

Effect of Chemical and Hand thinning on the Fruit Biochemical Properties of 'Khadrawi' Date Palm during Fruit Development

Mansour Jalali¹, Noorollah Moallemi^{*2}, Esmail Khaleghi³, Shoreh Zivdar⁴,
Mostafa Rahmati Jonidabad⁵

Introduction

The date palm tree tolerate high temperatures, drought and salinity more than other fruit crop, that is why date palm tree is named the tree of life in the desert. Date palm (*Phoenix dactylifera*) is one of the fruit tree crops that is cultivated in arid region of Middle East and North Africa having a significant role on the economy of many countries in these regions. Fruit thinning is one of the major operation for improving the quality of dates as also for other fruit trees. Quality of dates is improved by increasing fruit weight and size and regulating date palm production by reducing the magnitude of year to year production affecting the date palm. Date palm orchard operations include all operations that are repeated annually to produce date fruit. Alternate bearing is common phenomenon in date palms. The thinning is one of the main methods that often helps to solve this problem. The main purpose of thinning is to create a suitable balance and often to increase the leaf to cluster ratio. It is creating a balance between vegetative growth and flowering and reducing the possibility of aging in the Alternate bearing. Fruit thinning is one of the necessary operations that affects the growth, quality, fruit yield and regulation of the Alternate bearing of the tree. The thinning process is performed manually, mechanically and chemically. Therefore, choosing a thinning method that saves time and money is necessary for date palms, especially in critical situations. The purpose of this experiment was conducted to investigate the effect of manual and chemical thinning on qualitative characteristics in different stages of date fruit development of the Khadrawi cultivar

Materials and Methods

An experiment was carried out as factorial experiment based on randomized complete block design with 3 replications at Shahid Chamran University of Ahvaz in 2022 and 2023. The Experimental factors included: hand thinning (No hand thinning, removal of 33%, removal of 25% of the total number of strands) and chemical thinning (zero, 50 and 100 mg per liter of naphthalene acetic acid). Chemical and strand thinning were done in the Hubabok stage (about 4 weeks after pollination) and the Kimri stage (12 to 13 weeks after pollination), respectively. In two consecutive years, the fruits were transferred to the plant physiology laboratory of the Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. The qualitative traits such as total soluble solids (%), pH, total acidity (%), taste index, antioxidant activity (%), total phenol (mg/gr FW), total soluble tannin (mg/gr FW), ascorbic acid (mg/gr FW), poly-galacturonase enzymes (U/gr FW), methyl pectin esterase (U/gr FW), cellulase (U/gr FW) and invertase (U/gr FW) and the percentage of reducing (%), non-reducing (%) and total sugars (%) were measured.

Results and Discussion

The results of this experiment showed that in the Tamar Stage, the interaction of hand and chemical thinning improved the qualitative characteristics of the fruit and on the characteristics of soluble total tannin, polygalactronase activity, pectin-methylesterase and reducing and total sugars, and the effect of hand thinning on total and percentage phenol and Non-reducing sugar and chemical thinning had a significant effect on ascorbic acid and cellulase enzyme. The results showed that there was upward trend in amount of total soluble solids, pH, total acidity, taste index, poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and the reducing and total sugars from the Kimri to Tamar stage. Also, there was downward trend in

amount of total phenol, total soluble tannin content, ascorbic acid, and non-reducing sugar percentage from the Kimri stage to the Tamar.

Conclusions

The Khadrawi date variety has short strands, which results in a significant density of fruits on the strands of a cluster, which leads to large changes between fruits in most of the biochemical properties and has a negative effect on marketability. Fruit thinning is one of the most important agronomic works in the groves, which improves the quality characteristics of the fruit. In general, the although, hand thinning is more expensive, time-consuming and relatively more difficult than chemical thinning, but our finding showed that the quality of date fruit of Khazrawi cultivar improved by removing 25% of the total number of strands and chemical thinning with 100 mg/liter naphthalene acetic acid and these treatments is recommended for palm growers.

Keywords: cellulose, invertase, naphthalene acetic acid, pectin-methyl-esterase, polygalactronase

المجلة
البيئية
النباتية

اثر تنک شیمیایی و دستی بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه خرماي رقم خضراوی در طی نمو میوه

منصور جلالی^۱، نوراله معلمی^{۲*}، اسمعیل خالقی^۳، شهره زیودار^۴ و مصطفی رحمتی جنیدآباد^۵

*- n.moallemi@scu.ac.ir

چکیده

تنک میوه یکی از عملیات باغی است که بر خصوصیات کمی و کیفی میوه تاثیر می‌گذارد. به منظور بررسی اثر تنک دستی و شیمیایی بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه خرما رقم خضراوی در مراحل مختلف رشد و نمو میوه، آزمایشی در دانشگاه شهید چمران اهواز در سال‌های متوالی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ اجرا شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنک دستی (خوشچه) (عدم تنک، حذف ۳۳ و ۲۵ درصد از خوشچه‌ها در مرحله کیمری) و تنک شیمیایی (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در مرحله جابوک) بود. صفات کیفی اندازه‌گیری شده شامل درصد مواد جامد محلول کل، pH، درصد اسیدیته کل، شاخص طعم، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول کل، اسید آسکوربیک، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز و درصد قندهای احیاء، غیر احیاء و کل میوه بودند. نتایج این آزمایش نشان داد تنک دستی و شیمیایی باعث بهبود ویژگی‌های کیفی میوه (میزان فنل کل، تانن محلول کل، اسید آسکوربیک، فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز و درصد قندهای احیاء و کل) در مرحله تمار، گردیده و همچنین بر شاخص‌هایی نظیر مواد جامد محلول کل، pH و آنزیم‌های سلولاز و اینورتاز در مراحل خلال و رطب موثر بود. نتایج نشان داد که تغییرات صفات کیفی شامل مواد جامد محلول کل، pH، درصد اسیدیته کل، شاخص طعم، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز و درصد قندهای احیاء و کل تا اواخر دوره رشد (از مرحله کیمری تا تمار) به‌سوی تغییرات روند رشد صفاتی نظیر فنل کل، میزان تانن محلول کل، اسید آسکوربیک، و درصد قند غیر احیاء از مرحله کیمری تا مرحله تمار روند نزولی داشت. بطور کلی نتایج بدست آمده نشان داد تیمار تنک دستی با حذف ۲۵ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها و تنک شیمیایی با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید، موجب بهبود کیفیت میوه خرما رقم خضراوی گردیده و به نخل‌داران قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: اینورتاز، پکتین‌متیل‌استراز، پلی‌گالاکتروناز، سلولاز، نفتالین استیک اسید

مقدمه

نخل خرما (*Phoenix dactylifera* L.) متعلق به خانواده Arecaceae است و بیشتر در مناطق خشک و نیمه خشک بویژه در مناطق آسیای غربی و شمال آفریقا پرورش داده می‌شود (Jalali et al., 2013). ایران با تولید حدود ۱/۳ میلیون تن خرما در رتبه سوم و از نظر صادرات خرما، با ۱۱۸ میلیون دلار صادرات در جایگاه ششم جهان قرار دارد (FAO, 2021). از کل سطح زیر کشت خرما (حدود ۳۷ هزار هکتار) در استان خوزستان، رقم خضراوی بعد از استعمران، حدود ۸ درصد سطح زیر کشت را به‌خود اختصاص داده است. در درختان میوه نظیر نخل خرما، تولید میوه زیاد باعث می‌شود تا میوه‌ها برای رشد بهینه از مواد کربوهیدرات کافی برخوردار نباشند. همچنین تولید میوه زیاد در هر خوشه خطر شکسته شدن آنها را بدنبال دارد. بنابراین تنک میوه یکی از روش‌های مهم برای بهبود اندازه، و کیفیت میوه‌ها است (Son,)

2004). در خرما تنک میوه به صورت دستی و شیمیایی انجام می‌شود ولی استفاده از روش مناسب با کاهش هزینه و سرعت بیشتر برای نخلکاران از اهمیت خاصی برخوردار است (Hassaballa et al., 1983).

یکی از روش‌های رایج در بهبود خصوصیات میوه خرما، تنک دستی است (Bashir et al., 2014; Moustafa et al., 2019). که می‌توان با کاهش تعداد میوه‌ها در هر خوشچه یا تعداد خوشه‌ها در هر نخل (Hussein, 1970) یا کاهش تعداد خوشچه‌ها (Bakr et al., 2005; Mostafa et al., 2019) انجام گیرد. البته تحقیقات گسترده‌ای بر تاثیر تنک دستی بر میوه‌های دیگر نظیر زردآلو رقم پریانا و بلیانا (Son, 2004) و گردی (Taghipour et al., 2011)، هلو (Dhinesh Babu. and Yadav. 2004) و پسته (Ramazanian and Rahemi, 2006) گزارش شده‌است. کاهش تعداد خوشچه‌ها به میزان ۲۰ و ۴۰ درصد در هر نخل به طور قابل توجهی بر میزان مواد جامد محلول کل، درصد اسیدیت و قند کل تأثیر داشت (Atawia et al., 1998). تحقیقات انجام شده در ارقام خضراوی و مجول نشان داد که تنک دستی باعث افزایش مواد جامد محلول کل، فنل کل، فلاونوئید کل، مواد آنتی‌اکسیدانی و قند های احیاء و غیر احیاء و کاهش درصد تانن میوه گردید (Bashir et al., 2014). صفات کیفی و عملکرد خرما ارقام "زغلول" و "حیانی" با تیمارهای کوتاه کردن خوشچه‌ها و حذف تعدادی از خوشچه‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافت (Hassaballa et al., 1983). حذف ۳۰ درصد از کل تعداد رشته‌ها، ۸ هفته پس از گرده‌افشانی در خرما رقم خضراوی باعث افزایش قابل توجه مواد جامد محلول کل، میزان قندهای احیاء و کل میوه خرما در هر نخل گردید در حالیکه تیمارهای تنک دستی بر صفات قند غیراحیاء، اسیدیت کل و میزان تانن کل تأثیر معنی‌داری نداشتند (Mostafa et al., 2019). با تنک خوشچه، فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیکی نظیر پلی‌گالاکتوروناز و سلولاز در طول مراحل مختلف رشد افزایش یافتند (Alikhani et al., 2020).

کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند تأثیر مطلوبی بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی میوه خرما داشته باشد (Jalali et al., 2013) از دیگر کاربردهای تنظیم‌کننده‌های رشد، اثر تنک‌کنندگی آنهاست. تنک‌کننده‌های زیادی مانند اتفون-Al (Saikhan and sallam 2015)، نفتالین استیک اسید، کارباریل و اسید جیبرلیک (Son, 2004)، آبسزیک اسید، نفتالین استامید و بنزیل‌آدین (Tejpal et al., 2018) وجود دارند که موجب بهبود خصوصیات کمی و کیفی میوه می‌گردد. اکسین‌های مصنوعی بخصوص نفتالین استیک اسید با غلظت ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر برای بهبود کیفیت میوه زردآلو بهترین تأثیر را داشت (Son, 2004). همچنین نفتالین استیک اسید با غلظت ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر روی مواد جامد محلول کل، اسیدیت کل و نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیت کل (شاخص طعم میوه) زردآلو رقم «گردی» تأثیر مثبتی داشت (Taghipour et al., 2011). نفتالین استیک اسید یکی از تنک‌کننده‌های شیمیایی مؤثر بر میوه خرما که در برخی از ارقام گزارش شده است (Bakr et al., 2005). کاربرد نفتالین استیک اسید، ۷ تا ۲۱ روز پس از گرده‌افشانی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر خرما سامانی و زغلول اثر معنی‌داری بر مواد جامد محلول کل، میزان قندهای احیاء، غیر احیاء و کل داشت (Bakr et al., 2005). رستگار و همکاران (Rastegar et al., 2012) نشان دادند که فعالیت آنزیم اینورتاز در طول رسیدن میوه خرما رقم شاهانی، بطور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین آنزیم‌های نرم‌کننده دیواره سلولی در طول رسیدن میوه، افزایش یافت. در پژوهش انجام شده توسط عواد و همکاران (Awad et al., 2011) بر پنج رقم خرما (برحی، مجول، لونت مساعد، هلالی و خیزی) مشخص گردید که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (فنل ها، تانن ها و ویتامین ث) با رشد و نمو میوه از مرحله حبابوک تا تمار کاهش یافتند.

بررسی تغییرات بیوشیمیایی در طول دوره رشد و نمو میوه‌های مختلف و اثر تیمارهای مختلف بر بهبود کیفیت یکی از موضوع‌های مورد توجه پژوهشگران مختلف است. در خوزستان، رقم خضراوی یکی از ارقام مهم استان به‌شمار می‌آید

(Hashempour, 1999)، بنابراین هدف این پژوهش بررسی نقش تنک دستی و شیمیایی و اثر آن بر بهبود خصوصیات بیوشیمیایی و میزان فعالیت آنزیمی این رقم در مراحل مختلف رشد میوه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در نخلستان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان واقع در شهرستان ملائانی (۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز) با طول و عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و آزمایشگاه بخش باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز، روی خرما رقم "خضراوی" در دو سال متوالی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. ۲۷ نخل ماده ۲۰ ساله رقم خضراوی با اندازه و قدرت رشد تقریباً مساوی انتخاب شدند. گرده افشانی با گرده نر غنمی قرمز (رقم غالب گرده زا) به صورت دستی در دو سال متوالی انجام شد. شش خوشه در هر نخل در پایان دوره گرده افشانی باقی گذاشته شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل تنک دستی (عدم تنک، حذف ۳۳ و ۲۵ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها) و تنک شیمیایی (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید) بودند. تنک شیمیایی در مرحله حبابوک (حدود ۴ هفته پس از گرده افشانی) و تنک دستی در مرحله کیمیری (۱۲ تا ۱۳ هفته پس از گرده افشانی) انجام گردید. EC خاک در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری به ترتیب ۴/۳ و ۳/۹ دسی‌زیمنس بر متر و pH خاک به ترتیب ۷/۶ و ۸/۲ بود.

نمونه برداری

میوه‌ها در دو سال متوالی پس از برداشت در هر مرحله به آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انتقال یافت و شاخص‌ها به شرح زیر اندازه گیری شد:

اندازه‌گیری درصد مواد جامد محلول (TSS) کل، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA):

برای اندازه‌گیری درصد مواد جامد محلول کل میوه خرما (TSS)، pH و اسیدیته کل (TA)، ۵ گرم از گوشت میوه با ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر عصاره‌گیری شده و سپس سانتریفیوژ گردید. درصد مواد جامد محلول کل میوه خرما (TSS) با استفاده از رفرکتومتر دیجیتالی و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) از روش AOAC (AOAC, 1995) استفاده شد.

اندازه‌گیری حجمی قندها به روش احیاء مس:

برای اندازه‌گیری قندها از روش فهلینگ استفاده شد. برای اندازه‌گیری قند احیاء ابتدا مقدار ۵ گرم از گوشت میوه توزین و به آن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه و پس از عصاره‌گیری و صاف کردن به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. از این محلول برای تیتراسیون استفاده شد. برای هیدرولیز قندهای غیراحیاء به قندهای احیاء کننده، ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول آماده شده استفاده و یک میلی‌لیتر HCl غلیظ به آن افزوده و مدت ۵ دقیقه جوشانده و سپس با سود ۱۰٪ خنثی گردید. این محلول به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و برای تیتراسنجی محلول فهلینگ مورد استفاده قرار گرفت که بدین صورت قند کل اندازه‌گیری شد. در ادامه از اختلاف بین قند کل و قند احیاء موجود در عصاره، قندهای غیراحیاء نظیر ساکارز محاسبه شد (Mostofi and Najafi, 2005).

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فنل کل و تانن محلول:

یک گرم از گوشت میوه با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۲ ساعت توسط شیکر هم‌زده شد. سپس مخلوط به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ و از روشناور برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل و تانن محلول استفاده شد. مخلوطی به نسبت ۱:۱ از عصاره تهیه شده از میوه خرما و محلول DPPH در شرایط آزمایشگاه قرار داده و برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید (Amira

(*et al.*, 2011). برای اندازه‌گیری فنل کل ۱/۵ میلی‌لیتر معرف فولین به ۱۰۰ میکرولیتر بخش‌رویی اضافه شد. به هر نمونه، ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول سدیم کربنات ۲۰ درصد افزوده و مخلوط در جای تاریک گذاشته و سپس جذب در طول موج ۷۲۵ با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید (Slinkard and Singleton, 1977). برای اندازه‌گیری تانن محلول، یک میلی‌لیتر عصاره در فالکن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و به آن متانول ۸۰ درصد اضافه شد. سپس یک میلی‌لیتر برداشته شد. ۲ میلی‌لیتر فولین خالص به هر فالکن افزوده و پس از ۵ دقیقه، ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۱۰ درصد به آن افزوده و یک ساعت در مکانی تاریک قرار داده شد و رنگ آبی حاصل شد. جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید (Amira *et al.*, 2011).

اندازه‌گیری اسید اسکوربیک:

اسید اسکوربیک (ویتامین C) بر اساس روش رانگانا (Ranganna, 1979) با اکسیداسیون اسید اسکوربیک با رنگ ۲،۶-دی کلروفنل اندوفنل اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز:

۱/۵ گرم از گوشت میوه له شده با ۳ میلی‌لیتر پلی‌اتیلن گلیکول ۱۲/۶ درصد حاوی ۰/۲ درصد بی‌سولفیت سدیم به مدت ۲ دقیقه کاملاً مخلوط و سپس به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ گردیده و روشناور دور ریخته شد. رسوب جمع‌شده دو مرتبه به ترتیب با ۱/۵ و ۱ میلی‌لیتر بافر مخلوط و به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ و روشناور دور ریخته شد. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های پکتین متیل استراز و پلی‌گالاکتروناز به رسوب باقیمانده، ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج سرد حاوی استات سدیم، کلرید سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار، ۲-مرکاپتواتانول ۲ درصد، پلی‌وینیل پیرولیدون ۵ درصد اضافه و جهت استخراج به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ شد. از مایع‌رویی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی استفاده شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز، ۰/۲ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی با ۰/۸ میلی‌لیتر پلی‌گالاکترونیک اسید ۰/۲۵ درصد در سدیم استات مخلوط گردید. به منظور اندازه‌گیری مقدار گالاکترونیک اسید آزاد شده ۲ میلی‌لیتر بافر بورات تازه آماده شده و سپس ۰/۳ میلی‌لیتر سیانواستامید ۱ درصد به مخلوط اضافه شد. جذب در طول موج ۲۷۶ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید (Gross, 1982). فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز مطابق با روش آونگ و همکاران (Awang *et al.*, 2013) انجام شد. پکتین ۰/۵ درصد به عنوان سوبسترای انجام واکنش با آب مقطر تهیه شد. به سوبسترای انجام واکنش، ۳ درصد کلرید کلسیم ۱ مولار اضافه شد. ۴/۵ میلی‌لیتر از سوبسترا در ظرف مخصوص قرار داده و توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال، pH محلول به عدد ۷/۵ رسانده شد و ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی به مخلوط اضافه و pH آن با استفاده از تیتراسیون هیدروکسید سدیم ۰/۰۵ نرمال به عدد ۷/۵ رسانده شد. برای نمونه شاهد ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی به دمای جوش رسانده و به مخلوط واکنش اضافه شده و میزان هیدروکسید سدیم مصرفی آن تا رسیدن pH به عدد ۷/۵ ثبت شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های سلولاز و اینورتاز:

جهت اندازه‌گیری دو آنزیم سلولاز و اینورتاز، ابتدا ۴ گرم از بافت میوه به همراه ۸۵ میلی‌لیتر از پلی‌اتیلن گلیکول با غلظت ۱۲ درصد و سدیم بی‌سولفیت ۰/۲ درصد عصاره‌گیری شد. مخلوط حاصل به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. رسوب حاصل به همراه ۱۵ میلی‌لیتر بافر استات ۵۰ میلی‌مولار با pH معادل ۵ و کلرید سدیم ۰/۵ مولار مخلوط و به مدت یک ساعت توسط شیکر به هم‌زده شده و سپس به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ انجام شد. روشناور به همراه بافر استات سدیم ۵۰ میلی‌مولار در pH معادل ۵ به عنوان عصاره آنزیمی به کار رفت. مخلوط شامل ۲ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی، ۷ میلی‌لیتر از کربوکسی‌متیل سلولز ۰/۲۵ درصد (سوبسترایت) و ۰/۱ میلی‌لیتر بافر استات سدیم ۰/۴ مولار با pH معادل ۵ بود. برای اندازه‌گیری آنزیم سلولاز، میزان جذب در طول موج ۵۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید.

