تأثیر میکرو جلبک کلرلا وولگاریس بر افزایش عمر انبارداری میوه خرما (*phoenix dactylifera*)

علی هاشمی[۱*]، عبدالعلی حسامی[۱]، عبدالحسین قاسمی[۲]

۱- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج‌فارس، بوشهر(hashemi@pgu.ac.ir)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه خلیج‌فارس، بوشهر

چکیده

نامناسب بودن شرایط نگهداری و نوع بسته‌بندی خرما از مهم‌ترین مشکلات صنعت خرما است. در این تحقیق دو رقم خرما در مرحله رطب شامل ارقام خاصویی و کبکاب به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و تیمارهای مورد استفاده شامل میکرو جلبک با نام علمی *chlorella vulgaris* در چهار سطح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد و زمان انبارداری در سه سطح یک،دو و سه ماه انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری pH عصاره میوه، وزن خشک و پوسیدگی میوه خرما بود. در ابتدا صفات فوق قبل از تیمار جلبک کلرلاوولگاریس برای هر دو رقم خرمای مورد آزمایش اندازه‌گیری شدند و سپس بعد از تیمار نمودن، هر یک ماه یک بار صفات فوق مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج به دست آمده اثر جلبک کلرلاوولگاریس و ماه‌های مختلف نمونه‌برداری برای همه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. به‌طورکلی اثر میکروجلبک کلرلا وولگاریس در غلظت ۲۵درصد نسبت به سایر غلظت‌ها بیشترین تأثیر را در اکثر صفات اندازه‌گیری شده داشته است. در مورد اثر زمان نیز آثار مثبت تیمار جلبک کلرلا وولگاریس تا ماه دوم پایدار بوده و بعدازآن از تأثیرگذاری آن‌کاسته شده است. نتایج نشان دادند که تأثیرات تیمار جلبک بر رقم خاصویی بیشتر از رقم کبکاب بود.

کلمات کلیدی: *خرما ، میکروجلبک کلرلا وولگاریس، کبکاب، خاصویی*

*نویسنده مسئول: **hashemi@pgu.ac.ir**

تأثیر میکرو جلبک کلرلا وولگاریس بر افزایش عمر انبارداری میوه خرما (*phoenix dactylifera*)

