

اثر روش‌های تمیز کردن و شستشوی پیش از برداشت بر بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی خرمای برحی

مریم رواقی^{۱*}، جعفر حبیبی اصل^۲، ابوالفضل گلشن تفتی^۳ و الیاس دهقان^۴

^۱ استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
^۲ دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
^۳ استادیار پژوهشی بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی و فناوری‌های پس از برداشت، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
^۴ استادیار پژوهشی بخش مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۸/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۱۳

چکیده

خرمای رقم برحی یکی از مهم ترین ارقام تجاری است که به صورت عمده در استان خوزستان تولید می‌شود. در چند سال اخیر تغییرات اقلیمی و بروز پدیده ریزگردها در مناطق خرماخیز کشور باعث تشدید آلودگی خرما به گرد و غبار شده و کیفیت و ارزش خرمای تولیدی کشور را کاهش داده است. در این پژوهش برای پاکسازی خارک برحی از لانس تلسکوپی با به‌کارگیری آب، لانس تلسکوپی با محلول کیتوزان ۰/۵ درصد، شستشوی خوشه خرما با لانس معمولی از پایین و هوای تحت فشار استفاده شد. نمونه‌هایی از مرحله خلل‌پیش از تیماردهی، با فاصله یک روز بعد از تیماردهی و یک ماه پس از اعمال تیمارها تهیه شد و از نظر میکروبی، ویژگی‌های شیمیایی و رنگ بررسی گردید و نتایج با نمونه شاهد (بدون تمیز کردن) مقایسه شد. نتایج این پژوهش نشان داد که مرحله برداشت و روش پاکسازی اثر متقابل معنی‌داری بر آزمون میکروبی، شاخص روشنایی و قرمزی نمونه‌ها دارد، در حالی که در دیگر آزمون‌ها (قند کل و قندهای احیاءکننده، اسیدیته قابل تیتراسیون، اسید آسکوربیک، بریکس، pH، رطوبت، تانن و شاخص زردی) تنها اثر مرحله برداشت معنی‌دار بود. کاربرد محلول کیتوزان به‌طور موثری باعث حذف قارچ‌ها (صفر کلنی در گرم) از سطح میوه برحی در مرحله خلل‌خلال شد و بر خلاف تیمارهای دیگر، تعداد قارچ‌ها پس از یک ماه افزایش نیافت. به علاوه، کیتوزان تغییر نامطلوبی در مرحله رسیدن و ویژگی‌های کیفی میوه برحی ایجاد نکرد و از این‌رو کاربرد آن مثبت ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: خرمای برحی، خلل، تمیز کردن، شستشو، کیتوزان

مقدمه

برداشت و عرضه به بازار است (Sadeghi & Golshan-Tafti, 2022; Golshan-Tafti & Fouladi, 2006). افزایش و تجمع گرد و غبار روی میوه خرما- به‌ویژه با شدت یافتن بروز پدیده ریزگردها در استان‌های خرماخیز کشور- از یک طرف باعث کاهش کیفیت محصول می‌شود و از طرف دیگر، کاهش فعالیت‌های حیاتی و پایین آمدن قدرت دفاعی گیاه را در برابر حمله آفات مهمی مانند کنه گردآلود

ایران یکی از بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده خرماست که حدود ۱۴ درصد از تولید خرمای جهان را دارد. خرما با تولید ۱/۵ میلیون تن در سال، پس از سیب، پرتقال، انگور و خیار رتبه پنجم را در کشور داراست (Anonymous, 2022). رقم برحی یکی از ارقام عمده و اقتصادی خرما در کشور به

<http://doi: 10.22092/fooder.2026.371151.1435>

نویسنده مسئول: m.ravaghi@areeo.ac.ir



روی درخت، خرما را شستشو می‌کنند (Golshan-Tafti & Fouladi, 2006).

یکی از روش‌های افزایش ماندگاری خرما استفاده از پوشش‌های خوراکی و ترکیبات ضد میکروبی طبیعی است. گلشن‌تفتی (Golshan-Tafti, 2006a) از شستشوی میوه خرما با آب و محلول سدیم دی‌استات به غلظت ۴۰۰۰ ppm برای رفع نسبی آلودگی‌های رطوبت مضافتی در مرحله‌ی خلال و روی درخت استفاده کرد. گزارش‌ها نشان می‌دهد پس از شستشوی خوشه‌ها، میزان آلودگی‌های سطحی و بار میکروبی کاهش ولی شمار کلی میکروارگانیسم‌ها و قارچ‌ها با نزدیک شدن محصول به زمان برداشت به تدریج افزایش یافته است. در برداشت نوبت دوم، بین تیمارهای مختلف شستشو از نظر میزان آلودگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

مفتون آزاد و همکاران (Maftoon-Azad *et al.*, 2017)، اثر یک نوع پوشش نانوامولسیون بر پایه کیتوزان به غلظت ۲۰۰۰ ppm را بر ماندگاری رطوبت کبکاب بررسی و گزارش کردند این پوشش، اثر مطلوبی در کاهش افت وزن، حفظ رنگ میوه، کاهش سرعت تنفس، حفظ سفتی بافت و تغییرات کمتر بریکس و اسیدیته، نسبت به نمونه‌های بدون پوشش داشته است. کیتوزان یک پلیمر کربوهیدراتی طبیعی اصلاح شده است که به دلیل فعالیت ضد میکروبی به عنوان نگهدارنده بالقوه ماده غذایی مورد توجه قرار گرفته است (No *et al.*, 2007).

با توجه به اهمیت تولید خرما برحی با کیفیت در استان خوزستان، در این پژوهش شیوه‌های مختلف پاکسازی خرما روی نخل و پیش از برداشت در مقایسه با نمونه شاهد و نیز اثر تیماردهی با آب و محلول کیتوزان بر ویژگی شیمیایی، فیزیکی و میکروبی بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

تیماردهی، نمونه برداری و آزمون‌های اولیه

این پژوهش به صورت آزمون فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. پانزده اصله درخت نخل که از نظر اندازه (ارتفاع ۴-۶ متر)، سن و فاکتورهای زراعی تقریباً یکسان بودند، در نقاط مختلف نخلستان به‌طور

(Rahnama, 2019) نشان دادند که با نشست گرد و غبار روی میوه خرما در شرایط گرم و مرطوب نخلستان‌ها، شدت خسارت پوسیدگی، ۸/۵۳ درصد و ریزش میوه، ۱۳/۴۳ درصد افزایش می‌یابد.

سیف‌کردی (Saif-Kordi, 1994)، روش‌های شستشو و آماده‌سازی (استفاده از آب استریل ۱۵ و ۴۰ درجه سلسیوس، محلول قند ۱۰ درصد، مخلوط مساوی آب و گلیسرین) را برای بسته‌بندی ارقام خرما مضافتی، پیارم، زاهدی و استعمران بررسی کرد و نشان داد در خرما مرطوب، شستشو اثر کاملاً مطلوبی ندارد و برای کاهش آلودگی اولیه در این رقم بهتر است در نحوه جمع‌آوری و برداشت آن دقت شود.

