helyes *et al.*, 2006). این محصول با تولید ۱۶۰ میلیون تن در سال بیشترین میزان تولید در بین سبزی‌های میوه‌ای را دارد (FAO, 2013). امروزه گوجه‌فرنگی در سطح وسیعی به‌صورت آبکشت تولید می‌شود و در حال قرار گرفتن در رژیم غذایی روزانه مردم بسیاری از کشورهاست. تقریباً بیش از نصف آب‌های زیرزمینی که در نواحی خشک و نیمه‌خشک برای آبیاری محصولات کشاورزی استفاده می‌شوند مشکل شوری دارند که این مسئله در کاهش عملکرد و کیفیت محصولات نقش مهمی دارد (Chretien *et al.*, 2001). استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و آلی و همچنین آبیاری با آب شور، با افزایش تنش اسمزی سبب کاهش رشد و تغییر ترکیب شیمیایی میوه گوجه‌فرنگی می‌شود (Cuartero and Munoz, 1999؛ Diacono and Montemurro, 2015). نتایج آزمایش نشان داده

www.SID.ir

Archive of SID

است که گوجه‌فرنگی‌هایی که تحت تیمار شوری محلول غذایی قرارگرفته‌اند به دلیل طعم و مزه مطلوب‌تر و خوشمزه‌تر و میوه سفت‌تر، بازارپسندی بهتری دارند (Sato *et al.*, 2006). Petersen *et al.* (1998) گزارش کرده‌اند که گوجه‌فرنگی‌های تولیدشده در محلول غذایی حاوی نمک کلرید سدیم، با افزایش مقدار اسید آسکوربیک و اسیدیته میوه موجب علاقه‌مندی بیشتر مصرف‌کنندگان به این محصول شد. بلوغ میوه در زمان برداشت یکی از عوامل اصلی در تعیین کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها و همچنین عمر انبارمانی و کیفیت نهایی آن‌ها هست (Moshir *et al.*, 2014). برداشت میوه‌های گوجه‌فرنگی در مرحله قرمز در مقایسه با میوه‌های سبز بالغ کیفیت بالاتر و طعم بهتری دارند. معمولاً میوه‌های تازه خوری گوجه‌فرنگی در مرحله صورتی و یا قرمز برداشت می‌شود. اما برخی از پرورش‌دهندگان، گوجه‌فرنگی را در مرحله سبز بالغ برداشت می‌نمایند برداشت در این مرحله در مقایسه با برداشت در مرحله صورتی‌رنگ باعث سفتی میوه، کاهش صدمات مکانیکی و لهیدگی در موقع حمل و نقل محصول و کاهش در هزینه برداشت می‌شود. میوه‌های سبز بالغ به ۳-۲ مرحله برداشت و میوه‌های صورتی به ۸-۶ مرحله برداشت نیاز دارند (Davis and Gardner, 1994). گوجه‌فرنگی محصول فرازگرا با عمر ماندگاری کوتاه در حدود ۳-۲ هفته می‌باشد. این میوه‌ها به علت داشتن بافت نرم و آبدار در زمان پس از برداشت، فسادپذیری بیشتری دارند هر چقدر فاصله زمانی محل تولید تا مصرف زیاد باشد درصد ضایعات میوه افزایش می‌یابد (Bahramian *et al.*, 2016). در بیشتر مناطق دنیا و ایران که از نظر نور خورشید و دمای محیط در برخی فصول سال شرایط مطلوب می‌باشد آب‌های باکیفیت مطلوب کمتر است. با وجود نقش شناخته‌شده شوری روی کیفیت میوه، اطلاعات محدودی در زمینه تأثیر متقابل شوری و مرحله بلوغ میوه بر خصوصیات کیفی میوه گوجه‌فرنگی نه تنها در ایران بلکه در دنیا وجود دارد. بنابراین در این تحقیق، واکنش گوجه‌فرنگی رشدیافته در سطوح مختلف شوری و تغییراتی که در طی مراحل مختلف بلوغ اتفاق می‌افتد به منظور مدیریت بهتر زمان مناسب برداشت این محصول و دستیابی به میوه‌های با ارزش تغذیه‌ای بیشتر مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر شوری و مرحله بلوغ میوه بر خصوصیات کیفی و عمر ماندگاری میوه گوجه‌فرنگی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۴ انجام شد. فاکتور اول شامل سه سطح شوری ۲، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر (ناشی از نمک کلرید سدیم) و فاکتور دوم شامل سه مرحله رسیدگی میوه سبز بالغ، صورتی و قرمز بودند. برای انجام آزمایش بذر گوجه‌فرنگی رقم نیوتن (*Lycopersicon lycopersicom* Mill cv. Nioton) در سینی‌های حاوی کوکوپیت کشت‌شده و با ظهور چهارمین برگ حقیقی، دانهال‌ها به کیسه‌های رشد محتوی کوکوپیت در گلخانه انتقال یافتند. هر کیسه رشد به طول یک متر به‌عنوان یک بلوک در نظر گرفته شد. گیاهان در طول دوره رشد با محلول غذایی هوگلند تغییریافته که غلظت‌های آن در جدول (۱) آمده است، آبیاری می‌شدند (Hoagland and Arnon, 1950).