مقدمه

محصولات باغی به دلیل زیاد بودن تبخیر آب، در صورت عدم وجود پوشش مناسب و مجاورت با سایر محصولات باغی، به سرعت کیفیت خود را ازدست داده، قارچ‌ها و باکتری‌های هوازی رشد کرده و در اثر فعالیت آن‌ها بافت، عطر، طعم و ترکیبات مختلف محصولات دچار تغییر می‌شوند و درنهایت کیفیت و بازارپسندی خود را از دست می‌دهند [۵و۲۱]. در طی مراحل مختلف فیزیولوژیکی رشد میوه خرما علاوه بر رنگ، طعم و بافت فلور میکروب‌های آلوده‌کننده آن نیز متفاوت بوده و بسته به رقم خرما نیز میزان رطوبت و فسادپذیری آن متفاوت است . هنگامی‌که رطوبت خرما بین ۳۰ تا ۳۵٪ است بافت آن نرم‌تر و طعم آن خوشمزه‌تر بوده و با توجه به میزان رطوبت میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها می‌توانند باعث فساد آن شوند. رابطه نزدیکی بین رطوبت و فساد ناشی از تخمیر، ترشیدگی و کپک‌زدگی وجود دارد [۲۴]. پوسیدگی و اتلاف وزن میوه به علت تعرق ازجمله عوامل مهم و محدودکننده برای نگهداری میوه به شمار می‌آیند. کپک‌های سبز و آبی از راه زخم‌هایی که در حین برداشت و حمل‌ونقل روی میوه‌ها ایجاد می‌شود میوه‌ها را آلوده می‌کنند و درصورتی‌که کنترل مؤثری انجام نشود باعث ضایعات پس از برداشت میوه قبل از رسیدن به دست مصرف‌کننده می‌شوند. استفاده از اسانس‌های گیاهی در کنترل بیماری‌های پس از برداشت میوه به‌عنوان روشی جدید در چند سال اخیر مطرح‌شده است. این ترکیبات نه‌تنها اثرات جانبی نداشته، بلکه به علت خواص آنتی‌اکسیدانی، کیفیت و طول دوره انبارداری میوه‌ها را افزایش می‌دهند [۱۰]. استفاده از ترکیبات طبیعی به‌منظور جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها و کاهش شاخص‌های کمی و کیفی در پاسخ به فشار مصرف‌کننده در جهت کاهش و یا توقف استفاده از مواد شیمیایی سنتزی برای محصولات کشاورزی در حال افزایش است [۱۱]. درواقع مواد مؤثره اسانس‌های گیاهی که باکیفیت و کمیت‌های مختلف در این ترکیبات فرار وجود دارند تأثیرات ضد میکروبی مختلفی بسته به نوع عامل بیماری‌زا و همچنین حداقل غلظت بازدارنده از خود نشان می‌دهند [۱۲]. کاربرد تیمار گرمایی امروزه در گستره وسیعی از محصولات جهت کنترل آسیب‌های ناشی از انبارداری در سردخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. تیمار با گرما به سه روش بخارآب گرم، هوای گرم و آب گرم انجام می‌شود که تیمار آب گرم در کنترل قارچی مؤثر است [۱۴]. تیمارهای گرمایی علاوه بر کنترل عوامل بیماری‌زا با تشکیل مواد لیگنینی در بافت آسیب‌دیده از کاهش آب محصول جلوگیری می‌کند. همچنین، گرمادهی می‌تواند با افزایش فسفولیپیدهای غشا سبب افزایش مقاومت میوه به دمای پایین شده و سرمازدگی محصول را کاهش دهد [۱۵و ۲۵]. میکروجلبک کلولاو ولگاریس یک جلبک معمولی و تک‌سلولی است که در آب شیرین زندگی می‌کند. این جلبک از جنس Chlorella و از تیره Chlorellaceae می‌باشد. سلول‌های آن استوانه‌ای شکل و به قطر ۴ تا ۸ میکرون و فاقد تاژک بوده و به صورت کلونی در کنار یکدیگر مجتمع می‌شوند که آن‌ها را قابل‌رؤیت می‌کند. این ریز جلبک دارای کلروپلاست حاوی کلروفیل a و b بوده که ظاهریی سبزرنگ به آن می‌بخشد[۲۳]این جلبک حاوی مقادیر زیادی پروتئین (اسید آمینه)(بین ۵۰ تا ۷۰ درصد از وزن خشک)، لیپید، ویتامین و مواد معدنی است. این میکروجلبک دارای بیش از ۱۸ نوع اسید آمینه است و وزن خشک آن به‌طور متوسط دارای ۴۵ درصد پروتئین، ۲۰ درصد چربی، ۲۰ درصد کربوهیدرات، ۵ درصد فیبر و ۱۰ درصد ویتامین‌ها و مواد معدنی است. هم‌چنین کلرلا درای مقادیر زیادی کلروفیل، بتاکاروتن است. بیش از چند نوع ویتامین شامل E، A، C، B_1، B_2، B_5، B_{12} و K و هم‌چنین مواد معدنی مانند آهن، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و فسفر می‌باشد[۲۳]. با توجه به فسادپذیری بالا و افت وزن خرما در مرحله فیزیولوژیکی رطب، همچنین کاهش ارزش غذایی آن راهکاری مناسب برای کنترل این مشکلات لازم به نظر می‌رسد. نگهداری رطب در مناطق تولیدکننده این محصول باغی درون سردخانه با زیر صفر هم‌اکنون هم انجام می‌گیرد، ولی انبارداری در سردخانه هزینه‌بر بوده و برای همگان به صورت انبوه امکان‌پذیر نیست. در این پژوهش به بررسی اثر تیمارهای میکروجلبک کلرلا وولگاریس برای کنترل فسادپذیری و سایر مشکلات رطب در زمان انبارداری در دمای یخچال پرداخته‌شده است.یکی