دلخواه و همکاران (Delkhah *et al.*, 2015)، طی بررسی خرماهای شسته‌شده و شسته‌نشده ۲۴ کارگاه بسته‌بندی خرما صنعتی و سنتی نشان دادند که تعداد کپک در خرماهای شسته‌نشده به میزان ۸۳/۳ درصد و در نمونه‌های شسته‌شده به میزان ۷۵ درصد بیشتر از حد مجاز (1×10^3) است. روش‌های مرسوم شستشو در کارگاه‌ها برای نگهداری طولانی مدت معمولاً مناسب نیستند زیرا شستشوی میوه پس از برداشت و در مرحله رطوبت باعث نفوذ آب از نقاط آسیب‌دیده یا سوراخ‌ها به زیر پوست و درون بافت می‌شود. حذف این رطوبت اغلب بسیار دشوار است و وجود آن به سرعت منجر به فساد می‌شود. از سوی دیگر، شستشوی خوشه‌ها روی درخت در مرحله رطوبت نیز معمولاً سبب ریزش میوه و افزایش احتمال فعالیت میکروارگانیسم‌ها و ترش شدن میوه می‌شود.

میوه خرما رقم برحی در مرحله خلال دارای بافت سفت، پوست صاف و بدون چروک است. در این مرحله، میوه کاملاً متصل به خوشه است و در نتیجه پوست و بافت آن در مقابل آسیب‌های فیزیکی ناشی از دمیدن هوای فشرده، فشار آب و نفوذ آن به درون میوه مقاوم است. از آن‌جا که به نظر می‌رسد تمیزکردن و شستشوی خرما در مرحله خلال، به راحتی و بدون ایجاد آسیب دیدگی فیزیکی قابل اجرا باشد، برخی از نخل‌داران با پاشیدن حجم زیادی از آب تحت فشار از پایین

فشار، ۲-لولهٔ تلسکوپی با قابلیت تغییر ارتفاع، ۳- اهرم قطع و وصل جریان آب، ۴- اهرم کنترل به‌منظور پاشش آب در حين کار و ۵- شیلنگ انتقال آب يا محلول به نازل هستند. از خوشه‌چه‌های سطحی و میانی خوشه‌های خرما نمونه- برداری شد و رشته‌ها در کیسهٔ پلی‌اتیلن قرار داده شدند. نمونهٔ اولیه (در مرحلهٔ خلال پیش از تیماردهی) از نظر آزمون‌های شیمیایی، رنگ، بافت و آزمون میکروبی بررسی شد. سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل Hounsfield-H5K-S ساخت انگلستان) توسط پروب ۳/۲ میلی‌متر و لودسل ۵۰۰ نیوتن اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها با فاصلهٔ یک روز بعد از تیماردهی و یک ماه پس از اعمال تیمارها تهیه شدند و برای بررسی ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و رنگ به آزمایشگاه ارسال گردیدند.

تصادفی انتخاب شدند. به هر تیمار سه اصله نخل اختصاص یافت و نمونهٔ حاصل از سه خوشه که به‌طور تصادفی (به روش قرعه‌کشی) در اطراف تاج انتخاب شده بودند به آزمایشگاه انتقال یافت. تیماردهی خرماي برحي خوزستان در مرحلهٔ خلال در صبح زود و در هنگامی اجرا شد که باد نمی‌وزید (Schönherr, 2006). تیمارها شامل استفاده از هوای تحت فشار، شستشوی خوشهٔ خرما با آب با استفاده از لانس تلسکوپی، شستشوی خوشهٔ خرما با محلول کیتوزان (غلظت ۰/۵ درصد) با استفاده از لانس تلسکوپی (شکل ۱)، شستشوی خوشهٔ خرما با آب و لانس معمولی از پایین درخت (شکل ۲، روش مرسوم منطقه) و تمیز نکردن خوشه‌ها (شاهد) بودند. در شکل ۱ اعداد مشخص شده نشان‌دهنده ۱- نازل خروجی با قابلیت کنترل برای پاشش آب تحت



شکل ۱- دستگاه شوینده تلسکوپی با قابلیت تغییر ارتفاع نازل و زاویه پاشش آب/ محلول
Figure 1- A telescopic lance with adjustable nozzle height and spray angle



شکل ۲- لانس معمولی مورد استفاده در شستشوی خوشهٔ خرما
Figure 2- A conventional lance for washing date clusters

آزمون میکروبی

میزان آلودگی میکروبی با شمارش تعداد کل قارچ‌ها (مخمر و کپک) در هر گرم از نمونه خرمای برچی روی محیط کشت YGC، قبل و بعد از عملیات پاکسازی و یک ماه پس تیماردهی محصول تعیین شد (Ahmed et al., 2022).

آزمون‌های شیمیایی

ترکیب شیمیایی خرما شامل درصد کل مواد جامد انحلال‌پذیر، قند کل و قندهای احیاکننده، اسیدیته قابل تیتراسیون (بر حسب اسید سیتریک)، اسید آسکوربیک (ویتامین ث)، میزان pH، رطوبت و تانن پس از جداسازی هسته از گوشت میوه قبل و بعد از عملیات پاکسازی و یک ماه پس تیماردهی محصول اندازه‌گیری شد (Golshan-Tafti, 2006b).

اندازه‌گیری رنگ

رنگ سطح نمونه‌های تیمار شده با دستگاه رنگ‌سنج (مدل DP25-9000 ساخت شرکت هانتر لیب آمریکا) و از دو سطح مخالف میوه قبل و بعد از عملیات پاکسازی و یک ماه پس تیماردهی محصول اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، دو تیمار روش پاکسازی در پنج سطح و مرحله برداشت در دو سطح تیمارهای این مطالعه بودند بنابراین با توجه به تعداد و سطح تیمارها و سه تکرار تعداد کل ۳۰ نمونه آزمایشی بررسی و نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۴ تجزیه و تحلیل آماری شد. میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تیماردهی و آزمون‌های اولیه

نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های شیمیایی خارک برچی پیش از اعمال تیمار در جدول ۱ آورده شده است. مطابق این جدول، میوه برچی در مرحله خارک کیفیت مطلوبی از نظر ویژگی‌های شیمیایی داشته است. مقدار قند کل این رقم در مرحله خلال و پیش از اعمال تیمارها بالا (31.00 ± 1.81 درصد) و تانن آن نسبتاً پایین (6.30 ± 0.13 میلی گرم بر گرم) بود.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی میوه برچی در مرحله خلال

Table 1- Chemical composition of Barhi dates at the Khalal stage

رطوبت Moisture (%)	مواد جامد انحلال‌پذیر TSS (%)	قند کل Total sugars (%)	قند احیاکننده Reducing sugars (%)	pH	اسیدیته Acidity (%)	ویتامین ث Vitamin C (mg/100g)	تانن Tannin (mg/g)
67.12±4.88	34.73±2.31	31.00±1.81	28.73±2.09	5.67±0.08	0.44±0.03	4.87±0.12	6.30±0.13

میانگین صفات فیزیکی رنگ و سفتی بافت در مرحله خلال در جدول ۲ آورده شده است. شاخص‌های روشنایی، سبز قرمز و آبی زرد در مرحله خلال به ترتیب ۵۸/۳۸، ۷/۶۳ و ۳۵/۶۴ و از لحاظ سفتی بافت نیز بیشینه نیرو برابر ۲۴/۷۴ نیوتن گزارش شد. میوه برچی در مرحله خارک رنگ زرد کاهش دهد.