(Hasegawa and Smolensky, 1971). برای آنزیم اینورتاز مخلوط واکنش شامل ۰/۵ مولار بافر استات سدیم با pH معادل ۴/۵ به همراه ساکارز ۱/۵ مولار به عنوان سوبسترا و عصاره آنزیمی در حجم ۵ میلی‌لیتر بود. و ادامه کار شبیه روش اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سلولاز بود (Kanner et al., 1978).

تجزیه آماری داده‌ها: تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه مرکب، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد

نتایج و بحث

در جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در مراحل کیمری، خلال، رطب و تمار میوه خرما می‌باشد. نتایج این جدول نشان می‌دهد که اثر سال آزمایش در مرحله کیمری بر همه صفات اندازه‌گیری شده به جز میزان فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی، فنل کل، آنزیم پکتین متیل استراز و درصد قند غیراحیاء و در مرحله خلال، بر فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی، فنل کل، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، سلولاز و اینورتاز و درصد قند احیاء و غیراحیاء و در مرحله رطب، بر آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین متیل استراز و سلولاز و درصد قند غیراحیاء و در مرحله تمار، بر مواد جامد محلول کل (TSS)، pH میوه، فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی، فنل کل، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، سلولاز و اینورتاز و درصد قند احیاء معنی‌داری بود. همچنین اثرات متقابل تنک دستی و شیمیایی بر همه صفات به جز بر درصد اسیدیته کل، شاخص طعم میوه، میزان فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی معنی‌دار بودند. البته در برخی صفات در مراحل تأثیر معنی‌دار و در برخی تأثیر غیرمعنی‌دار بود، بدین صورت که اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی بر صفات مواد جامد محلول کل و pH میوه و آنزیم سلولاز و درصد قندهای احیاء و کل در همه مراحل بجز مرحله تمار تأثیر معنی‌دار و بر صفات میزان تانن محلول (بجز خلال و تمار)، فنل کل و درصد قند غیر احیاء (بجز خلال و رطب)، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز (بجز تمار) و پکتین متیل استراز (بجز رطب و تمار)، اینورتاز (بجز کیمری و رطب) تأثیر غیر معنی‌دار بود.

اثر انواع تنک بر درصد مواد جامد محلول کل (TSS)، pH میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص طعم میوه

بر اساس نتایج جداول مقایسه میانگین‌ها، اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی در مراحل مختلف رشد میوه خرما رقم خضراوی (جدول ۲، ۴، ۶ و ۸) نشان داد که درصد مواد جامد محلول کل (TSS) در مراحل کیمری، کمترین مقدار و به تدریج در مراحل بعدی افزایش یافت و در مرحله تمار بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. نتایج جداول مقایسه میانگین نشان داد که در سال اول و دوم، کمترین مقدار درصد مواد جامد محلول کل در مرحله کیمری به ترتیب (۲۹ و ۲۲ درصد) و بیشترین مقدار به ترتیب (۶۸ و ۶۰ درصد) در تیمارهای اثر متقابل حذف ۲۵ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها و تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در سال اول حاصل شد. در سال دوم تمام تیمارها در مرحله تمار اثر یکسانی داشتند. کمترین pH میوه در مرحله کیمری و بیشترین مقدار pH میوه در سال اول و دوم در مرحله تمار به ترتیب (۷/۵۶ و ۷/۶۴) در تیمارهای اثر متقابل بدون تنک دستی و تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید و حذف ۳۳ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها و بدون تنک شیمیایی حاصل گردید. روند تغییرات میزان اسیدیته کل میوه خرما از مرحله کیمری تا پایان مرحله تمار کاهشی بود ولی تغییرات شاخص طعم میوه به مواد کل جامد محلول کل و میزان اسیدیته کل ارتباط مستقیم دارد و همانند مواد جامد محلول کل در طول دوره رشد میوه روندی افزایشی دارد و کمترین مقدار در مرحله کیمری و بیشترین مقدار در مرحله تمار بدست آمد. مصطفی (Moustafa, 1997) نشان داد که با حذف ۳۰ درصد از خوشچه‌ها در دو هفته پس از گرده‌افشانی در خرما رقم سوی، درصد مواد جامد محلول افزایش یافت.

نسخہ پلان انتشار

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های درصد مواد جامد محلول، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، طعم میوه، فنل کل، میزان تانن محلول، اسید اسکوربیک، درصد قند احیاء، غیر احیاء، قند کل، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز در مراحل کیمری، خلال، رطب و تمار رقم خضراوی

Table 1-Combination variance analysis of indices percentage of soluble solids, pH, titratable acidity, fruit flavor, total phenol, amount of soluble tannin, ascorbic acid, percentage of reducing sugar, non-reducing sugar, total sugar, poly galactronase enzymes, pectin-methyl Esterase, cellulase and invertase in Kimri, Khalal, Rutab and tamar stages in Khadravi Cultivar

مرحله رشد growth stage	منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	درصد مواد جامد محلول TSS	pH میوه	اسیدیته قابل تیتر Titratable acidity	شاخص طعم میوه TSS/TA	فنل کل Total phenolic	میزان تانن محلول Soluble tannin	اسید اسکوربیک Vitamin C	قند احیاء Reducin g sugars	قند غیر احیاء Non-reducing sugars	قند کل Total sugars	آنزیم پلی-گالاکتروناز Polygalacturonase	آنزیم پکتین‌متیل‌استراز Pectin methyl esterase	آنزیم سلولاز Cellulase	آنزیم اینورتاز Invertase
کیمری Kimri	year	1	954.24**	4.39**	0.37**	193.36**	0.0003 ^{ns}	50.14**	3.37**	9.47*	1.034 ^{ns}	16.77**	271.2**	0.018 ^{ns}	0.03 ^{ns}	26.7**
	Block (year)	4	0.96 ^{ns}	0.003*	0.07*	1.6*	0.001**	0.23 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.28 ^{ns}	5.69 ^{ns}	4.29 ^{ns}	6.9 ^{ns}	0.3 ^{ns}	1.067 ^{ns}	5.78 ^{ns}
	a (Manual Thining)	2	4.13*	0.7**	0.05 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.01**	18.34**	0.76*	34.33**	0.79 ^{ns}	1.76 ^{ns}	7.06 ^{ns}	0.14 ^{ns}	22.07**	18.06*
	b (Chemical Thining)	2	2.3 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.002**	3.37 ^{ns}	0.3 ^{ns}	6.54*	32.6*	0.6 ^{ns}	5.09 ^{ns}	0.17 ^{ns}	22.07**	38.09**
	a*b CV (%)	4	3.85* 4.14	0.007** 0.55	0.06 ^{ns} 6.03	1.003 ^{ns} 7.83	0.0003 ^{ns} 8.8	0.81 ^{ns} 15.42	0.24 ^{ns} 5.58	20.7** 9.07	4.33 ^{ns} 12.7	9.23** 3.97	18.8 ^{ns} 14.6	0.25 ^{ns} 7.42	8.93** 27.6	13.09** 11.11
خلال Khalal	year	1	468.17**	0.17**	1.28**	1238.8**	0.00009 ^{ns}	1336.3**	0.98**	0.52 ^{ns}	67.05 ^{ns}	55.8**	35.94 ^{ns}	3.13*	11.33 ^{ns}	421.9 ^{ns}
	Block (year)	4	3.89 ^{ns}	0.0059 ^{ns}	0.83 ^{ns}	47.9 ^{ns}	0.0012 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.15 ^{ns}	7.83*	17.99 ^{ns}	19.06*	2.18 ^{ns}	0.35 ^{ns}	1.067 ^{ns}	140.2 ^{ns}
	a (Manual Thining)	2	70.72**	0.018**	0.02 ^{ns}	73.75*	0.006**	18.67**	0.33**	50.6**	101.5**	45**	21.42 ^{ns}	0.68 ^{ns}	25.64**	180 ^{ns}
	b (Chemical Thining)	2	11.55*	0.0005 ^{ns}	0.09 ^{ns}	39.5 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.19*	4.54 ^{ns}	102.7**	9.7 ^{ns}	12.68 ^{ns}	0.96 ^{ns}	3.04 ^{ns}	67.7 ^{ns}
	a*b CV (%)	4	58.03** 3.67	0.082** 0.77	0.08 ^{ns} 13.57	12.9 ^{ns} 16.07	0.0027* 24	10.16** 6.36	0.13 ^{ns} 3.5	58.6** 8.5	61.04* 15.04	45.83** 5.03	17.5 ^{ns} 13.9	0.41 ^{ns} 8.64	27.0** 12.76	99.4 ^{ns} 10.67
رطب Rutab	year	1	468.17**	3.17**	13.06**	19092.2**	0.00008**	51.8**	0.52*	64.96**	7.87 ^{ns}	118.13**	13.45 ^{ns}	2.24 ^{ns}	40.68 ^{ns}	1880.7*
	Block (year)	4	8.31*	0.026**	0.07 ^{ns}	420.28*	0.000003 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.11 ^{ns}	7.98 ^{ns}	8.7 ^{ns}	3.4 ^{ns}	32.38**	1.02 ^{ns}	29 ^{ns}	114.8 ^{ns}
	a (Manual Thining)	2	58.9**	0.19**	0.024 ^{ns}	313.37 ^{ns}	0.0003**	0.085 ^{ns}	0.027 ^{ns}	6.57 ^{ns}	38.3 ^{ns}	7.035 ^{ns}	20.38*	33.57**	3663.9**	6116.7**
	b (Chemical Thining)	2	15.9**	0.037**	0.007 ^{ns}	146.7 ^{ns}	0.000002 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.047 ^{ns}	4.76 ^{ns}	32.3 ^{ns}	54.75**	7.41 ^{ns}	10.02**	218.2 ^{ns}	1773.7**
	a*b CV (%)	4	19.9** 3.18	0.028** 0.94	0.03 ^{ns} 13.08	6.5 ^{ns} 23.11	0.00019** 13.1	0.15 ^{ns} 21.28	0.28* 5.17	20.7** 5.7	106.4** 25.6	66.7** 4.65	22.1** 6.58	15.57** 9.94	1914.8** 14.8	1076.6** 7.89
تمار Tamar	year	1	25.35 ^{ns}	0.048 ^{ns}	1153**	7864.2**	0 ^{ns}	1.75**	1.04*	6.93 ^{ns}	94.63*	152.79**	0.63 ^{ns}	5.73**	91.54 ^{ns}	20.13 ^{ns}
	Block (year)	4	42.24 ^{ns}	0.038 ^{ns}	0.015 ^{ns}	50 ^{ns}	0.00001 ^{ns}	0.0047 ^{ns}	0.03 ^{ns}	5.47 ^{ns}	21.32 ^{ns}	5.22 ^{ns}	13.55**	1.79*	9.67 ^{ns}	53.3 ^{ns}
	a (Manual Thining)	2	33.46 ^{ns}	0.029 ^{ns}	0.24**	45.88 ^{ns}	0.00005**	0.046**	0.025 ^{ns}	0.1 ^{ns}	53.93*	18.39*	14.01*	2.4*	5.3 ^{ns}	50.87 ^{ns}
	b (Chemical Thining)	2	29.13 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.036 ^{ns}	49.11 ^{ns}	0.00007**	0.029*	0.94**	51.64**	18.93 ^{ns}	19.19**	23.48**	0.47 ^{ns}	744.6 ^c	5.48 ^{ns}
	a*b CV (%)	4	62.76 ^{ns} 9.15	0.005 ^{ns} 1.84	0.016 ^{ns} 7.81	33.87 ^{ns} 14.6	0.00001 ^{ns} 24.13	0.043** 22.45	0.14 ^{ns} 8.89	45.34** 6.72	18.64 ^{ns} 24.27	13.7* 3.95	7.65* 3.92	2.28* 5.29	98.8 ^{ns} 12.75	194.4 ^{ns} 5.4