از مهم‌ترین مشکلات صنعت خرما، نامناسب بودن شرایط نگهداری و تغییر خصوصیات فیزیک و شیمیایی آن در طی زمان انبارمانی و نامطلوب بودن نوع بسته‌بندی است. با توجه به اهمیت این محصول، لازم است جهت افزایش زمان ماندگاری، حفظ کیفیت و درنتیجه افزایش میزان صادرات آن از بسته‌بندی و شرایط مناسب نگهداری استفاده شود.امایما و همکاران (۲۰۱۲) جهت افزایش عمر انباری و مقاومت در برابر پوسیدگی خرما از تیمارهای آب گرم و سدیم کربنات استفاده نمودند. نتایج نشان داد که افت وزن و میزان پوسیدگی در تیمارهای سدیم کربنات و آب گرم نسبت به شاهد و دمای ۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای اتاق در تمامی ارقام کمتر بود[۱۹]. پاتیل و همکاران (۲۰۱۵) اعلام کردند جلبک‌ها شبیه گیاهان آلی به تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در گیاهان مختلف کمک می‌کنند که این تنظیم‌کننده‌ها پیش و پس از برداشت این گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲۰]. دانیلی و همکاران (۲۰۱۵) اثر ضد باکتریایی و آنتی-اکسیدانی میکروجلبک کلرلا وولگاریس را موردبررسی قراردادند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که میزان ترکیبات فنیلی و اثر آنتی‌اکسیدانی رابطه مستقیمی با یکدیگر داشته و بیشترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد قارچی مربوط به عصاره آبی این جلبک بود [۸] . عطاران و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی برخی خواص ضد باکتریایی عصاره‌های ریز جلبک کلرلا وولگاریس پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده، آن‌ها گزارش کردند این جلبک دارای اثر ضدمیکروبی زیادی است و عصاره کلروفرمی اثر بیشتری در مورد باکتری‌ها دارد گرچه عصاره اتانولی بیشترین اثر را در باکتری ویبریو کلرا و عصاره کلروفرمی بیشترین اثر را در باکتری پروتئوس وولگاریس دارد [۴]. مشهدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی به بررسی اثر شرایط کشت جلبک کلرلا وولگاریس بر خاصیت ضد باکتریایی و ضد قارچی این جلبک پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین اثر ضد باکتریایی به ترتیب توسط عصاره کلروفرمی و استونی جلبک کلرلا ایجاد می‌شود و جلبک‌های هتروتروف اثر ضد باکتریایی قوی‌تری دارد [۲۲و۱۶].

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از دو رقم خرمای خاصویی و کبکاب در مرحله رشدی رطب استفاده شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار در آزمایشگاه پس از برداشت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج‌فارس بوشهر انجام شد. ابتدا ۴۰۰ گرم رطب از هر دو رقم با تعداد نمونه کافی توزین و تعداد حبه‌های آن شمارش شد و ازنظر صفات موردنظر در طول آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت و داده‌های مربوط به صفات مختلف یادداشت شد. از میکروجلبک کلرلا وولگاریس جهت کنترل مشکلات انباری رطب استفاده گردید. جلبک تهیه‌شده جهت عصاره‌گیری ابتدا درون فریزر قرار داده شد بعدازآنجماد درون دمای اتاق قرار داده شد تا ذوب شد و از آن غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد تهیه شد. میوه‌های آماده‌شده به مدت ۲ دقیقه درون این محلول‌ها غوطه-ور شدند و جهت خشک شدن ۲ ساعت درون دمای اتاق قرار گرفتند و بعد از بسته‌بندی دوباره درون یخچال با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. روزانه میوه‌های تیمارشده ازنظر پوسیدگی مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند. ارزیابی صفات دیگر به صورت ماهانه طی ۳ ماه انبارداری انجام و داده‌های حاصل‌شده یادداشت‌برداری شدند.در این آزمایش صفاتی از قبیل pH عصاره میوه، وزن خشک ، متوسط وزن حبه‌ها، درصد پوسیدگی و مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه موردنظر به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفته و سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.برای محاسبه متوسط وزن حبه بعد از توزین نمونه به صورت‌تر تعداد حبه‌ها شمارش و با استفاده از رابطه (۱) متوسط وزن حبه‌ها محاسبه گردید.