جدول ۲- میانگین صفات رنگ، بافت و آلودگی میوه برچی در مرحله خلال

Table 2- Mean values of color, texture, and contamination attribute of Barhi dates at the Khalal stage

شاخص روشنایی L*	رنگ color		بافت Texture		آلودگی میکروبی contamination attribute (CFU/g)
	شاخص سبز قرمز a*	شاخص آبی زرد b*	بیشینه نیرو F _{max} (N)	جابه‌جایی Displacement (mm)	
58.38±1.51	7.63±1.13	35.64±4.73	24.74±2.18	2.78±0.56	4.43±0.63

آزمون میکروبی

داری ($P < 0.05$) پایین‌تر از تیمارهای دیگر بوده است. در دیگر تیمارها، آلودگی میکروبی یک ماه پس از تیماردهی افزایش یافت گرچه این ارقام معنی‌دار ($P > 0.05$) نبود. با توجه به نبود تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) بین تیمار شستشوی لانس معمولی با آب و تیمار شستشو با لانس تلسکوپی با آب، به نظر می‌رسد اگر دسترسی به لانس تلسکوپی نیست می‌توان از همان روش لانس معمولی با آب نیز به طور موثری در کاهش آلودگی میکروبی بهره گرفت. نتایج این پژوهش با تحقیقات ابوشاما و همکاران (Abu-Shama *et al.*, 2020) همخوانی دارد که نشان دادند استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان باعث کاهش معنی‌دار بار میکروبی یک ماه پس از شستشو نیز همچنان به طور معنی

جدول ۳ تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی آلودگی میکروبی خارک را طی تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. بررسی نتایج نشان داد اثر اصلی و اثر متقابل تیمارهای مختلف پاکسازی و مرحله برداشت بر آلودگی میکروبی نمونه‌های خارک برقی معنی‌دار ($P < 0.05$) است. شکل ۳ اثر متقابل مرحله برداشت و روش پاکسازی بر آلودگی میکروبی نمونه‌های برقی را نشان می‌دهد. خارک برقی پس از شستشو با لانس تلسکوپی و محلول کیتوزان به طور معنی‌داری کمترین فعالیت میکروبی ($P < 0.05$) را به لحاظ رشد کپک و مخمر داشته است. به علاوه، آلودگی میکروبی یک ماه پس از شستشو نیز همچنان به طور معنی

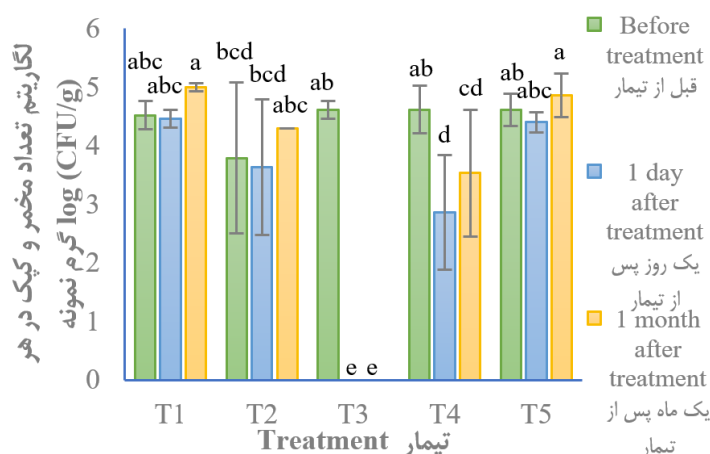
جدول ۳- تجزیه واریانس آلودگی میکروبی خارک برقی

Table 3- Analysis of variance (ANOVA) for microbial contamination of Barhi dates

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	آزمون فیشر F
مرحله برداشت Harvest stage	2	14.36	7.18	19.07*
روش پاکسازی Cleaning method	4	58.39	14.60	38.77*
اثر متقابل Interaction effect	8	34.57	4.32	11.48*
خطا Error	30	11.30	0.38	
ضریب تغییرات CV	16.67			

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

* Indicates a statistically significant difference at the 5% level.



شکل ۳- اثر متقابل روش پاکسازی و مرحله برداشت بر وضعیت میکروبی نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف (T1: هوای تحت فشار؛ T2: لانس تلسکوپی با آب؛ T3: لانس تلسکوپی با کیتوزان؛ T4: شستشو با لانس معمولی و آب؛ T5: شاهد)

Figure 3- Interaction effect of cleaning method and harvest stage on the microbial status of treated samples (T1: compressed air; T2: telescopic lance with water; T3: telescopic lance with 0.5% chitosan solution; T4: conventional lance with water; T5: control)

جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس داده‌های رطوبت و تانن نمونه‌های برحی حاصل از تیمارهای مختلف شستشو طی سه مرحله (پیش از تیماردهی، پس از تیماردهی و یک ماه پس از تیماردهی) را نشان می‌دهد. مرحله رسیدن به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) مقدار رطوبت و تانن نمونه‌ها را کاهش داد. مطابق شکل ۴، به‌کارگیری آب برای شستشوی خارک به مقدار جزئی رطوبت نمونه‌ها را افزایش داد، به طوری‌که این نمونه‌ها حتی پس از یک‌ماه نیز به طور جزئی رطوبت بیشتری داشتند. با این همه، اثر شستشو بر افزایش رطوبت معنی‌دار ($P > 0.05$) نبود. خارک معمولاً مقدار زیادی تانن دارد که طعم گسی به خرما می‌دهد. طی مرحله تبدیل خارک برحی به رطب، مقدار فلاوونوئید کل تا نصف کاهش می‌یابد (Najafi Marghmaleki et al., 2019). رستگار و همکاران (Rastegar et al., 2012)، نشان دادند که همزمان با بلوغ میوه خرما مقدار مواد فنلی به دلیل اکسایش آن‌ها و تولید ترکیبات قهوه‌ای رنگ کاهش می‌یابد.

محبی و همکاران (Mohebi et al., 2009)، نشان دادند استفاده از کیتوزان با غلظت ۲ و ۶ درصد در کاهش رشد پرگنه کپک *آسپرژیلوس نیجر* در خمیر خرما مؤثر است. احمد و همکاران (Ahmed et al., 2022)، خوشه‌های خرما را رقم خنیزی را با کیتوزان (۱ درصد)، اسید سالیسیلیک (۲ میلی‌مولار) و کلسیم کلرید (۳ درصد) تیماردهی کردند و نشان دادند میوه‌های تیمارشده با محلول کیتوزان + اسید سالیسیلیک، کمترین شمار میکروبی را در مقایسه با بقیه تیمارها، از جمله شاهد، دارند.

آزمون‌های شیمیایی

جدول‌های ۴ تا ۷ نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی شیمیایی خارک را طی تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. بررسی نتایج نشان داد تنها اثر اصلی مرحله برداشت بر ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های خارک برحی معنی‌دار ($P < 0.05$) است. به عبارت دیگر شستشو با استفاده از آب یا کیتوزان تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر ویژگی‌های شیمیایی میوه برحی نداشته است.