ns. * و ** به ترتیب معرف غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

*, ** and ns represent significant level of 5%, 1 and non-significant difference, respectively

حذف یک سوم از خوشچه‌ها در مرحله کیمیری تاثیر معنی‌داری بر افزایش میزان مواد جامد محلول خرمای رقم استعمران دارد (Moallemi *et al.*, 2023). تیمارهای تنک‌کننده میوه باعث ارسال فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتر به میوه‌های باقیمانده و در نتیجه میزان مواد جامد محلول افزایش می‌یابد. نتایج بکر و همکاران و مصطفی و همکاران (Bakr *et al.*, 2019; Moustafa *et al.*, 2019) با نتایج این آزمایش در یک راستا می‌باشند. نفتالین استیک اسید موجب افزایش مقدار pH میوه در طول دوره رشد میوه خرمای شاهانی و نارنگی رقم پرل تانجلو گردید (Khaje zade *et al.*, 2018; Mohamadi *et al.*, 2008). به‌طور معمول pH میوه متأثر از گروه‌های آمینو و کربوکسیل آزاد با وزن مولکولی پایین و مقدار کمتری تحت تاثیر ماکرومولکول‌های سلولی (پروتئین‌ها، نوکلئیک‌اسیدها و پلی‌ساکاریدها) تغییر می‌کند. یون هیدروژن میوه از دیگر ویژگی‌های مرتبط با میزان اسیدیته کل میوه می‌باشد که فعالیت میکروارگانیزم‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و این عامل به‌خصوص در مراحل نهایی که میوه مصرف می‌شود، موثر است. اسیدهای غالب در میوه خرما، اسید مالیک و اسید سیتریک می‌باشد، نتایج بدست آمده از مقدار اسید قابل تیتر با نتایج رستگار (Rastegar, 2015) مطابقت دارد.

تأثیر انواع تنک بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان تانن محلول، فنل کل و اسید آسکوربیک

نتایج حاصل از تنک میوه خرما و تاثیر آن بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان تانن محلول، فنل کل و اسید آسکوربیک در جداول جدول ۲، ۴، ۶ و ۸ منعکس می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی در مراحل

جدول ۲- اثر متقابل تنک دستی شیمیایی میوه خرما رقم خضراوی در مرحله کیمیری بر شاخص‌های درصد مواد جامد محلول، pH میوه، درصد اسیدیته کل میوه، طعم میوه، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول و اسید آسکوربیک در سال‌های اول و دوم

Table 1- The interaction effect of hand and chemical thinning of the fruit of Khadravi Cultivar in kimiri stage on the indices of the percentage of soluble solids, fruit pH, total fruit acidity, fruit flavor, antioxidant activity, Total phenol, amount of soluble tannin and ascorbic acid and in the first and second years

سال	a (Hand Thinning)	b (Chemical Thinning)	درصد مواد جامد محلول TSS (%)	pH میوه	درصد اسیدیته کل میوه Total acidity (%)	شاخص طعم میوه TSS/TA	میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)	فنل کل Total phenolic (mg/gr)	میزان تانن محلول Soluble tannin (mg/gr)	اسید اسکوربیک Vitamin C (mg/gr)
1	0	0	28.67a	6.22ab	2.56a	11.28a	68.65a	0.14d	5.3a	6.9a
	0	1	29 a	6.18bc	2.56a	11.48a	69.84a	0.15cd	7.05a	7.4a
	0	2	29 a	6.09e	2.45a	11.86a	60.32a	0.17bcd	7.44a	6.93a
	1	0	28.67a	6.093de	2.56a	11.19a	54.76a	0.19ab	7.47a	6.87a
	1	1	28.67a	6.12de	2.56a	11.19a	59.5a	0.168bcd	5.76a	6.97a
	1	2	27.67a	6.23a	2.45a	11.28a	60.7a	0.21a	6.17a	7.3a
	2	0	29 a	6.27a	2.67a	10.92a	58.7a	0.18abc	6.82a	7.03a
	2	1	28.67a	6.14dc	2.67a	10.79a	61.1a	0.19ab	6.93a	6.93a
	2	2	28.67a	6.23a	2.56a	11.19a	60.32a	0.19ab	6.23a	7.1a
	2	0	0	17d	6.62d	2.45b	6.95bc	70.2a	0.15d	6.7cd
0		1	19c	6.66d	2.88a	6.59c	73.8a	0.15d	6.42d	7.07cd
0		2	21 ab	6.66d	2.77a	7.58bc	60.3a	0.15d	6.36d	6.9d
1		0	20bc	6.77bc	2.77a	7.24bc	58.7a	0.2b	7.87bc	7.17cd
1		1	22 a	6.74c	2.45b	8.96a	59.5a	0.2b	10.59a	7.7abcd
1		2	20.3abc	6.74c	2.88a	7.06bc	55.5a	0.2b	11.54a	7.8abc
2		0	21 ab	6.86a	2.77a	7.61b	58.7a	0.18c	8.5b	7.6abcd
2		1	21 ab	6.84a	2.67ab	7.89b	61.1a	0.19bc	8.4b	8.1ab
2		2	21 ab	6.83ab	2.88a	7.29bc	61.1a	0.22a	11.16a	8.2a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means that have at least one letter in common do not differ significantly at the 5% of probability level based on LSD test.

مختلف رشد میوه خرما رقم خضراوی نشان داد که تغییرات میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان تانن محلول، فنل کل و اسید آسکوربیک از الگوی مشابهی پیروی می‌کند و روند آن‌ها از مرحله کیمیری تا پایان مرحله تمار کاهش بود. طعم میوه در مراحل ابتدایی بدلیل وجود مواد فنلی و تانن‌ها گس است که کاهش ترکیبات فنولی و تاننی در هنگام رسیدن

میوه‌ها موجب کاهش گسی شده و میوه قابل مصرف می‌شود. بهترین تیمار موثر در مرحله تمار بر میزان تانن محلول، تیمارهای اثر متقابل بدون تنک دستی و تنک شیمیایی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در سال اول و دوم و بر فنل کل، تیمارهای اثر متقابل حذف ۳۳ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها و تنک شیمیایی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در سال اول و تیمارهای اثر متقابل حذف ۲۵ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها و تنک شیمیایی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در سال دوم و بر اسید آسکوربیک، تیمارهای اثر متقابل حذف ۳۳ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها و تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در هر دو سال بودند. تنک شیمیایی با نفتالین استیک اسید و تنک خوشچه موجب افزایش اسید آسکوربیک در زرشک گردید (Kamiah et al., 2023). تنک دستی با حذف ۲۵ درصد از خوشچه‌ها تاثیر معنی‌داری روی اسید اسکوربیک در خرما می‌زد (Hassaballa et al., 1983). ترکیبات فنولی به دو گروه محلول در آب (مانند فلاونوئیدها، اسید فنولیک و کوبینین) و نامحلول در آب (مانند تانن‌ها و لیگنین) تقسیم‌بندی می‌شود. همزمان با بلوغ میوه خرما میزان مواد فنولی کاهش می‌یابد. کاهش ترکیبات فنولی در هنگام رسیدن میوه‌ها را می‌توان به اکسید شدن این مواد نسبت داد. تانن‌ها که اغلب در لایه‌های تانن‌دار مزوکارپ یافت می‌شوند، عامل اصلی طعم گسی میوه‌های نارس می‌باشند. کاهش در محتوی تانن در طی رسیدن ممکن است به دلیل تبدیل لکوسیانیدین، تانن محلول در طی رسیدن به تانن غیرمحلول باشد، از این رو لیکوآنتوسیانیدین غیرمحلول در طی دوره رسیدن کاهش می‌یابد. به طور کلی تعادل در تانن محلول و غیرمحلول قابلیت مصرف میوه را تعیین می‌کند (Zarbakhsh and Rastegar., 2018). تنک کردن، باعث دریافت فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری توسط میوه‌ها و بهبود خصوصیات کیفی میوه مانند ویتامین ث، فنل‌ها و تانن‌های میوه می‌شود، این مواد به‌عنوان مواد آنتی‌اکسیدانی عمل کرده و از این طریق کیفیت میوه را در مراحل رطب و تمار بهبود می‌بخشد. خرما به دلیل داشتن آنتی‌اکسیدان‌های غیرآزیمی (کارتونوئید، مواد فنلی، فلاونوئید و اسکوربیک اسید) فعالیت ضد رادیکالی مهمی دارد و از خسارت‌های اکسیداتیو، جلوگیری می‌کند (Awad et al., 2011).