pH محلول غذایی با افزودن اسید فسفریک و اسید نیتریک، در محدوده ۶/۵ تنظیم شد. هدایت الکتریکی (EC) محلول‌های غذایی با آبشویی بستر کشت به‌صورت هفتگی در محدوده ۲، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر نگه‌داشته شدند. دمای گلخانه در روز ۲±۲۸ و در شب ۲±۲۲درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی گلخانه ۵± ۶۵ درصد و شدت نور روزانه ۱۰۰۰ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه تنظیم‌شده بود. در اواسط دوره برداشت میوه، شش میوه رشدیافته از سطوح مختلف شوری، از سه مرحله رسیدگی میوه در مراحل سبز بالغ، صورتی و

www.SID.ir

Archive of SID

قرمز برداشت‌شده و میوه‌های آسیب‌دیده و بیش‌ازحد رسیده حذف گردیدند. نمونه‌های میوه با اندازه یکسان برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه برداشت شدند. برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول، اسیدیته و هدایت الکتریکی عصاره میوه، میوه‌های با اندازه یکسان به‌وسیله مخلوط‌کن به منظور به دست آوردن عصاره میوه، همگن شدند. از عصاره موجود برای سنجش مواد جامد محلول، pH و EC میوه استفاده گردید. مواد جامد محلول میوه‌ها با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی(Atago Co., Tokyo, Japan)، pH عصاره میوه توسط دستگاه pHمتر دیجیتالی و EC میوه به وسیله دستگاه هدایت الکتریکی‌سنج قرائت و ثبت شد. برای اندازه‌گیری میزان سفتی، میوه‌های با اندازه یکسان انتخاب گردیده و با استفاده از کاترهای مخصوص پوست میوه‌ها جداشده و با فشار دادن دستگاه سفتی‌سنج در بافت گوشتی میوه‌ها تا خط نشانه، میزان سفتی میوه‌ها قرائت گردید (Model, ST 977, Italy). برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون، عصاره میوه با آب‌مقطر رقیق‌شده و با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال عیارسنجی گردید. با پایان عمل عیارسنجی میزان سود مصرفی ثبت شد. درصد اسیدیته با استفاده از رابطه $Z = ([V \times N \times meq]/Y) \times 100$ محاسبه گردید. در این فرمول Z درصد اسیدیته، V میلی‌لیتر سود مصرفی، N نرمالیته سود و meq میلی‌اکی‌والان (معادل ۰/۰۶۴) اسید غالب میوه گوجه‌فرنگی (اسیدسیتریک) است (Saltveit, 2005). درصد ماده خشک میوه و درصد آب‌میوه با استفاده از رابطه $(FW-DW/FW) \times 100$ محاسبه گردید (FW = وزن تر، DW = وزن خشک). برای ارزیابی عمر ماندگاری، میوه‌های با اندازه یکسان از هر مرحله بلوغ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری‌شده و زمانی که آن‌ها شروع به چروکیدگی و نرم شدن کردند برداشت و عمر ماندگاری آن ثبت گردید. برای استخراج آنزیم آسکوربات پراکسیداز، ۰/۵ گرم بافت تر برگ در ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم سرد (۱۰۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷/۵) محتوی پلی‌وینیل پیرولیدون یک درصد و EDTA همگن‌شده و به‌مدت ۲۰ دقیقه در ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. مایع‌رویی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و تعیین مقدار پروتئین محلول کل میوه مورداستفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، در مخلوط واکنشی دارای اسید آسکوربیک و پراکسید هیدروژن میزان اکسیداسیون اسید آسکوربیک در طول موج ۲۹۰ نانومتر پیگیری و فعالیت آنزیم به‌صورت Unit g^{-1} FW گزارش گردید (Nakano and Asada, 1987). پروتئین کل محلول میوه به روش برادفورد اندازه‌گیری شد (Bradford,1976).

جدول ۱- غلظت عناصر و نمک‌های استفاده‌شده در محلول غذایی هوگلند تغییریافته

Table 1. Minerals concentration and used salts in modified Hoagland's solution

غلظت (میلی‌گرم در لیتر) Concentration (mg L^{-1})	نوع نمک Salt type	غلظت (میلی‌گرم در لیتر) Concentration (mg L^{-1})	نوع نمک Salt type
Mo = 0.03	$H_2MoO_4 . H_2O$	P = 34.88	KH_2PO_4
Mn = 0.1	$MnSO_4 . 4H_2O$	K = 219.4	KNO_3
Zn =0.1	$ZnSO_4 . 7H_2O$	Ca = 160	$Ca(NO_3)_2 . 4H_2O$
Cu = 0.03	$CuSO4 . 5H_2O$	Mg = 24	$MgSO_4$
B = 0.3	H_3BO_3	N = 215.5	NH_4NO_3
Fe = 10	Fe-EDDHA	S = 55	S