$$\text{متوسط وزن حبه} = \frac{\text{وزن نمونه}}{\text{تعداد حبه}} \qquad (۱)$$

در طی دوره انبارداری روزانه نمونه‌ها موردبررسی قرار می‌گرفتند و حبه‌های پوسیده توزین و از بسته جدا می‌شدند و درصد پوسیدگی هر ماه با استفاده از فرمول (۲) محاسبه گردید.

$$\text{درصد پوسیدگی} = \frac{\text{وزن پوسیده شده}}{\text{وزن کل نمونه}} \times 100 \quad (۲)$$

برای اندازه‌گیری pH عصاره میوه از pH متر استفاده شد. اطلاعات خام به دست آمده از این تحقیق با کمک نرم‌افزار Excel تنظیم و برای تجزیه داده‌های از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک و پنج‌در صد انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس صفات pH عصاره میوه، وزن خشک، میزان پوسیدگی میوه در جدول (۱) نشان داده‌شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی زمان نمونه‌برداری و سطوح جلبک در همه صفات اندازه‌گیری شده در سطح یک در صد معنی‌دار بودند.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات موردمطالعه دو رقم خرما در سطوح مختلف جلبک و زمان نگهداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	pH	وزن خشک (گرم)	پوسیدگی میوه (گرم)
ماه	۲	۲۷/۹۳**	۱۶۶/۷**	۱۳۰۷۵/۶**
نوع خرما	۱	۱/۸۷**	۶۲/۷**	۶۰۳/۴*
سطوح جلبک	۳	۱/۶۱**	۱۰/۵**	۲۷۵۴/۳**
ماه × نوع خرما	۲	۰/۰۳^{ns}	۴/۷۳^{ns}	۴۱۵۸/۷**
ماه × سطوح جلبک	۶	۰/۴۳*	۷/۵۷*	۸۴۵/۸**
نوع خرما× سطح جلبک	۳	۰/۸**	۱۶/۱۵**	۸۸/۲^{ns}
ماه× نوع خرما×سطح جلبک	۶	۰/۹۳*	۱۴/۴۷**	۴۵/۰۳^{ns}
خطای آزمایش	۷۲	۰/۱۳	۲/۵۵	۳۴/۶۵
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۶۹	۵/۰۵	۲۶/۱۴

**اختلاف معنی‌دار یک درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح پنج‌در صد، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

اثر نوع خرما، بر صفات pH و وزن خشک در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما اثر آن‌ها بر پوسیدگی میوه در سطح پنج‌در صد معنی‌دار شد. اثر متقابل زمان انبارداری و نوع خرما بر پوسیدگی در سطح یک درصد معنی‌دار ولی برای سایر صفات معنی‌دار نبود. اثر متقابل زمان انبارداری و سطوح جلبک بر میزان پوسیدگی در سطح پنج‌در صد اما برای سایر صفات در سطح یک در صد معنی‌دار شد. اثر متقابل نوع خرما در غلظت‌های مختلف جلبک بر صفات pH و وزن خشک در سطح یک درصد معنی‌دار اما اثر آن‌ها بر پوسیدگی میوه معنی‌دار نشد. اثر متقابل سه‌جانبه برای صفات pH در سطح پنج‌در صد و بر وزن خشک میوه در سطح یک درصد معنی‌دار ولی در پوسیدگی میوه معنی‌دار نشد. بررسی اثر مستقل ماه نمونه‌برداری بر روی pH عصاره میوه نشان داد که بیشترین آن (۷/۲۷) در ماه اول نمونه‌برداری و کمترین آن (۵/۴۱) در ماه سوم که کاهش ۲۵/۶ درصدی را نشان می‌دهد (جدول ۲).کاهش میزان pH عصاره میوه در طول مدت انبارداری می‌تواند به دلیل سطوح متفاوت گاز اکسیژن و دی‌اکسید کربن در محیط نگهداری محصول باشد [۱۷]. در شرایطی که درصد اکسیژن کم باشد، تنفس کاهش‌یافته و درنتیجه کاهش مصرف اسیدهای آلی که یکی از مهم‌ترین آن‌ها اسید آسکوربیک است صورت می‌گیرد. این نکته را هم باید در نظر داشت که غلظت بالای دی‌اکسید کربن می‌تواند عامل تجزیه و کاهش بیشتر pH عصاره میوه باشد در این مورد ژنگ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند مؤثرترین عاملی که موجب ناپایداری pH عصاره میوه می‌گردد شرایط قلیایی آن است [۲۵]. بررسی اثر نوع خرما بر روی pH عصاره میوه نشان داد که pH خرمای خاصویی نسبت به pH خرمای کبکاب ۴٪ بیشتر