تأثیر انواع تنک بر قندهای احیاء، غیر احیاء و کل

نتایج این آزمایش نشان داد که تنک دستی و شیمیایی تاثیر معنی‌داری بر افزایش میزان قندهای احیاء و کل داشته که در بین سطوح مختلف تنک، تیمارهای حذف ۲۵ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها به تنهایی و در ترکیب با پایین‌ترین سطح تنک شیمیایی (تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید) بهترین نتیجه را در برداشت. روند تغییرات درصد قند احیاء و کل در میوه خرما از الگوی مشابهی پیروی می‌کند و در مراحل اولیه رشد میوه میزان آن‌ها کم و در مراحل رسیدن و بلوغ میوه میزان این قندها افزایش می‌یابد (جدول ۳، ۵، ۷ و ۹) ولی قند غیراحیاء (نظیر ساکارز) برعکس قند احیاء و کل میزان آن در مراحل اولیه بالا و در مراحل پایانی تبدیل قندهای غیراحیاء به قندهای احیاء کاهش می‌یابد و این تبدیل به دلیل فعالیت بیشتر آنزیم اینورتاز در مراحل پایانی رشد میوه می‌باشد (Moallemi et al., 2023). حذف ۴۰ درصد از خوشچه، موجب افزایش درصد قند کل در ارقام برحی و مجول گردید (Atawia et al., 2020). غلظت ساکارز، بیشتر از قندهای احیاء‌کننده در مراحل اولیه رشد بود و در مراحل پایانی قندهای احیاء‌کننده به میزان زیادی افزایش یافت و قند غالب را تشکیل داد، یافته‌های عطاوی (Atawia et al., 2020) با نتایج این پژوهش در یک راستا بود. تجمع قندهای احیاء (نظیر گلوکز و فروکتوز) و کل در میوه در طول دوره رشد بتدریج افزایش و در مرحله بلوغ به دلیل کاهش رطوبت میوه به طور عمده افزایش می‌یابد ولی برخلاف آن قندهای غیر احیاء در مراحل پایانی روند کاهشی خواهد داشت (Rastegar et al., 2012).

جدول ۳- اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی میوه خرما رقم خضراوی در مرحله کیمیری بر شاخص‌های آنزیم‌های پلی گالاکتروناز، پکتین-متیل استراز، سلولاز و اینورتاز و قندهای احیاء، غیراحیاء و کل در سال‌های اول و دوم

Table 2- The interaction effect of hand and chemical thinning of the fruit of Khadravi Cultivar in kimiri stage on the indices of the poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and reducing, non-reducing and total sugars in the first and second years

سال year	a (Hand Thinning)	b (Chemical Thinning)	آنزیم پلی گالاکتروناز Polygalacturonase (U/gr)	آنزیم پکتین متیل استراز Pectin methyl esterase (U/gr)	آنزیم سلولاز Cellulase (U/gr)	آنزیم اینورتاز Invertase (U/gr)	قند احیاء Reducing sugars (%)	قند غیر احیاء Non-reducing sugars (%)	قند کل Total sugars (%)
1	0	0	20.5abc	4.8a	9.1a	14.32a	12.43bc	21.98a	33.3abc
	0	1	24.2a	4.7a	2.6de	11.7ab	10.78c	18.46a	33.28abc
	0	2	18.7bc	4.8a	2.6de	10.4ab	13.27b	22.29a	34.43abc
	1	0	24.49a	4.8a	1.3e	11.7ab	14.39ab	21.6a	33.8abc
	1	1	21.7ab	3.8b	1.7e	13.02a	16.36a	20.55a	35.47a
	1	2	24.01a	4.8a	2.6de	7.8b	12.27bc	20.66a	33.17bc
	2	0	22.5ab	4.8a	6.5b	7.8b	12.44bc	21.63a	34.6ab
	2	1	15.8c	4.7a	3.9cd	11.7ab	12.93bc	19.07a	32.34c
	2	2	19.29abc	4.7a	5.2bc	7.8b	12.58bc	20.22a	33.52abc
	2	0	0	15.21bc	4c	3.9bc	14.75a	12.37c	21.13a
0		1	15.26bc	4.5bc	5.2ab	13.45ab	10.46d	18.14a	32.62ab
0		2	16.4b	4.8ab	2.6c	10.42de	11.26cd	20.21a	30.99b
1		0	17.8ab	5.2a	3.9bc	9.12e	10.32d	21.16a	32.62ab
1		1	12.1c	5.3a	3.9bc	12.65bc	18.13a	20.21a	34.44a
1		2	17.64ab	4.5bc	2.6c	12.59bc	13.86b	20.56a	31.48b
2		0	16.32bc	4.2c	6.5a	11.28cd	11.26cd	22.02a	33.17ab
2		1	21.53a	4.3bc	2.6c	14.32a	11.26cd	17.87a	31.48b
2		2	18.57ab	4.8ab	3.9bc	10.42de	10.95d	22.66a	34.44a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means that have at least one letter in common do not differ significantly at the 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۴- اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی میوه خرما رقم خضراوی در مرحله خلال بر شاخص‌های درصد مواد جامد محلول، pH میوه، درصد اسیدیت کل میوه، طعم میوه، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول و اسید آسکوربیک در سال‌های اول و دوم

Table 3- The interaction effect of hand and chemical thinning of the fruit of Khadravi Cultivar in khalal stage on the indices of the percentage of soluble solids, fruit pH, total fruit acidity, fruit flavor, antioxidant activity, Total phenol, amount of soluble tannin and ascorbic acid in the first and second years

سال year	a (Hand Thinning)	b (Chemical Thinning)	درصد مواد جامد محلول TSS (%)	pH میوه	درصد اسیدیت کل میوه Total acidity (%)	شاخص طعم میوه TSS/TA	میزان فعالیت آنتی- اکسیدانی Antioxidant activity (%)	فنل کل Total phenolic (mg/gr)	میزان تانن محلول Soluble tannin (mg/gr)	اسید اسکوربیک Vitamin C (mg/gr)
1	0	0	37b	6.9c	1.92a	19.44b	38.8a	0.085d	5.8def	6.13d
	0	1	37.3b	6.92c	1.7a	19.47b	46.8a	0.12bcd	6.86abc	6.7abc
	0	2	33c	7.27a	1.6a	25ab	40.5a	0.13ab	7.31a	6.53bc
	1	0	39b	7.1b	1.81a	19.93b	46a	0.14ab	6.46bcd	6.37cd
	1	1	36bc	7.25a	1.7a	21.73b	47.62a	0.12bcd	6.16cde	6.57abc
	1	2	37b	6.92c	1.6a	30.017a	48.4a	0.17a	7.18ab	6.9a
	2	0	46.67 a	7.24a	1.6a	21.14b	48.02a	0.13bc	6.56abc	6.8ab
	2	1	33c	7.13b	1.92a	24.48ab	47.62a	0.088cd	5.47ef	6.7abc
	2	2	47a	6.86c	1.38a	29.16ab	47.62a	0.086d	5.06f	6.8ab
	2	0	0	40e	7.15b	1.38a	33.48ab	42.8a	0.117ab	5.6cd
0		1	46b	7.18b	1.6a	26.25b	42.5a	0.115ab	7.15abc	6.3a
0		2	42de	7.2b	1.38a	36.45a	38.1a	0.13ab	8.2a	6.2a
1		0	50a	7.196b	1.38a	33.64ab	40.1a	0.12ab	7.5ab	6.3a
1		1	46b	7.16b	1.28a	35ab	43.25a	0.12ab	6.44bc	6.23a
1		2	43bc	7.32a	1.38a	29.94ab	45.2a	0.169a	7.9ab	6.47a
2		0	41de	7.16b	1.28a	37.62a	43.6a	0.115ab	6.44bc	6.47a
2		1	46b	7.12b	1.6a	28.99ab	46.8a	0.104b	4.8d	6.47a
2		2	45bc	7.11b	1.92a	19.44b	41.7a	0.094b	3.05e	6.43a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means that have at least one letter in common do not differ significantly at the 5% of probability level based on LSD test.

تأثیر انواع تنک بر آنزیم‌های پلی گالاکتروناز و پکتین متیل استراز

بر اساس جداول مقایسه میانگین‌ها (جداول ۳، ۵، ۷ و ۹)، اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی بر آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و پکتین‌متیل‌استراز نشان داد که تنک بر میزان فعالیت این دو آنزیم در مراحل ابتدایی (مراحل کیمیری و خلال) اثر معنی‌داری نداشت ولی در مراحل پایانی (رطب و تمار) میزان فعالیت این دو آنزیم تحت تاثیر اثر متقابل تنک قرار گرفتند. در مرحله رطب، تیمار تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید و در مرحله تمار تیمار تنک شیمیایی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید به تنهایی و در ترکیب با حذف ۳۳ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز و تیمار شاهد و همچنین تیمار حذف ۲۵ و ۳۳ درصد از تعداد کل خوشچه‌ها در ترکیب با همه سطوح تنک شیمیایی در مرحله رطب و تمار بر میزان فعالیت پکتین‌متیل‌استراز بهترین تاثیر را داشتند. در نخل خرما، آنزیم‌های متعددی در فرایند رسیدن نقش دارند که شامل اینورتاز، پلی‌فنل‌اکسیداز، پکتیناز، پکتین‌متیل‌استراز، پلی‌گالاکتروناز و سلولاز می‌باشند (Fadhil et al., 2023). دو آنزیم مورد بحث (پلی‌گالاکتروناز و پکتین‌متیل‌استراز) از نظر روند تغییرات در مراحل مختلف رشد میوه خرما رقم خضراوی فعالیت آنزیمی مشابهی را نشان می‌دهند (Rastegar et al., 2012; Alikhani et al., 2020). از مرحله کیمیری تا مرحله برداشت (تمار) به تدریج میزان فعالیت آنزیمی پلی‌گالاکتروناز و پکتین‌متیل‌استراز افزایش یافت البته میزان افزایش در مرحله تمار کمتر است، نتایج این پژوهش با نتایج رستگار و همکاران و علیخانی و همکاران (Rastegar et al., 2012; Alikhani et al., 2020) در یک راستا بود. تحقیقات مختلفی در مورد فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی در برخی میوه‌ها مانند پلی‌گالاکتروناز در گوجه فرنگی و آووکادو انجام شده است. فعالیت آنزیمی در موز، گوجه فرنگی، گواوا و پاپایا در طول رسیدن افزایش می‌یابد، اما این فعالیت در میوه‌های بالغ به صورت‌های متفاوتی مشاهده گردید، پکتین‌متیل‌استراز در گواوا و پاپایا کم، موز و گوجه فرنگی زیاد و انبه بسیار زیاد بود (Rastegar et al., 2012). نرم شدن میوه عامل اصلی تعیین‌کننده کیفیت میوه است که می‌تواند نتیجه تخریب دیواره سلولی توسط آنزیم‌ها باشد، به طور کلی تخریب اجزای پلی‌ساکارید دیواره سلولی و کاهش چسبندگی سلول به جدول ۵- اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی میوه خرما رقم خضراوی در مرحله خلال بر شاخص‌های آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل-