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS statistical version 21، مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها با Excell 2010 صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر ساده و متقابل شوری و مرحله رسیدگی میوه بر میانگین وزن و حجم میوه معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین وزن میوه با ۱۴۷/۶ گرم در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و در مرحله رسیده صورتی و کمترین آن با ۶۸ گرم در گیاهان تغذیه‌شده با شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و در میوه‌های برداشت‌شده در مرحله سبزرنگ به‌دست آمد (جدول ۳). روند تغییرات حجم میوه مشابه وزن میوه بود. هر گیاهی برای تولید میوه با اندازه بزرگ‌تر و به عبارتی عملکرد بیشتر، نیازمند رشد رویشی قوی و اندوخته غذایی کافی می‌باشد این رشد مناسب زمانی میسر خواهد شد که جذب مطلوب آب و عناصر معدنی توسط ریشه انجام شود (Turhan and Atilah, 2004). افزایش شوری محلول غذایی اثر زیادی روی پتانسیل اسمزی آن داشته و جذب آب توسط گیاه را محدود می‌کند که در پی آن جریان آب به سمت میوه‌ها کاهش می‌یابد (Gul and Sevgican, 1992). با توجه به این‌که بخش اعظم وزن میوه گوجه‌فرنگی را آب تشکیل می‌دهد، بنابراین با محدود شدن جریان آب به سمت میوه وزن و اندازه آن کاهش خواهد یافت (Hohjo *et al.*, 2001). کاهش در اندازه میوه با افزایش هدایت الکتریکی محلول غذایی توسط محققان مختلف گزارش شده است (Ho *et al.* 1987؛ Fanasca *et al.*, 2007). Haslip (1979) نشان داد که اندازه میوه با پیشرفت رسیدگی میوه افزایش می‌یابد. جدول (۲) نشان می‌دهد که مقدار آب‌میوه به‌طور معنی‌داری متأثر از اثر ساده و متقابل شوری و مرحله رسیدگی میوه بود. بدین‌صورت که با افزایش شوری محلول غذایی از ۲ به ۸ دسی‌زیمنس بر متر درصد آب‌میوه از ۹۷ درصد به ۹۰ درصد کاهش یافت اما درصد آب‌میوه در مرحله صورتی‌رنگ ۹۲/۶ درصد و در مرحله سبز بالغ به ۹۴/۳ درصد رسید (جدول ۳). مقدار آب بیشتر در میوه‌ها باعث کاهش استحکام و دوام بافت میوه موز می‌شود (Asoegwu, 1996). Navarro *et al.* (2006) گزارش کردند که مقدار آب‌میوه فلفل بستگی به سطح شوری و مرحله بلوغ آن دارد. به‌طوری‌که مقدار آب میوه با افزایش سطح شوری در محلول غذایی کاهش و با رسیدن میوه افزایش نشان داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر شوری و مرحله رسیدگی میوه بر کیفیت میوه گوجه‌فرنگی

Table 2. Variance analysis of effects of salinity and fruit ripening stage on tomato fruit quality

منابع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی df	حجم میوه Fruit volume	وزن میوه Fruit weight	آب‌میوه Fruit water	سفتی میوه Fruit firmness	EC آب‌میوه Juice EC
بلوک Replication	2	278.70*	36.14^{ns}	0.098^{ns}	0.251**	0.022**
شوری Salinity	2	13500.92**	9247.1**	108.58**	0.299**	0.175**
مرحله رسیدگی میوه Fruit ripening stage	2	559.25**	570.7**	7.003**	5.83**	0.057**
شوری × رسیدگی میوه Salinity × Fruit ripening	4	84.09**	55.92**	2.099**	0.065**	0.006**
خطا Error	8	7.32	31.98	0.111	0.011	0.0001
کل Total	27					
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		2.45	5.22	0.35	4.24	1.65

ns، ** و *: به‌ترتیب به معنی عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * means no significant differences, significant at the 1 and 5 % probadility level, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر شوری و مرحله رسیدگی میوه و برهمکنش آن‌ها بر خصوصیات کیفی گوجه‌فرنگی

Table 3. Mean comparision of effect of salinity and fruit ripening stage on tomato quality characteristics

شوری Salinity	مرحله رسیدگی میوه Fruit ripening stage	حجم میوه (سانتی‌متر مکعب) Fruit volume (cm^3)	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	آب‌میوه (درصد) Fruit water (%)	سفتی میوه (کیلوگرم) Fruit firmness (kg)	EC آب‌میوه (دسی‌زیمنس بر متر) Juice EC ($dS\ m^{-1}$)
2	سبز Mature green	141.33^{b}	136.33^{b}	96.87^{b}	3.55^{a}	0.46^{cd}
	صورتی Pink	153.00^{a}	147.66^{a}	97.27^{a}	2.24^{c}	0.41^{d}
	قرمز Red	146.67^{ab}	139.66^{ab}	97.15^{ab}	2.13^{c}	0.54^{bc}
4	سبز Mature green	100.33^{d}	95.33^{d}	92.79^{d}	3.51^{a}	0.61^{b}
	صورتی Pink	125.33^{c}	118.00^{c}	94.33^{c}	1.98^{c}	0.51^{c}
	قرمز Red	115.33^{c}	104.66^{d}	94.11^{d}	2.00^{c}	0.61^{b}
8	سبز Mature green	67.27^{ef}	68.00^{f}	88.35^{f}	3.13^{b}	0.81^{a}
	صورتی Pink	77.67^{e}	81.66^{e}	90.30^{e}	2.09^{c}	0.61^{b}
	قرمز Red	64.00^{f}	82.00^{e}	91.80^{e}	1.62^{d}	0.82^{a}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در سطح پنج درصد.

Same letters in each column indicate no significant difference between treatments at 5% level.