جدول ۴- تجزیه واریانس رطوبت و تانن خارک برحی

Table 4- Analysis of variance (ANOVA) for moisture content and tannin in Barhi dates

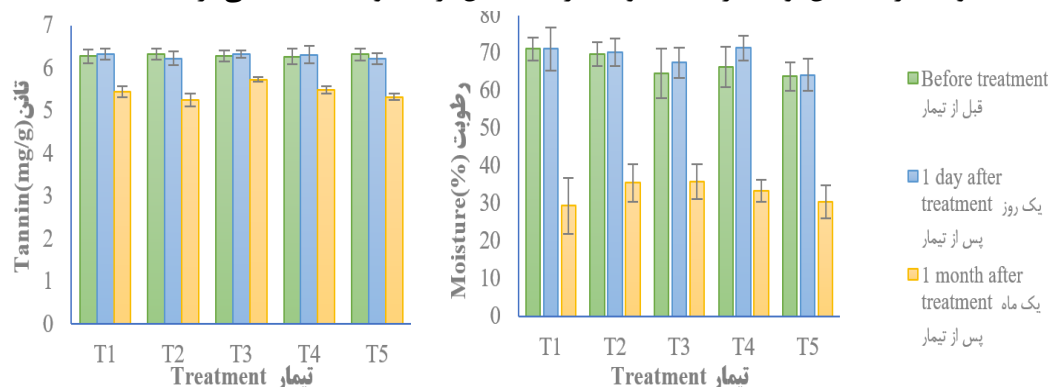
منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	رطوبت Moisture		تانن Tannin			
		مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	آزمون فشر F	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	آزمون فشر F
مرحله برداشت Harvest stage	2	12311.25	6155.62	283.61*	7.09	3.54	194.70*
روش پاکسازی Cleaning method	4	164.79	41.20	1.90	0.18	0.04	2.44
اثر متقابل Interaction effect	8	167.27	20.91	0.96	0.28	0.04	1.93
خطا Error	30	651.13	21.70		0.55	0.02	
ضریب تغییرات CV			8.28			2.24	

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

* Indicates a statistically significant difference at the 5% level.

اسیدهای آلی که بر ترشی میوه اثر می‌گذارند از نظر ترکیب و غلظت در گونه‌ها و ارقام مختلف متفاوت هستند. این اسیدها در ترکیب با قندها بر طعم میوه تأثیر تعیین‌کننده‌ای دارند. اسیدهای مالیک، سوکسینیک، استیک و اگزالیک مهم‌ترین اسیدهای آلی در دوره نمو میوه برحی هستند (Najafi Marghmaleki et al., 2019). جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس داده‌های pH و اسیدیته خرما و شکل تغییرات pH و اسیدیته نمونه‌های برحی حاصل از تیمارهای مختلف شستشو را طی سه مرحله (پیش از تیماردهی، پس از تیماردهی و یک ماه پس از تیماردهی)

نشان می‌دهد. مرحله رسیدن به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) افزایش داده است. با این همه، اثر اصلی روش پاکسازی و اثر مقدار اسیدیته نمونه‌ها را کاهش و مقدار pH نمونه‌ها را متقابل بر pH و اسیدیته معنی‌دار ($P < 0.05$) نیست.



شکل ۴- بررسی تغییر رطوبت (شکل راست) و تانن (شکل چپ) نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف (T1: هوای تحت فشار؛ T2: لانس تلسکوپی با آب؛ T3: لانس تلسکوپی با کیتوزان؛ T4: شستشو با لانس معمولی و آب؛ T5: شاهد)

Figure 4 – Variation in moisture (right) and tannin content (left) of samples obtained from different treatments (T1: compressed air; T2: telescopic lance with water; T3: telescopic lance with 0.5% chitosan solution; T4: conventional lance with water; T5: control)

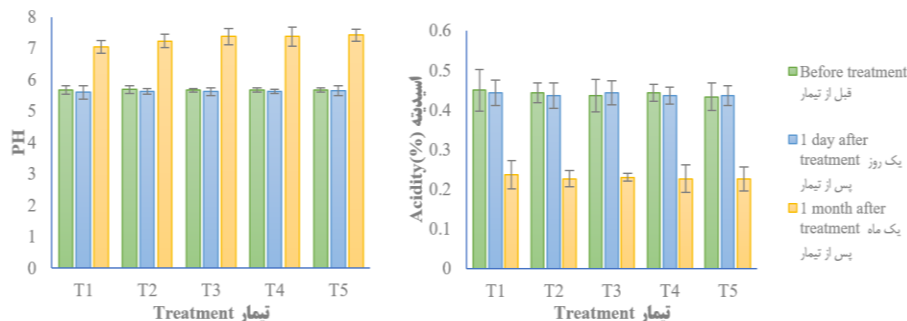
جدول ۵- تجزیه واریانس pH و اسیدیته خارک برچی

Table 5 – Analysis of variance (ANOVA) for pH and titratable acidity of Barhi dates

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	pH			اسیدیته Acidity		
		مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	آزمون فشر F	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	آزمون فشر F
مرحله برداشت Harvest stage	2	29.90	13.45	470.51*	0.45	0.22	226.65*
روش پاکسازی Cleaning method	4	0.11	0.03	0.98	0.00	0.00	0.15
اثر متقابل Interaction effect	8	0.17	0.02	0.73	0.00	0.00	0.04
خطا Error	30	0.86	0.03		0.03	0.00	
ضریب تغییرات CV			2.73			8.47	

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

* Indicates a statistically significant difference at the 5% level.



شکل ۵- بررسی تغییر اسیدیته (شکل راست) و pH (شکل چپ) نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف (T1: هوای تحت فشار؛ T2: لانس تلسکوپی با آب؛ T3: لانس تلسکوپی با کیتوزان؛ T4: لانس معمولی و آب؛ T5: شاهد)

Figure 5 – Changes in pH (right) and acidity (left) of samples obtained from different treatments (T1: compressed air; T2: telescopic lance with water; T3: telescopic lance with 0.5% chitosan solution; T4: conventional lance with water; T5: control)

درجه بریکس نشان دهنده درصد وزن مواد جامد موجود در محلول به وزن کل محلول است و تا حد زیادی مقدار مواد قندی نمونه را منعکس می‌کند. جدول ۶ نتایج تجزیه واریانس داده‌های بریکس و ویتامین ث خرما و شکل ۶ تغییرات بریکس و ویتامین ث نمونه‌های برحی حاصل از تیمارهای مختلف شستشو را طی سه مرحله (پیش از تیماردهی، پس از تیماردهی و یک ماه پس از تیماردهی) نشان می‌دهد. مرحله رسیدن به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) درجه بریکس نمونه‌ها را افزایش و مقدار ویتامین ث نمونه‌ها را کاهش داده است؛ با این همه، اثر اصلی روش پاکسازی و

اثر متقابل مرحله برداشت و روش پاکسازی بر بریکس و ویتامین ث معنی‌دار ($P > 0.05$) نیست. نجفی مرغملکی و همکاران (Najafi Marghmaleki et al., 2019)، مقادیر مشابهی از ویتامین ث را طی فرایند رسیدن برحی و تبدیل شدن از خارک به رطب گزارش کرده‌اند. مقدار ویتامین ث در خرما نسبت به ویتامین‌هایی مانند نیاسین، تیامین و ریبوفلاوین بسیار اندک است (Alddin & Ali, 1982). آموروس و همکاران (Amorós et al., 2009)، نشان دادند که تغییر مواد جامد انحلال‌پذیر خرما به دلیل افزایش ساکارز، فروکتوز و گلوکز حین رسیدن است.