استراز، سلولاز و اینورتاز و قندهای احیاء، غیراحیاء و کل در سال‌های اول و دوم

Table 4- The interaction effect of hand and chemical thinning of the fruit of Khadravi Cultivar in khalal stage on the indices of the poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and reducing, non-reducing and total sugars in the first and second years

سال year	a (Hand Thinning)	b (Chemical Thinning)	آنزیم پلی‌گالاکتروناز Polygalacturonase (U/gr)	آنزیم پکتین‌متیل استراز Pectin methyl esterase (U/gr)	آنزیم سلولاز Cellulase (U/gr)	آنزیم اینورتاز Invertase (U/gr)	قند احیاء Reducing sugars (%)	قند غیر احیاء Non- reducing sugars (%)	قند کل Total sugars (%)
1	0	0	31.2a	9.7a	10.4c	98.1b	16.4bc	25.15b	43.3c
	0	1	32.4a	9.7a	9.5c	114.7a	15.7c	31.45a	48.42ab
	0	2	31.25a	9.7a	15.6a	106.7ab	22.7a	22.9b	44.1c
	1	0	24.7a	9a	16.9a	116.4a	18.3b	27.8ab	47.1b
	1	1	31.25a	9a	11.7bc	106.7ab	16.34bc	26.67ab	43.5c
	1	2	30.6a	9.3a	10.4c	98.1b	15.4c	27.8ab	47.25ab
	2	0	32.1a	9.7a	11.3bc	96.35b	22.6a	31.44a	48.7ab
	2	1	30.1a	9.3a	14.3ab	108.1ab	21.7a	32.7a	49.05a
	2	2	32.1a	9a	14.3ab	78.1c	16.4bc	27.6ab	47.6ab
	2	0	0	29.8ab	9.3a	11.7c	93.3b	17.74c	23.8ab
0		1	29.6ab	9ab	12.15c	101.1ab	16.5c	31.3a	47.78a
0		2	29.6ab	8.7ab	11.7c	97.2ab	22.6a	17.9b	41.37b
1		0	28.4ab	9ab	12.15c	91.15b	17.74c	24.7ab	44.34ab
1		1	26.1ab	8.7ab	18.2ab	92.8b	16.55c	23.4ab	40.4b
1		2	30.4ab	8.7ab	11.7c	102.8ab	16.15c	25.2ab	44.8ab
2		0	30.6a	9.7a	18.6a	92.8b	21.02ab	29.9a	47.78a
2		1	25.8b	8b	10.4c	87.6b	21.02ab	30.8a	47.78a
2		2	30.7a	9ab	16.1b	113.8a	17.92bc	26.3a	43.2ab

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means that have at least one letter in common do not differ significantly at the 5% of probability level based on LSD test.

سلول در نتیجه تخریب تیغه میانی از عوامل اصلی نرم شدن میوه است که این امر در اثر تنک تشدید گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که تنک خوشچه و شیمیایی روی فعالیت دو آنزیم مورد بررسی موثر بر تخریب دیواره سلولی در مراحل اولیه که دیوار مستحکم است، در همه تیمارها اثر یکسانی داشتند و در مراحل نهایی رشد میوه (رطب و تمار) که میوه نرم می شود تنک خوشچه و شیمیایی فعالیت آنزیم های موثر بر دیواره سلولی را تشدید می نماید. نرم شدگی بافت میوه خرما در ابتدا ناشی از فعال شدن آنزیم های پلی گالاکتروناز و سلولاز است، اما پس از تبدیل میوه به رطب فعالیت آنزیم اینورتاز است که موثر است (Barreveld., 1993). فعالیت بیشتر آنزیم پلی گالاکتروناز طی مراحل رسیدن مربوط به افزایش پکتین های باند شده است زیرا پکتین سوبستریت پلی گالاکتروناز است و پکتین را طی رسیدن از حالت باند خارج می نماید (Chea *et al.*, 2019). در مطالعه ای بر روی میوه پایا، نتیجه گیری شد که اوج فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز با کاهش سختی این میوه همزمان نبود و نمی تواند به عنوان آنزیم هیدرولیزکننده اصلی دیواره سلول باشد. به نظر می رسد که یک تک آنزیم نمی تواند مسئول نرم شدن میوه ها باشد و آنزیم های هیدرولیتیک در ارتباط با یکدیگر قادر به نرم کردن میوه طی رسیدن می گردند (Thumdee *et al.*, 2010). سنتز اتیلن نقش کلیدی در تنظیم رسیدن میوه ها ایفا می کند، کاربرد نفتالین استیک اسید، تعادل هورمونی در گیاهان را مختل و سنتز اتیلن را تحریک می کند و در نتیجه فعالیت آنزیم های هیدرولیتیک تسریع شده و تنک دستی و شیمیایی می تواند از این طریق روی میزان فعالیت این آنزیم ها موثر باشند (Kamiab *et al.*, 2023).

جدول ۶- اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی میوه خرما رقم خضراوی در مرحله رطب بر شاخص های درصد مواد جامد محلول، pH میوه، درصد اسیدیته کل میوه، طعم میوه، میزان فعالیت آنتی اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول و اسید آسکوربیک در سال های اول و دوم

Table 5- The interaction effect of hand and chemical thinning of the fruit of Khadravi Cultivar in rutab stage on the indices of the percentage of soluble solids, fruit pH, total fruit acidity, fruit flavor, antioxidant activity, Total phenol, amount of soluble tannin and ascorbic acid in the first and second years

سال	a (Hand Thinning)	b (Chemical Thinning)	درصد مواد جامد محلول TSS (%)	pH میوه	درصد اسیدیته کل میوه Total acidity (%)	شاخص طعم میوه TSS/TA	میزان فعالیت آنتی- اکسیدانی Antioxidant activity (%)	فنل کل Total phenolic (mg/gr)	میزان تانن محلول Soluble tannin (mg/gr)	اسید اسکوربیک Vitamin C (mg/gr)
1	0	0	47ef	7.21de	1.81a	26.18ab	35.3a	0c	1.32ab	5.6a
	0	1	47.3def	7.32cd	1.92a	24.65b	30.5a	0c	0.88d	5.7a
	0	2	46f	7.32cd	1.92a	24.41b	32.5a	0c	1.42a	5.77a
	1	0	49cd	7.16e	2.026a	24.33b	31.3a	0.003c	0.91cd	5.9a
	1	1	48de	7.4ab	1.706a	28.26ab	35.3a	0.009b	0.78d	5.4a
	1	2	50bc	7.26cde	1.92a	26.5ab	37.7a	0.016a	0.78d	5.57a
	2	0	51b	7.45ab	1.706a	30.14a	30.16a	0.016a	0.87d	5.47a
	2	1	48de	7.52a	1.92a	25ab	34.1a	0.001c	1.02bcd	5.7a
	2	2	56a	7.34bc	2.026a	27.75ab	32.5a	0.004c	1.23abc	5.87a
	2	0	0	55abc	7.62e	0.96ab	57.29ab	37.3ab	0.006b	2.58a
0		1	54bc	7.7de	1.06a	51.56b	33.7b	0.003b	2.92a	5.5ab
0		2	52c	7.72cde	0.85ab	63.36ab	32.9b	0.003b	3.31a	5.6ab
1		0	54bc	7.83bcd	0.85ab	65.62ab	39.2ab	0.004b	3.21a	5.8a
1		1	55abc	7.87b	0.96ab	57.29ab	38.5ab	0.014a	2.96a	5.37ab
1		2	57.3ab	7.84bc	0.96ab	66.14ab	35.7ab	0.012a	2.97a	5.3ab
2		0	58a	8.02a	0.85ab	70.83ab	43.2a	0.014a	3.03a	5.2b
2		1	54bc	7.94ab	0.85ab	65.62ab	34.5b	0.013a	2.77a	5.4ab
2		2	56ab	7.85bc	0.75b	77.95a	43.2a	0.003b	3.1a	5.5ab

میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی داری با هم ندارند.

Means that have at least one letter in common do not differ significantly at the 5% of probability level based on LSD test.

تأثیر انواع تنک بر آنزیم های سلولاز و اینورتاز

بر اساس نتایج بدست آمده، اثر متقابل تنک خوشچه و شیمیایی در مراحل مختلف رشد میوه خرما رقم خضراوی موثر و روند تغییرات آنزیم های سلولاز و اینورتاز در میوه خرما رقم خضراوی از الگوی خاصی پیروی می کند و از مراحل اولیه میزان آن ها کم و در مراحل رسیدن و بلوغ میوه میزان این آنزیم ها افزایش می یابد. در واقع سلولاز پیوندهای گلوکوزیدی

b1,4 سلولز را می شکند (Abu-Bakr *et al.*, 2003). فعالیت سلولاز در طول رسیدن گواوا افزایش می یابد و بین افزایش فعالیت سلولاز و نرمی گوشت همبستگی بسیار بالا وجود دارد (Rastegar *et al.*, 2012).