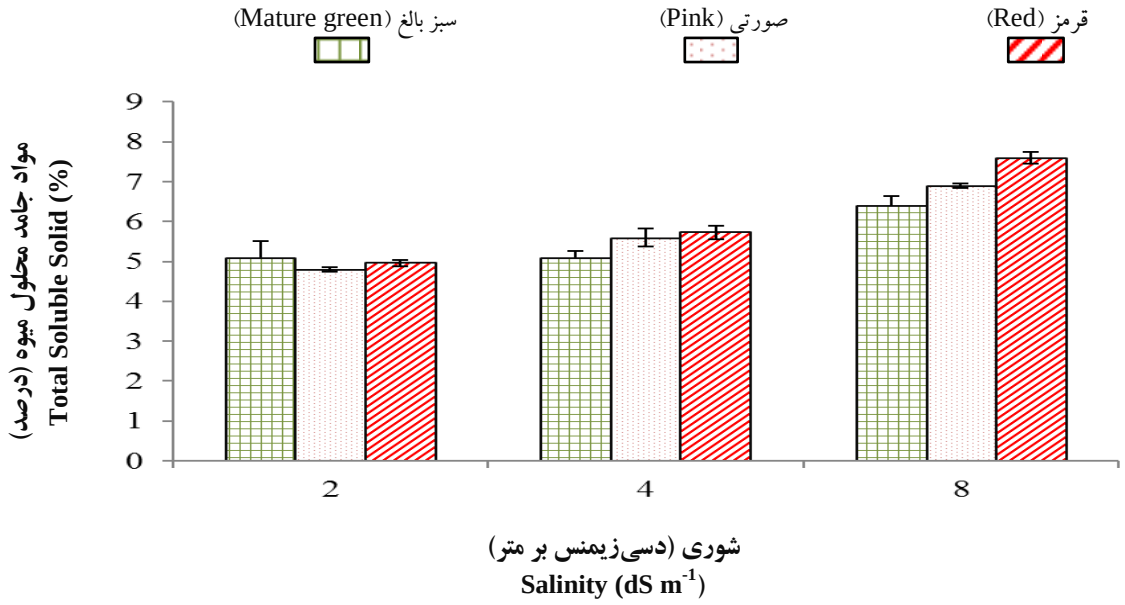
با توجه به نتایج داده‌ها، سفتی میوه به‌طور معنی‌داری متأثر از اثر ساده و متقابل شوری و مرحله رسیدگی میوه بود (جدول ۲). سفت‌ترین میوه در محلول غذایی با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و در میوه‌های مرحله سبز، و نرم‌ترین آن در میوه‌های گیاهان رشد یافته در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و در مرحله قرمز به‌دست آمد (جدول ۳). برداشت میوه در مراحل اولیه رسیدگی میوه در مقایسه با مراحل پیشرفته آن، سفتی میوه را بدون کاهش قابل‌توجه در کیفیت آن بهبود می‌بخشد. این اختلاف ممکن است در ارتباط با میزان آب آزاد باشد که در میوه‌های رسیده در مقایسه با میوه‌های نارس بیشتر است. بر اساس نتایج این آزمایش نرم شدن میوه در زمان رسیدن ممکن است ناشی از کاهش پروتئین‌های محلول در اثر هضم پروتئین‌های دیواره سلولی باشد (Abhang *et al.*, 2015). نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سطح شوری، استحکام بافت میوه به خاطر کاهش مقدار آب، کمتر می‌شود. به‌طورکلی نرم شدن میوه ممکن است به خاطر فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز باشد که باعث تغییر در ترکیب مواد پکتینی در بخش محلول می‌شود. تجزیه مواد پکتینی در تیغه میانی و دیواره سلولی عامل مهمی در رسیدن میوه می‌باشد (Verkerke and Schols, 1992). نتایج نشان داد که محتوای مواد جامد محلول میوه در مراحل مختلف رسیدگی میوه توسط تیمارهای مختلف شوری، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت. به‌طوری‌که با افزایش شوری محلول غذایی و با پیشرفت مرحله رسیدگی، مواد جامد محلول میوه نیز افزایش نشان داد (شکل ۱). افزایش مواد جامد محلول میوه در تیمار شوری ممکن است ناشی از مقدار آب کمتر و هدایت الکتریکی بیشتر در آن باشد (Plaut, 1997). تغییرات مقدار مواد جامد محلول میوه بستگی به مرحله رسیدگی دارد و مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

آن با رسیدن و رنگ‌گیری میوه گوجه‌فرنگی بیشتر می‌شود. برداشت میوه گوجه‌فرنگی در مرحله کاملاً رسیده دلالت بر کیفیت بهتر میوه دارد اما عمر مدت ماندگاری آن کاهش می‌یابد (Malash *et al.*, 2002). درصد ماده خشک میوه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای شوری و مرحله رسیدگی میوه قرار گرفت (جدول ۴). گوجه‌فرنگی‌های رشدیافته در هدایت الکتریکی ۸ دسی‌زیمنس بر متر و برداشت در مرحله صورتی‌رنگ بیشترین درصد ماده خشک میوه را به خود اختصاص دادند که برابر با ۷/۹۴ درصد بود. افزایش میزان ماده خشک در میوه‌ها یکی از عوامل بهبود کیفیت در آن‌ها می‌باشد. مقدار ماده خشک میوه با تجمع مواد فتوسنتزی و مقدار آب آن تعیین می‌گردد. قابلیت دسترسی به مواد فتوسنتزی بستگی به نور، دما و تغذیه گیاه دارد و میزان دسترسی میوه به آب با توجه به مقدار آب گیاه مشخص می‌شود (Ho, 1987). با توجه به نتایج این آزمایش، درصد ماده خشک میوه در شوری بالا ممکن است ناشی از کاهش اندازه میوه، مقدار آب کمتر میوه، افزایش مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی بیشتر آن باشد. Gautier *et al.* (2010) نشان دادند شوری ماده خشک میوه را در مراحل مختلف رسیدن میوه افزایش می‌دهد.