می‌باشد. بیشترین pH عصاره میوه (۶/۵۳) در غلظت ۵۰ درصد جلبک و کمترین آن (۵/۹۸) در تیمار شاهد مشاهده شد همچنین غلظت ۲۵ و ۵۰ درصد جلبک در یک گروه آماری و غلظت ۱۰۰ درصد با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲) که همسو با نتایج این تحقیق، مارتینز رومرو و همکاران (۲۰۰۵) [۱۵].و نیکوز و تزورتزاکیز(۲۰۰۷) [۱۸] می‌باشد. از طرف دیگر نتایج این تحقیق با گزارشات راناسینگ و همکاران(۲۰۰۵) در موز که گزارش کردند تیمار میوه‌ها با اسانس هیچ‌گونه تأثیری بر pH میوه ندارد، مغایرت دارد[۲۳].

جدول ۲- مقایسه میانگین ماه‌های مختلف نمونه‌برداری،نوع خرما و درصد جلبک بر pH عصاره میوه خرما

منابع تغییر	pH
خرمای خاصویی	۶/۴۵ a
خرمای کبکاب	۶/۱۷ b
غلظت جلبک ۰٪	۵/۹۹ b
غلظت جلبک ۲۵٪	۶/۵ a
غلظت جلبک ۵۰٪	۶/۵۳ a
غلظت جلبک ۱۰۰٪	۵/۹۸ b
زمان نگهداری (یک ماه)	۷/۲۷ a
زمان نگهداری (دو ماه)	۶/۲۳ a
زمان نگهداری (سه ماه)	۵/۴۱ b

بر اساس آزمون دانکن، حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌در صد می‌باشد

اثرمتقابل ماه‌های مختلف نمونه‌برداری در سطوح مختلف جلبک نشان داد که بیشترین pH عصاره میوه با میانگین ۷/۶۶۵ در غلظت ۲۵٪ جلبک و ماه اول نمونه‌برداری و کمترین آن (۵/۰۹۵) در ماه سوم نمونه‌برداری و عدم استفاده از جلبک مشاهده شد. در همه سطوح مختلف جلبک با افزایش زمان نمونه‌برداری روند کاهشی مشاهده شد (جدول ۳).در اثر متقابل سطوح مختلف غلظت جلبک و نوع خرما مشاهده شد که بیشترین مقدار pH عصاره میوه در تیمار ۵۰٪ جلبک و خرمای خاصویی، همچنین بین سطوح ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰٪ جلبک اختلاف ازلحاظ آماری مشاهده نشد و کمترین آن (۵/۸۷) در همین خرما و عدم استفاده از جلبک مشاهده شد و با خرمای کبکاب در غلظت ۱۰۰٪ جلبک نیز در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳).