جدول ۷- اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی میوه خرما رقم خضراوی در مرحله رطب بر شاخص های آنزیم های پلی گالاکتروناز، پکتین متیل-استراز، سلولاز و اینورتاز و قندهای احیاء، غیراحیاء و کل در سال های اول و دوم

Table 6- The interaction effect of hand and chemical thinning of the fruit of Khadravi Cultivar in rutab stage on the indices of the poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and reducing, non-reducing and total sugars in the first and second years

سال year	a (Hand Thinning)	b (Chemical Thinning)	آنزیم پلی گالاکتروناز Polygalacturonase (U/gr)	آنزیم پکتین متیل استراز Pectin methyl esterase (U/gr)	آنزیم سلولاز Cellulase (U/gr)	آنزیم اینورتاز Invertase (U/gr)	قند احیاء Reducing sugars (%)	قند غیر احیاء Non- reducing sugars (%)	قند کل Total sugars (%)
1	0	0	34.9abc	14b	37.32f	175.4d	31.4de	12.2b	44.8d
	0	1	38.6a	9d	52.08ef	177.2d	32.3cd	16.9ab	50.7b
	0	2	36.4ab	12c	83.7bc	198.7cd	34.7ab	15.4ab	47.7c
	1	0	33.9bcd	12c	69.8dc	184.9d	35.3a	14.4b	46.9cd
	1	1	30.9d	14b	85.07bc	224.3bc	32.9bcd	12.4b	46.1cd
	1	2	31.5cd	16a	92.8ab	254.1a	34.4abc	20.4a	53.4a
	2	0	33.8bcd	16a	102.4a	228.02ab	35.6a	14.4b	47.7c
	2	1	34.05bcd	16a	71.6dc	229.8ab	34.6ab	12.2b	47.3c
	2	2	37.4ab	16a	59.89de	212.4bc	29.7e	11.9b	46.4cd
	2	0	0	30.4b	15.3a	45.14c	181.3d	29.8b	11.3bc
0		1	35.68a	12bc	44.7c	178.6d	30.9ab	17.99ab	47.8ab
0		2	34.1ab	13.3abc	70.74b	185.9cd	30.9ab	11.8bc	44.2bc
1		0	34.16ab	12bc	73.35b	190bcd	30.9ab	11.5bc	41.2c
1		1	32.97ab	11.3c	73.35b	189.6bcd	32.4ab	10.8c	43.2bc
1		2	34.2ab	14bc	72.48b	214.7abc	31.3ab	23.2a	51.8a
2		0	33.6ab	14.7ab	98.09a	203.3abcd	33.8a	13.4bc	44.3bc
2		1	32.5ab	14.7ab	86.8ab	219.3a	31.3ab	12.9bc	45.3bc
2		2	34.96a	14abc	74.6b	216.1ab	29.8b	10.5c	44.3bc

میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی داری با هم ندارند.
Means that have at least one letter in common do not differ significantly at the 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۸- اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی میوه خرما رقم خضراوی در مرحله تمار بر شاخص های درصد مواد جامد محلول، pH میوه، درصد اسیدیت کل میوه، طعم میوه، میزان فعالیت آنتی اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول و اسید آسکوربیک در سال های اول و دوم

Table 7- The interaction effect of hand and chemical thinning of the fruit of Khadravi Cultivar in tamar stage on the indices of the percentage of soluble solids, fruit pH, total fruit acidity, fruit flavor, antioxidant activity, Total phenol, amount of soluble tannin and ascorbic acid in the first and second years

سال year	a (Hand Thinning)	b (Chemical Thinning)	درصد مواد جامد محلول TSS (%)	pH میوه	درصد اسیدیت کل میوه Total acidity (%)	شاخص طعم میوه TSS/TA	میزان فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidan t activity (%)	فنل کل Total phenolic (mg/gr)	میزان تانن محلول Soluble tannin (mg/gr)	اسید اسکوربیک Vitamin C (mg/gr)
1	0	0	65ab	7.51a	1.6d	40.62a	19.05a	0d	0.17fg	4.6ab
	0	1	59abc	7.56a	1.706c	34.86ab	17.8a	0d	0.3a	4.8ab
	0	2	50.3c	7.52a	1.92b	26.21d	21.8a	0d	0.26bc	4.3b
	1	0	65ab	7.55a	1.92b	33.85abc	19.8a	0.003bcd	0.18ef	4.5ab
	1	1	54.3bc	7.51a	2.24a	24.25d	11.5a	0.004bc	0.14g	5.3a
	1	2	62abc	7.56a	2.24a	27.67cd	17.06a	0.01a	0.22de	4.5ab
	2	0	59.3abc	7.51a	2.24a	26.48d	21.03a	0.002cd	0.23cd	4.5ab
	2	1	68a	7.4a	2.24a	30.35bcd	17.5a	0.003bcd	0.29ab	5ab
	2	2	64.3ab	7.44a	2.24a	28.72bcd	17.8a	0.007b	0.25bcd	4.6ab
	2	0	0	60a	7.53ab	1.17ab	52.08ab	16.7a	0c	0.43b
0		1	59a	7.57ab	1.28a	46.09b	12.7a	0c	0.75a	4.4a
0		2	59a	7.57ab	1.07ab	56.42ab	19.8a	0.007ab	0.76a	4.3a
1		0	60a	7.64a	1.07ab	57.2ab	13.5a	0.005abc	0.55ab	4.4a
1		1	60a	7.59ab	1.07ab	57.46ab	13.8a	0.005abc	0.44b	4.6a
1		2	60a	7.59ab	0.96b	62.5a	21.8a	0c	0.56ab	4.2a
2		0	60a	7.55ab	1.17ab	51.99ab	23.8a	0.0003c	0.6ab	4.2a
2		1	58a	7.52b	1.17ab	50.26ab	24.2a	0.002bc	0.64ab	4.6a
2		2	59a	7.54ab	1.07ab	56.25ab	15.8a	0.009a	0.56ab	4.4a

میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی داری با هم ندارند.
Means that have at least one letter in common do not differ significantly at the 5% of probability level based on LSD test.

اینورتاز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌هایی است که در میوه خرما یافت می‌شود و تاثیر زیادی بر کیفیت دارد. این آنزیم، ساکارز را به منوساکاریدها (گلوکز و فروکتوز) تبدیل می‌کند. تحقیقات زیادی در مورد تغییرات فعالیت آنزیم‌های سلولاز و اینورتاز در طول رسیدن خرما از ارقام مختلف انجام شده است. در مراحل اصلی (کیمری، خلال، رطب و تمار) فعالیت آنزیم اینورتاز و سلولاز افزایش یافته و در پایان مرحله تمار به بالاترین حد می‌رسند، البته مرحله تمار نسبت به رطب با سرعت کمتری افزایش یافته است، یافته‌های فدهیل و همکاران (Fadhil *et al.*, 2023) با این تحقیق در یک راستا است. فعالیت آنزیم سلولاز در طول رسیدن گواوا، آووکادو و خرما افزایش می‌یابد (Rastegar *et al.*, 2012; Abu-Bakr *et al.*, 2003). در مطالعه‌ای که بر روی ارقام خرماي دگلت‌نور و سودانی انجام شد، مشخص گردید که سلولاز در مراحل اولیه وجود ندارد یا بسیار کم بوده و سپس در آخرین مرحله بلافاصله قبل از اینکه سفتی میوه کم شود، افزایش یافته است (Rastegar *et al.*, 2012).

جدول ۹- اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی میوه خرما رقم خضراوی در مرحله تمار بر شاخص‌های آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل-استراز، سلولاز و اینورتاز و قندهای احیاء، غیراحیاء و کل در سال‌های اول و دوم

Table 8- The interaction effect of hand and chemical thinning of the fruit of Khadravi Cultivar in tamar stage on the indices of the poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and reducing, non-reducing and total sugars in the first and second years

سال year	a (Hand Thinning)	b (Chemical Thinning)	آنزیم پلی‌گالاکتروناز Polygalactur onase (U/gr)	آنزیم پکتین متیل استراز Pectin methyl esterase (U/gr)	آنزیم سلولاز Cellulase (U/gr)	آنزیم اینورتاز Invertase (U/gr)	قند احیاء Reducing sugars (%)	قند غیر احیاء Non- reducing sugars (%)	قند کل Total sugars (%)
1	0	0	42.2a	15.03a	78.1cd	261.9a	35.2c	8.6a	47.3 bc
	0	1	44.3a	13.9ab	100.7ab	271.5a	42.7a	10.6a	48.5 bc
	0	2	43.17a	13.2b	95.5abcd	260.5a	36.3bc	7.5a	48.5 bc
	1	0	41.4a	15.4a	74.6d	260.1a	38.5b	12.9a	51.3a
	1	1	42.5a	15.4a	98.09abc	264.6a	41.6a	9.3a	49.3ab
	1	2	44.36a	15.4a	108.1a	252.3a	36.4bc	7.7a	46.5 c
	2	0	43.18a	14.3ab	98.5abc	261.4a	38.5b	11.3a	48.5 bc
	2	1	42.9a	14.3ab	98.9abc	251.3a	36.7bc	12.4a	50.8a
	2	2	43.7a	15.4a	85.5bcd	269.7a	43.3a	9.9a	48.6bc
	2	0	0	37.2d	16.1a	91.6ab	261.9ab	37.3ab	6b
0		1	40.8c	15.03ab	100.3ab	253.6b	41.2a	8ab	45.3bc
0		2	44.8a	14.7b	100.3ab	274.7a	37.3ab	2.95b	42.2c
1		0	41.8bc	15.03ab	100.7ab	268.7ab	35.8ab	5b	44.2bc
1		1	44.4ab	15.4ab	95.1ab	267.4ab	39.3ab	5b	44.3bc
1		2	43.4abc	15.8ab	86.8b	254.6b	39.3ab	9.3ab	46.6b
2		0	44.7a	15.4ab	81.6b	256.4ab	33.8b	7ab	44.3bc
2		1	43.8ab	15.4ab	108.5a	267.8ab	37.3ab	13.7a	51.6a
2		2	44.6ab	15.4ab	96.7ab	259.2ab	41.2a	9.5ab	45.3bc

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.
Means that have at least one letter in common do not differ significantly at the 5% of probability level based on LSD test.