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر ساده و متقابل شوری محلول غذایی و مرحله رسیدگی میوه بر هدایت الکتریکی عصاره میوه معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری که بیشترین هدایت الکتریکی عصاره میوه در گوجه‌فرنگی‌های رشدیافته در هدایت الکتریکی ۸ دسی‌زیمنس بر متر در هر سه مرحله رسیدگی میوه به‌دست آمد (جدول۳). افزایش هدایت الکتریکی عصاره میوه ممکن است در ارتباط با غلظت بیشتر عناصر معدنی به‌ویژه سدیم و کلر و سایر مواد محلول میوه باشد و همچنین هدایت الکتریکی بیشتر در مرحله قرمزرنگ ممکن است به خاطر تبدیل کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای آلی به فرم ساده‌تر و یا مواد جامد محلول باشد (Malash *et al.*, 2002). جدول (۴) نشان می‌دهد که فقط اثر ساده شوری و مرحله رسیدگی میوه بر اسیدیته قابل عیارسنجی و شاخص طعم (TSS/TA) تأثیر معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که با افزایش شوری محلول غذایی اسیدیته قابل عیارسنجی افزایش یافت اما با رسیدن میوه مقدار آن کاهش نشان داد (جدول ۵).



شکل ۱- تأثیر شوری و رسیدگی میوه بر مقدار مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی

Figure 1. Effect of salinity and fruit ripening on total soluble solid content of tomato fruit

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- تجزیه واریانس تأثیر شوری و مرحله رسیدگی میوه بر کیفیت میوه گوجه‌فرنگی

Table 4. Variance analysis of effects of salinity and fruit ripening stage on tomato fruit quality

منابع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی df	وزن خشک میوه Dry weight fruit	اسیدیته میوه Fruit acidity	شاخص طعم میوه Fruit flavor index	عمر ماندگاری میوه Fruit shelf life	اسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase
بلوک Replication	2	0.093**	0.009**	3.68*	75.25**	0.550^{ns}
شوری Salinity	2	28.46**	0.012**	12.09**	48.14**	3.926**
مرحله رسیدگی میوه Fruit ripening stage	2	1.371**	0.019**	22.34**	49.14**	29.39**
شوری × رسیدگی میوه Salinity × Fruit ripening	4	0.291**	0.001^{ns}	1.05^{ns}	0.315^{ns}	0.179^{ns}
خطا Error	8	0.064	0.001	0.997	1.009	0.334
کل Total	27					
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		4.18	6.22	6.74	8.10	10.46

ns ،** و *: به‌ترتیب به معنی عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * means no significant differences, significant at the 1 and 5 % probadility level, respectively.

جدول ٥- مقایسه میانگین تأثیر شوری و مرحله رسیدگی میوه و برهمکنش آن‌ها بر خصوصیات کیفی گوجه‌فرنگی

Table 5. Mean comparision of effect of salinity and fruit ripening stage on tomato quality characteristics

شوری Salinity	مرحله رسیدگی میوه Fruit ripening stage	وزن خشک میوه (درصد) Dry weight fruit (%)	اسیدیته میوه (درصد) Fruit acidity (%)	شاخص طعم میوه Fruit flavor index	عمر ماندگاری میوه (روز) Fruit shelf life (day)	اسکوربات پراکسیداز (واحد درگرم وزن تر) Ascorbate peroxidase ($U\,g^{-1}$ FW)
2	سبز Mature green	4.24^{d}	0.513	10.07	17.00	7.30^{ab}
	صورتی Pink	4.01^{d}	0.490	9.94	15.00	5.23^{de}
	قرمز Red	3.97^{d}	0.420	12.02	13.00	3.46^{f}
4	سبز Mature green	6.84^{b}	0.553	9.32	14.00	7.90^{a}
	صورتی Pink	6.67^{b}	0.516	10.83	12.00	6.13^{cd}
	قرمز Red	6.13^{c}	0.446	12.83	9.00	4.73^{e}
8	سبز Mature green	7.91^{a}	0.584	10.94	13.00	6.80^{bc}
	صورتی Pink	7.94^{a}	0.541	12.75	10.66	5.16^{de}
	قرمز Red	6.71^{b}	0.514	14.78	8.00	2.96^{f}

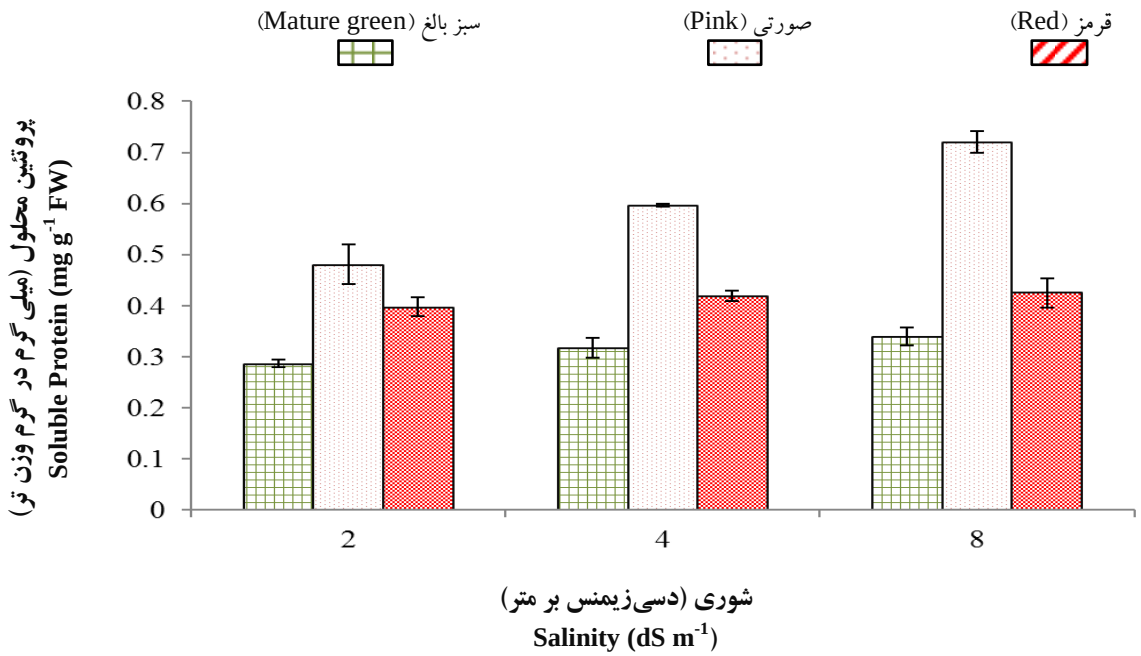
حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در سطح پنج درصد.