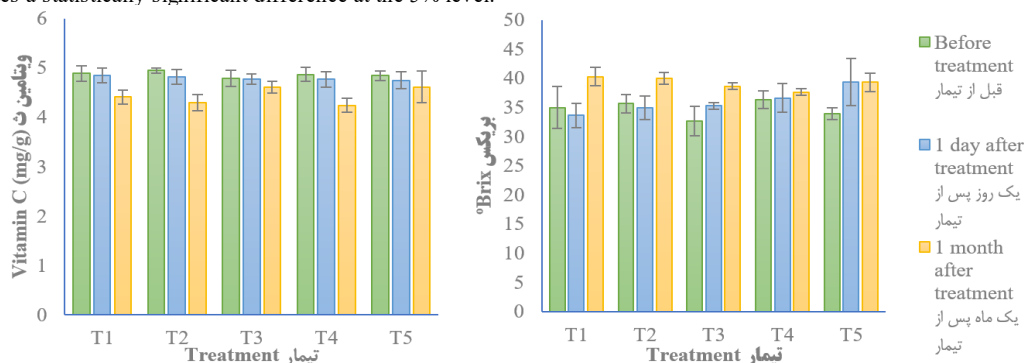
جدول ۶- تجزیه واریانس درجه بریکس و ویتامین ث خارک برحی

Table 6 – Analysis of variance (ANOVA) for °Brix and vitamin C content of Barhi dates

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	بریکس °Brix			ویتامین ث Vitamin C		
		مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	آزمون فشر F	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	آزمون فشر F
مرحله برداشت Harvest stage	2	158.98	79.49	19.03*	1.61	0.80	32.03*
روش پاکسازی Cleaning method	4	20.09	5.02	1.20	0.07	0.02	0.68
اثر متقابل Interaction effect	8	73.91	9.24	2.21	0.35	0.04	1.76
خطا Error	30	125.33	4.18		0.75	0.03	
ضریب تغییرات CV			5.58			3.37	

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

* Indicates a statistically significant difference at the 5% level.



شکل ۶- بررسی تغییر بریکس (شکل راست) و ویتامین ث (شکل چپ) نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف (T1: هوای تحت فشار؛ T2: لانس تلسکوپی با آب؛ T3: لانس تلسکوپی با کیتوزان؛ T4: لانس معمولی با آب؛ T5: شاهد)

Figure 6 – Variation in total soluble solids (°Brix, right) and vitamin C content (left) of samples obtained from different treatments (T1: compressed air; T2: telescopic lance with water; T3: telescopic lance with 0.5% chitosan solution; T4: conventional lance with water; T5: control)

جدول ۷ نتایج تجزیه واریانس داده‌های قند احیا کننده و قند کل و شکل ۷ تغییرات قند احیا کننده و قند کل نمونه‌های برحی حاصل از تیمارهای مختلف شستشو را طی سه مرحله برداشت (پیش از تیماردهی، پس از تیماردهی و یک ماه پس از تیماردهی) نشان می‌دهد. مرحله رسیدن به طور معنی داری ($P < 0.05$) مقدار قند نمونه‌ها را افزایش داده است و این نتایج با نتایج درجه بریکس نمونه‌ها نیز همخوانی دارد. مهم‌ترین قندهای میوه خرمای برحی فروکتوز، گلوکز

و ساکارز است. مقدار ساکارز که قند غیر احیا کننده محسوب می‌شود در رقم برحی بسیار کم است. مطابق یافته‌های نجفی مرغملکی و همکاران (Najafi Marghmaleki *et al.*, 2019)، مقدار قندهای خرما به ویژه گلوکز و فروکتوز از اواخر مرحله کیمری تا مرحله خرما افزایش می‌یابد. تجمع سریع گلوکز و فروکتوز از مرحله خارک تا مراحل آخر نمو احتمالاً در ارتباط با آنزیم اینورتاز است (Myhara *et al.*, 1999).

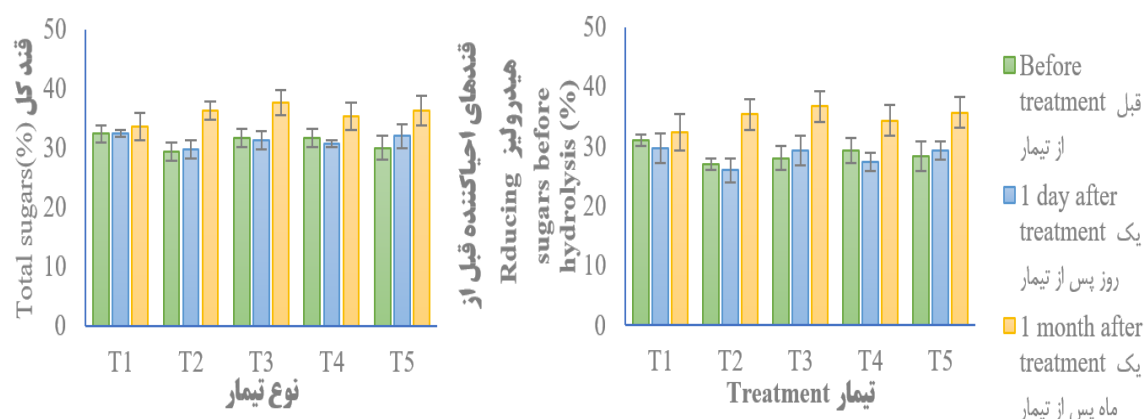
جدول ۷- تجزیه واریانس قند احیا کننده و قند کل خارک برحی

Table 7 – Analysis of variance (ANOVA) for reducing sugars and total sugars of Barhi dates

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	قند احیا کننده Reducing sugars			قند کل Total sugars		
		مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	آزمون فیشر F	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	آزمون فیشر F
مرحله برداشت Harvest stage	2	402.31	210.16	41.52*	227.51	113.75	36.83*
روش پاکسازی Cleaning method	4	21.20	5.30	1.09	14.53	3.63	1.18
اثر متقابل Interaction effect	8	69.47	8.68	1.79	44.93	5.62	1.82
خطا Error	30	145.33	4.84		92.67	3.09	
ضریب تغییرات CV			7.18			5.38	

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

* Indicates a statistically significant difference at the 5% level.



شکل ۷- بررسی تغییر قند احیا کننده (شکل راست) و قند کل (شکل چپ) در نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف (T1: هوای تحت فشار؛ T2: لانس تلسکوپی با آب؛ T3: لانس تلسکوپی با کیتوزان؛ T4: لانس معمولی با آب؛ T5: شاهد)

Figure 7 – Variation in reducing sugars (right) and total sugars (left) of samples obtained from different treatments (T1: compressed air; T2: telescopic lance with water; T3: telescopic lance with 0.5% chitosan solution; T4: conventional lance with water; T5: control)

تحقیق حاکی است اثرهای اصلی و اثر متقابل تیمارهای مختلف شستشو و مرحله برداشت بر شاخص روشنایی و شاخص سبز قرمز نمونه‌های خارک برحی معنی دار ($P < 0.05$) است. در مورد شاخص آبی زرد تنها اثر اصلی مرحله برداشت معنی دار ($P < 0.05$) شده است و اثر اصلی روش پاکسازی و اثر متقابل مرحله برداشت و روش پاکسازی معنی دار ($P > 0.05$) نیست.

در شکل ۸ تغییر شاخص روشنایی نمونه‌های برحی حاصل از تیمارهای مختلف شستشو را طی سه مرحله برداشت (پیش از تیماردهی، پس از تیماردهی و یک ماه پس از تیماردهی) نشان می‌دهد. مرحله برداشت و شیوه تیماردهی اثر متقابل معنی داری ($P < 0.05$) بر شاخص روشنایی داشته است. مرحله رسیدن شاخص روشنایی را کاهش داده است و در این میان نمونه تیمار شده با کیتوزان، در مقایسه با دیگر نمونه‌ها، تغییر کمتری نشان داده است.

مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از کیتوزان باعث کند شدن روند تغییرات در میوه می‌شود که با نتایج این مقاله همخوانی ندارد. المصری و همکاران (El-Masry *et al.*, 2021)، نشان دادند که استفاده از محلول کیتوزان (۱-۳ گرم بر لیتر) پیش از برداشت و سپس نگهداری محصول به مدت ۷۰ روز در سردخانه باعث کاهش تنفس سلولی، کند شدن روند تولید قندهای ساده و کاهش تجزیه تانین‌ها، در مقایسه با نمونه شاهد، می‌شود. علی و همکاران (Ali *et al.*, 2011) نیز نشان دادند که تیماردهی پایا با کیتوزان باعث تأخیر در تولید قندهای انحلال پذیر و رسیدن طی ۵ هفته نگهداری می‌شود. احتمالاً غلظت پایین تر کیتوزان استفاده شده در این پژوهش و باقی ماندن میوه روی درخت دلیل احتمالی تفاوت در نتایج گزارش شده است.

اندازه‌گیری رنگ

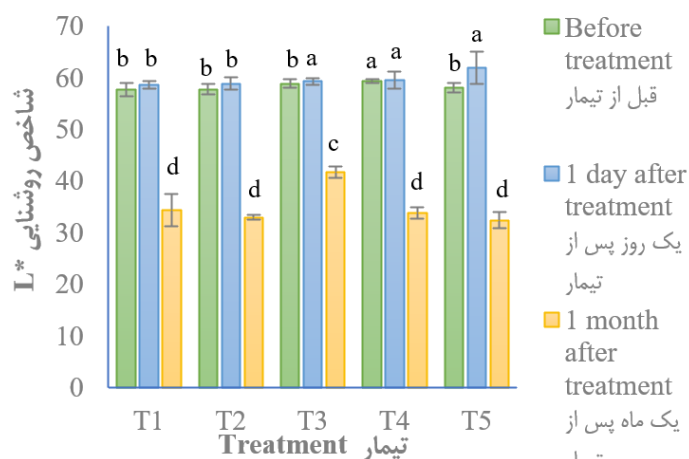
جدول ۸ تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی رنگ نمونه‌های خارک را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. نتایج

جدول ۸- تجزیه واریانس شاخص روشنایی، شاخص سبز قرمز و شاخص آبی زرد خارک برحی
Table 8 – Analysis of variance (ANOVA) for lightness (L*), red-green (a*), and yellow-blue (b*) color indices of Barhi dates

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	شاخص روشنایی L*			شاخص سبز قرمز a*			شاخص آبی زرد b*		
		مجموع مربعات SS			مجموع مربعات SS			مجموع مربعات SS		
		میانگین مربعات MS	آزمون فشر F	آزمون فشر F	میانگین مربعات MS	آزمون فشر F	آزمون فشر F	میانگین مربعات MS	آزمون فشر F	آزمون فشر F
مرحله برداشت Harvest stage	2	5747.96	2873.98	1007.37*	886.63	443.32	379.69*	655.55	327.78	24.64*
روش پاکسازی Cleaning method	4	63.75	15.94	5.59*	25.17	6.29	5.39*	59.56	14.89	1.12
اثر متقابل Interaction effect	8	136.07	17.01	5.96*	42.74	5.34	4.58*	114.70	14.33	1.08
خطا Error	30	85.59	2.85		35.03	1.17		399.09	13.30	
ضریب تغییرات CV			3.31			10.21			10.68	

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد.

* Indicates a statistically significant difference at the 5% level.

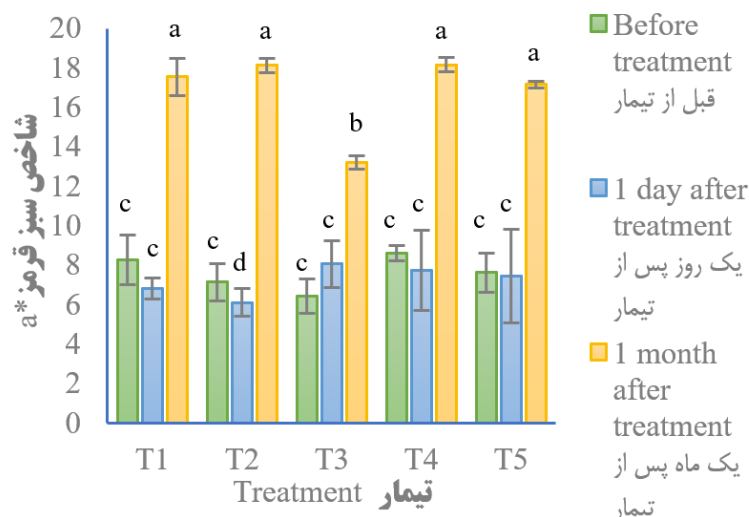


شکل ۸- بررسی تغییر شاخص روشنایی در نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف (T1: هوای تحت فشار؛ T2: لانس تلسکوپی با آب؛ T3: لانس تلسکوپی با کیتوزان؛ T4: لانس معمولی با آب؛ T5: شاهد)

Figure 8 – Variation in lightness index (L*) of samples obtained from different treatments (T1: compressed air; T2: telescopic lance with water; T3: telescopic lance with 0.5% chitosan solution; T4: conventional lance with water; T5: control)

اعداد مثبت a* نشان دهنده غالب بودن رنگ قرمز در نمونه است. شکل ۹ تغییر شاخص سبز قرمز نمونه‌های برحي حاصل از تیمارهای مختلف شستشو را طی سه مرحله برداشت (پیش از تیماردهی، پس از تیماردهی و یک ماه پس از تیماردهی) نشان می‌دهد. مرحله برداشت و شیوه

تیماردهی اثر متقابل معنی داری ($P < 0.05$) بر شاخص سبز قرمز نمونه‌ها دارد. طی مرحله رسیدن قرمزی افزایش یافته است و در این میان نمونه تیمار شده با کیتوزان، در مقایسه با دیگر نمونه‌ها، تغییر کمتری نشان داده است.



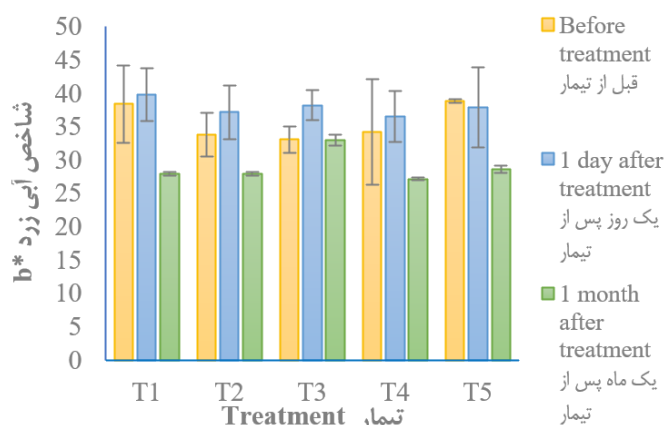
شکل ۹- بررسی تغییر شاخص سبز قرمز در نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف (T1: هوای تحت فشار؛ T2: لانس تلسکوپی با آب؛ T3: لانس تلسکوپی با کیتوزان؛ T4: لانس معمولی با آب؛ T5: شاهد)

Figure 9 – Variation in red-green index (a*) of samples obtained from different treatments (T1: compressed air; T2: telescopic lance with water; T3: telescopic lance with 0.5% chitosan solution; T4: conventional lance with water; T5: control)

شکل ۱۰ تغییر شاخص آبی زرد نمونه‌های برحي حاصل از تیماردهی، پس از تیماردهی و یک ماه پس از تیماردهی) نشان می‌دهد. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد اثر

مشاهده است. پس از مرحله خارک، غلظت کاروتنوئیدها به شدت کاهش می یابد (Najafi Marghmaleki *et al.*, 2019). نتایج این پژوهش با یافته های دیگر محققان همخوانی دارد که نشان داده اند شاخص روشنایی و زردی نمونه ها در مرحله تبدیل خارک به رطب کاهش می یابد (Khodabakhshain & Khojastehpour, 2021; Ghafoor *et al.*, 2022).