نتیجه‌گیری

تنک درختان میوه باعث بهبود خصوصیات کیفی و کمی میوه می‌گردد. نتایج این بررسی نشان داد که تنک شیمیایی و دستی خرماي رقم خضراوی باعث بهبود صفات کیفی نظیر فنل کل، تانن محلول، اسید اسکوربیک و فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز و درصد قندهای احیاء و کل میوه در مرحله تمار می‌شود. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که تنک دستی با حذف ۲۵ درصد از کل خوشچه‌ها و تنک شیمیایی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید موجب بهبود کیفیت میوه خرماي رقم خضراوی گردید. لذا این دو تیمار قابل توصیه به نخلکاران می‌باشد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تأمین منابع مالی اجرای این پژوهش و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به خاطر در اختیار گذاشتن نخلستان جهت اجرای پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Abu-Bakr, A., Abu-Goukh, H., & Bashir, A. (2003). Changes in pectic enzymes and cellulase activity during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, 83, 213–218. doi:10.1016/S0308-8146(03)00067-0
2. Alikhani-Koupaei, M., Aghdam, M.S & Faghieh, S. (2020). Physiological aspects of date palm loading and alternate bearing under regulated deficit irrigation compared to cutting back of bunch. *Agricultural Water Management*, 232 106035. doi:10.1016/j.agwat.
3. Al-Saikhan, M.S., & Sallam, A.A. (2015). Impact of chemical and non-chemical thinning treatment on yield and fruit quality of date palm. *Journal of Food and Research*, 4, 4: 18-24. doi:10.5539/jfr.v4n4p18
4. Amira, E.A., Guido, F., Behija, S.E., Manel, I., Nesrine, Z., Ali, F., Mohamed, H., Nouredine, H.A., & Lotfi, A. (2011). Chemical and aroma volatile compositions of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at three maturation stages. *Food Chemistry*, 127: 744–1754. doi:10.1016/j.foodchem.2011.02.051
5. AOAC. 1995. AOAC official method 942. 15. In P. cunniff (Ed.), AOAC official methods of analysis of AOAC international. USA: AOAC international.
6. Atawia, A.A.R.El., El-Akkad, T.A.M., & Hassan, T.M. (2020). Effect of Thinning Treatments on some Physical and Chemical Fruit Characters of Barhy and Magdool Date Palm Cultivars. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 58(2) 339 – 350.
7. Awad, M.A., Al-Qurashi, A.D., & Mohamed, S.A. (2011). Antioxidant capacity, antioxidant compounds and antioxidant enzyme activities in five date cultivars during development and ripening. *Scientia Horticulturae*, 129: 688-693. doi:10.1016/j.scienta.2011.05.019
8. Awang, Y.B., Chuni, S.H., Mohamed, M.T.M., Hafiza, Y., & Mohamad, R.B. (2013). Polygalacturonase and pectin, methylesterase activities of CaCl₂ treated red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) harvested at different maturity, *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 8 (2): 167-172. doi.org/10.3844/ajabssp.2013.167.172
9. Bakr, E.I., El-Kasary, S., El Banna, A., & Ghazawy, H.S. (2005). Effect of NAA on fruit setting, bunch weight and fruit characteristics of Samani and Zaghoul date palm cultivars. *Journal of Agricultural Sciences. Mansoura University.*, 30 (12). doi:10.21608/jpp.2005.237937
10. Barrevelde, W.H. (1993). *Date Palm Products*. Agricultural Services Buletin, 101: 216. F.A.O. Rome.
11. Bashir, M.A., Ahmad, M., Altaf, F., & Shabir, K. (2014). Fruit Quality and Yield of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) As Affected by Strand Thinning. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(3):951-954.
12. Chea, S., Yu, D. J., Park, J., Oh, H. D., Chung, S.W., & Jae Lee, H. J. (2019). Fruit softening correlates with enzymatic and compositional changes in fruit cell wall during ripening in ‘Bluecrop’ highbush blueberries. *Scientia Horticulturae*, 245: 163–170. doi:10.1016/j.scienta.2018.10.019
13. Dhinesh Babu, K., & Yadave, D.S. (2004) Physical and chemical thinning of peach in subtropical north eastern India. *Acta Horticulturae*. 662: 327-331. doi: 10.17660/ActaHortic.2004.662.48
14. Fadhil, A.A., Samar, J.M., Omnia, H.D., & Fayed, N.I.A. (2023). Effect of Agricultural Processing on Ripening Enzymes in Date Palm: A Review. *Plant Biotechnology Persa*; 5(1): 14-19. doi: 10.52547/pbp.5.1.3
15. Food and Agriculture Organization. 2021. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>

16. Gross, K.C. (1982). A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. *Hortscience*, 17: 933-934.
17. Hasegawa, S., & Smolensky, D. C. (1971). Cellulase in dates and its role in fruit softening. *Journal of Food Science*, 36, 966–967. doi.org/10.1021/jf60171a036
18. Hashempour, M. (1999). *Ghanjine khorma*. Nashr Amozesh Keshavarzi Karaj. PP. 668. (In Persian)
19. Hassaballa, L.A., Ibrahim, M.M., Sharaf, M.M., Abdel-Aziz, A.Z., & Hagagy, N.A. (1983). Fruit physical and chemical characteristics of "Zaghloul" date cultivar in response to some fruit thinning treatments. *Annals Agricultural Science*, 20(3): 3-14.
20. Hussein, F. (1970). Effect of fruit thinning on size, quality and ripening of Sakkoti dates grown at Aswan. *Tropical Agriculture* , 47(2): 163-66.
21. Jalali, M., Moalemi, N., & Mortazavi, M.H. (1998). The effect of gibberellic acid and benzyl adenine on quantitative and qualitative traits in Ahvaz. *Journal of plant production* 37: 105-114 (In Persian).
22. Kamiab, F., Tavassolian, I., & Hosseinifarahi, M. (2023). Changes in the quantitative and qualitative characteristics of seedless barberry (*Berberis Vulgaris* L.) fruit as influenced by fruit thinning. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, vol. 6(1), 77-92. doi: 10.22077/jhpr.2022.5416.1279
23. Kanner, J., Elemaleh, H., Reuveni, O., & Ben-Gera, I. 1978. Invertase (β -fructofuranosidase) activity in three date cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26: 504-508.
24. Khaje zade, S., Moallemi, N.A., & Mortazavi, S.M.H. (2018). The effect of foliar application of naphthalene acetic acid and potassium sulfate on quantitative and qualitative characteristics Pearl tangerine variety Tangelo. *Pomology Research*. Vol. 3. No. 2. 16-26. (In Persian)
25. Moallemi, N., Khaleghi, E. & Rezazadeh Kavari, M. (2023). The Effect of Chemical and Hand Cluster Thinning on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Date Palm Fruits cv. Estameran. *Journal of Plant Production Research*. Vol. 30. No. 4. P. 137-152. (In Persian) doi: 10.22069/JOPP.2023.21255.3032
26. Mohamadi, A., Abotalebi, A., Hassanzade, H., & Mohamadi, M. (2008). Investigating the effect of plant growth regulators on quantitative and qualitative characteristics Shahani dates. *Journal of Research in Agricultural Sciences*, 4 (2): 204-212. (In Persian)
27. Mostofi, Y., & Najafi, F. (2005). *Laboratory Manual of Analytical Techniques in Horticulture*. Tehran University, 1: 1-136. (In Persian)
28. Moustafa, A. A. (1997). *Studies on Fruit thinning of date palms*. Dept. of Horticulture. Faculty of Agriculture, El-Fayoum, Cairo Univ., Egypt. Pp 354-364.
29. Moustafa, A. R., Abdel-Hamid, N., Abd El-Hamid, A., El-Sonbaty, M. R., & Abd El-Naby, S. K. M. (2019). *Bulletin of the National Research Centre*. 3:204. doi:10.1186/s42269-019-0234-3
30. Ramazanian A., & Rahemi A. (2006). The Role of Chemical and Hand Fruit Thinning on Flower Bud Retention and Pistachio Nut Quality Improvement. *Journal of Science and Technology of Agriculture And Natural Resource*; 10 (4):135-145. (In Persian)
31. Ranganna, S. (1979). *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*, 2nd ed. Tata McGraw-Hill, Publishing Company Limited, New Delhi, pp. 634.
32. Rastegar, S., & Rahemi, M. (2015). Comparison of physicochemical characteristic of pollinated and unpollinated Piarom and Shahani Date Palm during fruit growth and development. *Plant Productions*, 38(1), 65-74 (In Persian)
33. Rastegar, S., Rahemi, M., Baghizadeh, A., & Gholami, M., (2012), Enzyme activity and biochemical changes of three date palm cultivars with different softening pattern during ripening. *Food Chemistry*, 134, 1279–1286. doi:10.1016/j.foodchem.2012.02.208

34. Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55. doi: 10.5344/ajev.1977.28.1.49
35. Son, L. (2004). Effects of hand and chemical thinning on fruit size and quality of 'Priana' and 'Beliana' apricot (*Prunus armeniaca*) cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. Vol. 32: 331-335. doi: 10.1080/01140671.2004.9514312
36. Taghipour, L., Rahemi, M., & Assar, P. (2011). Thinning with NAA, NAD, ethephon, urea and by hand to improve fruit quality of 'Gerdi' apricot. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 23(4): 279-284. doi:10.1590/S1677-04202011000400005
37. Tejpal, S.B., Laxmi, R., Binayak, C., & Vikas, Y. (2018). A Recent Advances in Use of Plant Growth Regulators (PGRs) in Fruit Crops - A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7(5): 1307-1336. doi:10.20546/ijcmas.2018.705.159
38. Thumdee, S., Manenoi, A., Chen, N.J., & Paull, R.E. (2010). Papaya fruit softening: role of hydrolases. *Tropical Plant Biology*, 3: 98 109. doi: 10.1007/s12042-010-9048-z
39. Zarbakhsh, S., & Rastegar, S. (2018). Assessment of physicochemical properties and bioactive compound of date fruit (*Phoenix dactylifera*) in two cultivars, "Piarom" and "Zahedi". *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. Vol. 14, No. 1, Apr. May. 177- 186. doi: 10.22067/ifstrj.v14i1.60214