Same letters in each column indicate no significant difference between treatments at 5% level.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج این تحقیق با یافته‌های Navarro *et al.* (2006) همسو بود که نشان دادند غلظت اسیدهای آلی با افزایش شوری در محلول غذایی افزایش‌یافته و در زمان رسیدن میوه کاهش می‌یابد. شاخص طعم یا نسبت TSS/TA عامل مهمی برای ارزیابی طعم میوه گوجه‌فرنگی می‌باشد. از آنجائی که شیرینی و ترشی معیار مهمی برای طعم میوه گوجه‌فرنگی می‌باشد شاخص طعم بهتر در مراحل اولیه رسیدن ناشی از کاهش مقدار TSS و افزایش TA می‌باشد. برداشت میوه در مرحله رسیدگی کامل موجب بهبود شاخص طعم آن می‌شود (Elenaionica *et al.*, 2015). عمر ماندگاری میوه‌ها در سطوح مختلف شوری و مراحل مختلف رسیدگی میوه به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ۴). عمر ماندگاری میوه‌های برداشت‌شده در مرحله سبز بالغ ۳۲ درصد بیشتر از میوه‌های برداشت‌شده در مرحله قرمزرنگ بود. همچنین عمر ماندگاری میوه‌ها در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در حدود ۳۰ درصد بیشتر از شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۵). عمر ماندگاری میوه یکی از اجزا مهم کیفیت پس از برداشت محصول می‌باشد و بستگی به عوامل قبل از برداشت از قبیل مدیریت تغذیه دارد. عمر ماندگاری میوه به شدت تنش شوری بستگی دارد (Dorai *et al.*, 2001). Mizrahi (1982) نیز گزارش کرد که با افزایش شوری در محلول غذایی عمر ماندگاری گوجه‌فرنگی کاهش می‌یابد. افزایش شوری محلول غذایی عمر ماندگاری میوه را به دلیل کوتیکول ضخیم‌تر و مقاوم‌تر، حساسیت کمتر میوه به ترکیدگی میوه و جریان محدود آب به درون میوه کاهش می‌دهد (Hayman, 1987؛ Chretien *et al.*, 2000؛ Li *et al.*, 1999؛ Salamat *et al.*, 2013). Moshir Rahman *et al.* (2014) نشان دادند که برداشت میوه‌ها در مرحله سبز کمترین و در مرحله رسیدگی کامل بیشترین عمر ماندگاری میوه را داشتند. بنابراین برداشت گوجه‌فرنگی در مرحله صورتی رنگ را می‌توان به مدت طولانی به همراه حفظ رنگ و سفتی میوه نگهداری نمود. نتایج نشان می‌دهد که اثر ساده و متقابل شوری و مرحله رسیدگی میوه بر پروتئین محلول معنی‌دار بود. مقدار پروتئین محلول با افزایش سطح شوری محلول غذایی و با پیشرفت مرحله بلوغ میوه افزایش یافت (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر شوری و رسیدگی میوه بر مقدار پروتئین محلول میوه گوجه‌فرنگی

Figure 2. Effect of salinity and fruit ripening on soluble protein content of tomato fruit

www.SID.ir

Archive of SID

Casierra-Posada *et al.* (2009) نشان دادند که درصد پروتئین در میوه گیاهان تیمارشده با کلرید سدیم در مقایسه با تیمار شاهد بیشتر بود. Moradinezhad *et al.* (2016) نشان دادند که مقدار پروتئین کل با رسیدن میوه افزایش می‌یابد. کاهش مقدار پروتئین با رسیدن میوه ممکن است ناشی از هضم پروتئین‌های دیواره سلولی باشد.

جدول (۴) نشان می‌دهد که فقط اثر ساده شوری و مرحله رسیدگی میوه بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار بود. اختلاف بین تیمارها در ترکیب تیماری معنی‌دار گردید. بیشینه فعالیت آنزیم اسکوربات پراکسیداز در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و در میوه‌های سبز بالغ و حداقل آن در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و در میوه های رسیده مشاهده گردید (جدول ۶). آسکوربات پراکسیداز نقش مهمی در تنظیم مقدار پراکسید هیدروژن درون‌سلولی در گیاهان عالی ایفا می‌کند. Gautier *et al.* (2009) و Jebara *et al.* (2005) بیان داشتند که تنش شوری باعث افزایش قابل‌توجه در فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز می‌گردد. بر اساس نتایج این تحقیق با پیشرفت مرحله بلوغ میوه، تنش اکسیداتیو نیز افزایش می‌یابد. از آنجائی که تنفس منبع اصلی رادیکال سوپراکساید می‌باشد افزایش قابل توجه در تنفس میوه‌های فرازگرا مثل گوجه‌فرنگی، ممکن است تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن را در اواخر مرحله نمو میوه را افزایش دهد (Purvis *et al.*, 1995). تجمع گونه‌های فعال اکسیژن و فعالیت کمتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از عوامل اصلی کاهش عمر ماندگاری میوه در زمان رسیدن میوه و انبارداری می‌باشد (Mondal *et al.*, 2004).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با افزایش شوری در محلول غذایی کیفیت میوه افزایش، ولی وزن و اندازه میوه کاهش می‌یابد. همچنین با پیشرفت مرحله رسیدگی میوه از سبز بالغ به قرمزرنگ، کیفیت آن بهتر می‌شود. بنابراین با افزایش شوری محلول غذایی تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر و برداشت میوه در مرحله قرمز رنگ می‌توان میوه‌های با کیفیت بهتر و وزن مناسب‌تر تولید نمود.