متقابل مرحله برداشت و روش پاکسازی بر این شاخص معنی دار ($P > 0.05$) نیست و تنها در مرحله رسیدن زردی نمونه ها کاهش یافته است. وجود رنگیزه های کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین در میوه خرما گزارش شده است که به ترتیب مسئول رنگ سبز، زرد و قرمز هستند (Baliga *et al.*, 2011). در مرحله خارک با تجزیه کلروفیل و ساخت کاروتنوئید رنگ زرد قابل



شکل ۱۰- بررسی تغییر شاخص آبی زرد در نمونه های حاصل از تیمارهای مختلف (T1: هوای تحت فشار؛ T2: لانس تلسکوپی با آب؛ T3: لانس تلسکوپی با کیتوزان؛ T4: لانس معمولی با آب؛ T5: شاهد)

Figure 10 – Variation in yellow–blue index (b*) of samples obtained from different treatments (T1: compressed air; T2: telescopic lance with water; T3: telescopic lance with 0.5% chitosan solution; T4: conventional lance with water; T5: control)

تلسکوپی به دست آمد، اما روش تلسکوپی می تواند از نظر کاربرد مزایای بالقوه ای شامل کاهش مصرف آب، کاهش آسیب دیدگی های مکانیکی و فیزیولوژیکی به میوه و شستشوی کامل تمام جوانب خوشه خرما به خصوص در سطح وسیع باغ موثر باشد، هرچند مطالعات تکمیلی برای تأیید این اثرها تحت شرایط کنترل شده ضروری است.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

نتیجه گیری

یکی از مسائل مهم در زنجیره تولید خرما برحی، که عرضه آن را به بازارهای داخل و خارج کشور تحت تأثیر قرار داده است، وجود گرد و خاک و ذرات ریز روی میوه است. نتایج این پژوهش نشان داد که پاکسازی پیش از برداشت خوشه های خرما برحی موجب کاهش گرد و غبار و بار میکروبی سطح میوه می شود. کیتوزان باعث کاهش آلودگی میکروبی میوه برحی، بدون تأثیر نامطلوب بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی میوه می شود. اگرچه در این مطالعه نتایج نسبتاً مشابهی در به کارگیری لانس معمولی و لانس

مراجع

Abu-Shama, H. S., Abou-Zaid, F. O. F., & El-Sayed, E. Z. (2020). Effect of using edible coatings on fruit quality of Barhi date cultivar. *Scientia Horticulturae*, 265, 109262.

- Ahmed, Z. F. R., Kaur, N., Maqsood, S., & Schmeda-Hirschmann, G. (2022). Preharvest applications of chitosan, salicylic acid, and calcium chloride have a synergistic effect on quality and storability of date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *American Society for Horticultural Science*, 57 (3), 422-430.
- Alddin, S. M., & Ali, S. M. (1982). Chemical composition of four Iraqi date cultivars. *Date Palm Journal*, 1(1), 285-294.
- Ali, A., Muhammad, M.T.M., Sijam, K., & Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 124, 620-626.
- Amani, M., & Rahnama, A. A. (2019). The effects of Micro-Dusts on Severity of Rotting in Palm Fruit at the Pre-Harvest Stages. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7(2), 267-275. (In persian)
- Amorós, A., Pretel, M. T., Almansa, M. S., Botella, M. A., Zapaa, P. J., & Serrano, M. (2009). Antioxidant and nutritional properties of date fruit from elche grove as affected by maturation and phenotypic variability of date palm. *Food Science and Technology International*, 15(1), 65-72.
- Anonymous. (2022). Agricultural Statistics Yearbook 2021 (Vol. 3: Report on horticultural and greenhouse crops). Information Technology and Communication Center, Ministry of Agriculture Jihad. (In persian)
- Baliga, M. S., Baliga, B. R. V., Kandathil, S. M., Bhat, H. P., & Vayalil, P. K. (2011). A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Food Research International*, 44(7), 1812-1822.
- Delkhah, H., Mohebbi, G., Hasanzadeh, N., Kohan, G., Tahmasebi, R., Sadri, S., Rezaei, Y., Vahdat, K., Hasanzade, A., & Darabi, H. 2015. The effect of dust on the chemical and microbiological qualities of the date palm fruits from Bushehr-Iran. *Iranian South Medical Journal*, 18 (1), 80-91. (In persian)
- El-Masry, A.M., El-Badawy, H.E., & El-Gioushy, S.F. (2021). Impact of preharvest foliar spray chitosan, nano-chitosan, and calcium chloride Treatments on some fruit chemical characteristics of 'Barhi' date palm Fruits during cold storage, *Annals of Agricultural Sciences*, 59 (4), 1017-1028.
- Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F. Y., Bbiker, E. E., Ahmed, I. A. M., Shahzad, S. A., & Alsawmahi, O. N. (2022). Quality attributes of refrigerated Barhi dates coated with edible chitosan containing natural functional ingredients, *Foods*, 11, 1584.
- Golshan-Tafti, A. (2006a). Study on washing Mazafati dates on the palm at the Kharak stage and its effect on fruit quality. Research report. No. 62858. Agricultural Engineering Research Institute. (In persian)
- Golshan-Tafti, A. (2006b). Development of an appropriate method for producing a dried product from Mazafati Kharak dates. Research report. No. 1110. Agricultural Engineering Research Institute. (In persian)
- Golshan-Tafti, A., & Fouladi, M. H. (2006). Preservation of Mozafati rutab using approved antimicrobial agents. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37(1), 131-137. (In persian)
- Khama, A. (2013). Investigation of damages caused by dust storms in the agricultural sector. Specialized Conference on Dust Storms: Monitoring, Impacts, and Countermeasures, Oct. 13. Tehran, Iran: Geological Survey and Mineral Exploration of Iran. (In persian)
- Khodabakhshain, R., & Khojastehpour, M. (2021). Characteristics changes of date fruits during ripening period on palm. *Agricultural Engineering International*, 23 (4), 243-255.
- Maftoon-Azad, N., Hashemi, M., Shah-Amirian, M., & Jokar, A. (2017). Effect of chitosan-based nanoemulsion edible coating on extending the shelf life of Kabkab date cultivar. 4th National Conference on Nanotechnology in Agriculture. Karaj, Iran: Nanotechnology Committee, Ministry of Agriculture Jihad. (In persian)
- Mohebi, A., Mehrabian, S., Nasiri, S., & Gharibzadeh, S. (2009). Investigation of antifungal effects of chitosan and cellulase enzyme on the growth of *Aspergillus niger* in date paste. Regional Conference on Food and Technology. July 4-5. Kermanshah, Iran: Islamic Azad University, Kermanshah Branch. (In persian)
- Myhara, R. M., Karkalas, J., & Taylor, M.S. (1999). The composition of maturing Omani dates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(11), 1345-1350.
- Najafi Marghmaleki, S., Mortazavi, M., & Motamedi, H. (2019). The study of changes in phytochemical compounds of date fruit cv. Barhee during development and ripening. *Plant Productions*, 42(4), 563-574. (In persian)

- No, H. K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2007). Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72, 87-100.
- 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(3), 1279-1286.
- Sadeghi, A., & Golshan-Tafti, A. (2022). Washing of Mazafati dates using approved solutions (other than water). Analytical Report No. 6218. Agricultural Engineering Research Institute. (In persian)
- Saif-Kordi, A. A. (1997). Study on cleaning and preparation methods of dates for packaging. Final report.No. 1062777. Agricultural Engineering Research Institute. (In persian)
- Schönherr, J. (2006). Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. *Journal of Experimental Botany*, 57(11), 2471-2491.