References

Abhang, A. R., Rohokale, G. Y., Putares, A. and Rohokale, P. G. (2015). Changes in protein content and activity of enzyme protease during development and maturity in Ber fruits (*Ziziphus mauritiana*). International Journal of Current Research, 7(2), 12430-12433.

Asoegwu, S. N. (1996). Firmness and stability of plantain fruits under ambient temperature. International Agrophysics, 10(1), 37-41.

Bahramian, S., Ramin, A. A. and Amini, F. (2016). Evaluation of effect of calcium treatment on postharvest life of Dafnis tomato. Journal of Plant Process and Function, 16(5), 97-104. [In Farsi]

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annals Biochemistry, 72(1), 248-254.

Casierra-Posada, F., Pachon, C. A. and Nino-Medina, R. C. (2009). Changes in the quality characteristics of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Fruits affected by NaCl salinity. Acta Horticulturae, 821, 235-240.

www.SID.ir

Archive of SID

Chretien, S., Gosselin, A. and Dorais, M. (2000). High electrical conductivity and radiation-based water management improve fruit quality of greenhouse tomatoes grown in rockwool. Hortscience, 35(4), 627-631.

Cuartero, J. and Munoz, R. F. (1999). Tomato and salinity. Scientia Horticulturae, 78(1-4), 83-125.

Davis, J. M. and Gardner, R. G. (1994). Harvest maturity affects fruit yield, size and grade of fresh market tomato cultivar. Hortscience, 29(6), 613-615.

Diacono, M. and Montemurro, F. (2015). Effectiveness of organic waste as fertilizer and amendments in salt-affected soils. Agriculture, 5(2), 221-230.

Dorai, M., Papadopulos, A. P. and Gosselin, A. (2001). Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. Agronomy, 21(4), 367-383.

Elenaionica, M., Nour, V. and Trandafir, I. (2015). Evolution of some physical and chemical characteristics during grown and development of (*Cucumis melo* L.). Pakistan Journal of Agriculture Science, 52(2), 265-271.

Fanasca, S., Martini, A., Heuvelink, E. and Stanghellini, C. (2007). Effect of electrical conductivity, fruit ripening and truss position on quality in greenhouse tomato. Journal of Horticulture Science Biotechnology, 82(3), 488-492.

FAO. (2013). The state of food and agriculture. Food systems for better nutrition, Rome.

Gautier, H., Lopez-Lauri, F., Massot, C., Murshed, R., Marty, I., Grasselly, D., Keller, C., Sallanon, H. and Genard, M. (2010). Impact of ripening and salinity on tomato fruit ascorbate content and enzymatic activities related to ascorbate recycling. Function Plant Science Biotechnology, 4(1), 66-75.

Gul, A. and Sevgican, A. (1992). Effect of growing media on glasshouse tomato yield and quality. Acta Horticulturae, 303, 145-150.

Haslip, N. C. (1976). Fruit size increase as tomatoes approach maturity. Fort pierce. Agricaltural Research Center Research Report RL, 1-1979.

Hayman, G. (1987). The hair-like cracking of last season. Grower, 107(2), 3-5.

Helyes, L., Dimeny, J., Pek, Z. and Lugasi, A. (2006). Effect of maturity stage on content, color and quality of tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karsten) fruit. International Journal of Horticulture Science, 12(1), 41-44.

Ho, L. C., Grange, R. I. and Picken, A. J. (1987). An analysis of the accumulation of water dry matter in tomato fruit. Plant Cell Environmental, 10(2), 157-162.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. S. (1950). The water culture method for growing plants without soil. California Agriculture Experimental State, Circular.

Hohjo, M., Ganda, M., Maruo, T., Shinohara, Y. and Ito, T. (2001). Effect of NaCl application on growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. Acta Horticulturae, 548, 469-475.

www.SID.ir

Archive of SID

Jebara, S., Jebara, M., Limam, F. and Elarbi Aouani, M. (2005). Changes in ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase and superoxide dismutase activities in common bean (*Phaseolusvulgaris*) nodules under salt stress. Journal of Plant Physiology, 162(8), 929-936.

Li, G. J., Xu, Z. H., Dai, D. L. and Shou, W. L. (1999). The effect of cultivars, electrical conductivity and harvest date on the storability of cherry tomato grown in soilless culture. Acta Agriculture Zhejiangensis, 11(1), 17-22.

Malash, N., Ghaibeh, A., Yeo, A., Ragab, R. and Cuartero, J. (2002). Effect of irrigation water salinity on yield and fruit quality of tomato. Acta Horticulture, 573, 415-423.

Mizrahi, Y. (1982). Effect of salinity on tomato fruit ripening. Plant Physiology, 69(4), 966-970.

Mondal, K., Sharma, N. S., Malhutra, S. P., Dhavan, K. and Singh, R. (2004). Antioxidant systems in ripening tomato fruits. Biological Plantarum. 48(1), 49-53.

Moradinezhad, F., Setayesh, F., Mahmoodi, S. and Khayyati, M. (2016). Physicochemical properties and nutritional value of jujube (*Ziziphus jujub* a Mill.) fruit at different maturity and ripening stages. International Journal of Horticulture Science Technology, 3(1), 43-50. [In Farsi]

Moshir Rahman, M., Moniruz, Z., Rashid Ahmad Sarker, B. C. M. and Kharsid Ahmad, M. (2014). Maturity stages affect the postharvest quality and shelf life of fruits of strawberry genotypes growing in subtropical regions. Journal of Saudi Society Agricultural Sciences, 15(1), 28-27.

Nakano, Y. and Asada, K. (1987). Purification of ascorbate peroxidase in spinach chloroplast: in inactivation in ascorbate-depleted medium and reactivation by monodehydroascorbate radical. Plant Cell Physiology, 28(1), 131-140.

Navarro, T. M., Flores, P., Garrido, C. and Martinez, V. (2006). Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. Food Chemistry, 96(1), 66-73.

Petersen, K. K., Willumsen, J. and Kaach, K. (1998). Composition and taste of tomato as affected by increased salinity and different salinity sources. Journal of Horticulture Science Biotechnology, 73(2), 205-215.

Plaut, Z. (1997). Irrigation with low-quality water: Effects on productivity, fruit quality and physiological processes of vegetable crops. Acta Horticulture, 449, 591-597.

Purvis, A. C., Shewfelt, R. L. and Gegogeine, J. W. (1995). Superoxide production by mitochondria isolated from green bell pepper fruit. Physiology Plant, 94(4), 743-749.

Salamat, R., Ghassemzadeh, H. R., Heris, S. S. S. and Hajiloo, J. (2013). Determination of appropriate harvesting times for strawberry to enhance its flavor index and reduces bruising susceptibility. International Journal of Agronomy Plant Production, 4(8), 1969-1977.

www.SID.ir

Archive of SID

Saltveit, M. E. (2005). Postharvest biology and handling, In: Heuvelink, E. (Ed.), Tomatoes. Wallingford: CAB International.

Sato, S., Sakaguchi, S., Furukawa H. and Ikeda, H. (2006). Effect of Nacl application to hydroponic nutrition solution on fruit characteristics of tomato (Lycopersicum esculentum Mill). Scientia Horticulturae, 109(3), 248-253.

Turhan, E. and Atilla, E. (2004). Effect of chloride application and different media on ionic strawberry plants under salt stress conditions. Soil Science and Plant Analysis, 36(7-8), 1021-1028.

Verkerke, W. and Schols, M. (1992). The influence of EC level and specific nutrients on the firmness, taste and yield of tomato. Naaldwijk: Glasshouse Crops Research State.

www.SID.ir

Archive of SID

The Effect of Salinity and Fruit Ripening Stage on Some Quantitative and Quantitative Characteristics of Tomato in Hydroponics

R. Azarmi[1]* and N. Chaparzadeh[2]

1- *Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Plant Production, Moghan Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (r_azarmi@uma.ac.ir)
2- Professor, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Received: 7 January, 2017 Accepted: 22 November, 2017

Abstract

Background and Objectives

Tomato is one of the most important vegetable in Iran, not only because of its economics importance, but also for the nutritional value of its fruit, mainly due to the fact that they are an excellent source of natural colors and antioxidant compounds. Water quality and fruit maturity stage has a significant effect on tomato fruit quality. In the present research, we studied the response of tomato grown at different salinity levels, as well as the changes that take place during different maturity stages, in order to improve the management and harvesting of tomato and obtain fruit of a higher nutritional value.

Materials and Methods

In this study, to evaluate the effect of salinity and fruit ripening stage on physical, biochemical properties and shelf life of tomato fruits in hydroponics system, an experiment was carried out as factorial based on randomized complete block design with three replications at Moghan College of Agriculture and Natural Resources, during 2015. Fruits from plants grown under three saline treatments (2, 4 and 8 dS m^{-1}) were harvested at three ripening states (mature green, purple and red colors). The nutrient solution was prepared based on full strength of Hoagland's solution containing: 5.6 mM Ca $(NO_3)_2$, 4 mM KNO_3, 1 mM KH_2PO_4. Characteristics such as fruit fresh and dry weight, total soluble solid, firmness, flavor index, titratable acidity, soluble protein, ascorbate peroxidase activity and shelf life were measured.

Results

The results showed that total soluble solids, juice electrical conductivity and dry matter percentage of fruits significantly increased with increasing salinity in the nutrient solution and progressed the ripening stage, but fruit water content decreased by 9%. The highest weight (147.7 g) and volume of fruits (153 cm^3) were obtained in plants grown under 2 dS m^{-1} salinity and fruits harvested at the purple stage. Titratable acidity increased with increasing of salinity in the nutrient solution, but its content decreased at the red color stage. Firm fruit with greater shelf life was observed under 2 dS m^{-1} salinity and at the mature green stage. Soluble protein content in fruit was increased by increasing salinity levels in the nutrient solution, especially at the ripening stage. The application of 4 dS m^{-1} salinity at mature green stage increased ascorbate peroxidase activity up to 62.5% compared to 8 dS m^{-1} salinity and red color fruits.

Discussion

These results suggest that the improvement in fruit quality induced by the salinity is achieved by some biochemical changes and the reduction of fruit water content. Increasing of salinity in the nutrient solution can be useful for improving fruit quality, especially, when fruit is harvested at the red stage. However, with increasing salinity in the nutrient solution up to 4 dS m^{-1} and fruit harvest in the red color stage fruits with better quality and more suitable weight can be produced.

Keywords: Fruit quality, Fruit ripening, Electrical conductivity, Greenhouse Tomato

www.SID.ir