Original Research

Effects of Pre-harvest Cleaning and Washing on the Microbial and Physico-chemical Characteristics of Barhi Date Fruits

Maryam Ravaghi*, Jafar Habibi-Asl, Abolfazl Golshan-Tafti and Elyas Dehghan

***Corresponding Author:** Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

Email: m.ravaghi@areeo.ac.ir

Received: 24 October 2025 **Accepted:** 3 June 2026

http://doi: 10.22092/fooder.2026.371151.1435

Abstract

Barhi date palm (*Phoenix dactylifera* L. cv. Barhi) is one of the most important commercial cultivars, with large-scale production concentrated in Khuzestan Province, Iran. In recent years, climatic changes and the occurrence of dust storms in date-producing regions have intensified dust contamination of dates, thereby reducing the quality and market value of the national product. In this study, several cleaning methods were applied to Barhi dates at the Khalal stage, including: washing fruit clusters using a telescopic lance with water, a telescopic lance with 0.5% chitosan solution, a conventional lance from below, and compressed air. Samples were collected before treatment, one day after treatment, and one month after treatment. They were analyzed for microbial load, chemical properties, and color characteristics, and the results were compared with the untreated control samples. The results showed that both the harvesting stage and the cleaning method had a significant interactive effect on microbial tests and on the lightness and redness indices of the samples, while in other tests (total sugars, reducing sugars, acidity, ascorbic acid, °Brix, pH, moisture, tannin content and yellowness indices) only the harvesting stage showed a significant effect. The application of the chitosan solution effectively eliminated fungal contamination (0 CFU/g) from the surface of Barhi fruits at the Khalal stage, and the fungal count did not increase after one month. Furthermore, chitosan application did not cause any undesirable changes in the ripening stage or in the qualitative properties of Barhi fruits, and was therefore evaluated as a beneficial treatment.

Extended Abstract

Introduction

Barhi date palm (*Phoenix dactylifera* L. cv. Barhi) is one of the most commercially important date cultivars grown in the Middle East, with extensive cultivation in Khuzestan Province, southwestern Iran. Unlike many date cultivars that are mainly consumed at the Tamar stage, Barhi fruits are widely marketed and consumed at the Khalal stage because of their attractive yellow color, crisp texture, and pleasant sweetness. In recent years, the increasing occurrence of dust storms and airborne particulate matter in date-producing regions has become a serious challenge affecting fruit quality and marketability. Dust accumulation on fruit surfaces not only reduces visual appeal but may also increase microbial contamination and accelerate postharvest deterioration. Traditional cleaning methods are generally applied after harvest; however, washing fruits at advanced ripening stages may increase moisture retention and susceptibility to spoilage. Cleaning date clusters before harvest, particularly at the Khalal stage when fruits are firm and resistant to physical damage, may provide an effective alternative. Moreover, the incorporation of natural antimicrobial compounds during cleaning operations may further improve fruit quality and safety. Chitosan is a biodegradable and non-toxic polysaccharide with well-documented antimicrobial and film-forming properties. It has been successfully used as an edible coating for various horticultural products to reduce microbial growth and preserve quality. Nevertheless, information regarding its use as a pre-harvest cleaning agent for Barhi dates remains

limited. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of different pre-harvest cleaning methods (washing fruit clusters using a telescopic lance with water, a telescopic lance with 0.5% chitosan solution, a conventional lance from below, and compressed air) on the microbial, physicochemical, and color characteristics of Barhi date fruits.

Materials and Methods

The experiment was arranged as a factorial treatment structure within a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Fifteen date palms with similar agronomic characteristics were selected and assigned to five treatments: compressed air cleaning, washing with water using a telescopic lance, washing with 0.5% chitosan solution using a telescopic lance, washing with water using a conventional lance from beneath the tree, and an untreated control. Treatments were applied during the Khalal stage under suitable environmental conditions. Fruit samples were collected before treatment application, one day after treatment, and one month after treatment. Samples were transferred to the laboratory for microbiological (determining mold and yeast populations), physicochemical (moisture content, total soluble solids, total sugars, reducing sugars, titratable acidity, pH, vitamin C, and tannin content), and color analyses (L^* , a^* , and b^*). Data were analyzed using SAS software, and mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test at the 5% significance level.

Results and Discussion

The initial analysis of Barhi dates at the Khalal stage confirmed their desirable commercial quality, with moisture, total soluble solids, total sugars, and reducing sugars averaging 67.12%, 34.73%, 31.00%, and 28.73%, respectively. Fruits also exhibited a pH of 5.67, titratable acidity of 0.44%, vitamin C content of 4.87 mg/100 g, and tannin concentration of 6.30 mg/g. Despite their acceptable physicochemical quality, the fruits showed noticeable microbial contamination (4.43 ± 0.63 CFU/g), indicating the need for effective sanitation before harvesting. Microbial analysis revealed significant ($P < 0.05$) effects of harvest stage, cleaning method, and their interaction. Among all treatments, washing with a 0.5% chitosan solution applied using a telescopic lance was the most effective treatment, reducing fungal counts to undetectable levels (0 CFU g^{-1}) immediately after treatment. More importantly, fungal growth remained undetectable one month later, whereas microbial populations increased in all other treatments, including water washing and the untreated control. The significant effect of cleaning method ($F = 38.77$, $P < 0.05$) highlights the important role of treatment type in reducing microbial contamination. The strong antimicrobial activity of chitosan is likely related to its ability to disrupt microbial cell membranes and form a protective barrier on the fruit surface. The results revealed significant ($P < 0.05$) interaction effects between harvest stage and cleaning treatment on color parameters L^* and a^* . In contrast, total sugars, reducing sugars, titratable acidity, ascorbic acid content, total soluble solids ($^{\circ}$ Brix), pH, moisture content, tannin concentration, and b^* color index were significantly ($P < 0.05$) influenced by harvest stage, whereas cleaning treatments had no significant ($P < 0.05$) effect on these attributes. Chitosan-treated fruits exhibited smaller changes in both indices compared with the other treatments, suggesting better preservation of visual quality during ripening. The results demonstrated that chitosan effectively reduced microbial contamination without disrupting normal ripening processes or adversely affecting the physicochemical quality of Barhi dates.

Conclusion

Pre-harvest cleaning significantly improved the hygienic quality of Barhi dates under dust-prone orchard conditions. Chitosan application significantly decreased microbial contamination without adversely affecting the physicochemical characteristics of the fruit. Although the conventional and telescopic lances produced comparable results under the conditions of this study, the telescopic system may provide practical advantages in commercial orchards by improving spray accessibility and bunch coverage. Further studies are required to evaluate its effects on water-use efficiency and potential fruit damage under different operational conditions.

Keywords: Barhi date, Khalal, Cleaning, Washing, Chitosan