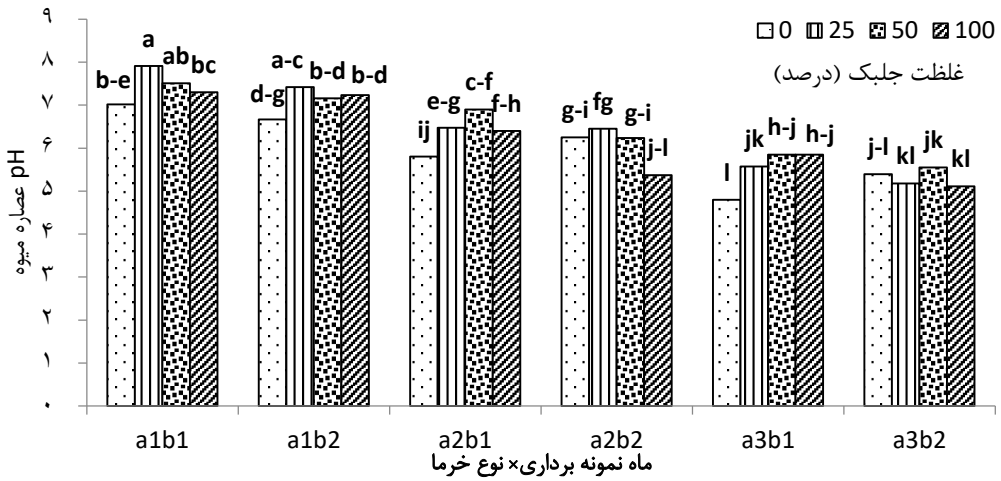
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف جلبک در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری pH عصاره میوه

غلظت٪	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	خرمای خاصویی	خرمای کبکاب
۰	۶/۸۴۱^{c}	۶/۰۲۵^{e}	۵/۰۹۵^{g}	۵/۸۷^{e}	۶/۱۰۴^{de}
۲۵	۷/۶۶۵^{a}	۶/۴۶۲^{d}	۵/۳۷$^{f-g}$	۶/۶۵۲^{ab}	۶/۳۵$^{b-d}$
۵۰	۷/۳۳۳^{ab}	۶/۵۶۸^{cd}	۵/۷^{ef}	۶/۷۵۲^{a}	۶/۳۷^{cd}
۱۰۰	۷/۲۶۶^{b}	۵/۸۸^{e}	۵/۴۷۷^{fg}	۶/۵۱$^{a-c}$	۵/۹^{e}

بر اساس آزمون دانکن، حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌در صد می‌باشد.

در اثر متقابل سه‌جانبه مشاهده شد که بیشترین pH عصاره میوه با میانگین ۷/۹۰ گرم در خرمای خاصویی و ماه اول نمونه‌برداری و غلظت ۲۵٪ و کمترین آن ۴/۷۹ در خرمای خاصویی ماه سوم نمونه‌برداری و عدم استفاده از جلبک مشاهده شد (شکل ۱). میزان pH عصاره میوه‌ها در طول دوره نگهداری باگذشت زمان به‌واسطه تجزیه اسیدهای آلی در فرایند تنفس

به علت فرایند رسیدگی و پیر شدن میوه‌ها افزایش می‌یابد. پایین ماندن pH در میوه‌های تیمار شده احتمالاً به دلیل کاهش شکسته شدن کربوهیدرات‌ها و مواد پکتیکی و جلوگیری از هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه گلیکوساکاریدها به واحدهای کوچک‌تر (سازنده) در طی تنفس می‌باشد [۴].



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل ماه نمونه‌برداری در نوع خرما و سطوح مختلف جلبک pH عصاره میوه
(a1= ماه اول نمونه‌برداری، a2= ماه دوم نمونه‌برداری، a۳= ماه سوم نمونه‌برداری و b1= خرمای خاصویی، b۲= خرمای کبکاب)
بر اساس آزمون دانکن، حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌در صد می‌باشد.

طبق نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس، اثر مستقل نوع خرما، ماه‌های نمونه‌برداری و سطوح مختلف جلبک بر وزن خشک خرما در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۱). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر مستقل نوع خرما نشان می‌دهد که خرمای خاصویی با میانگین ۳۰/۵۳۷ گرم دارای بیشترین و خرمای کبکاب با میانگین ۲۸/۹۲ گرم دارای کمترین مقدار وزن خشک بودند (جدول۴).

جدول -۴ مقایسه میانگین ماه‌های مختلف نمونه‌برداری،نوع خرما و درصد جلبک بر وزن خشک میوه خرما

منابع تغییر	وزن خشک (g)	
خرمای خاصویی	۳۰/۵۳۷[a]	
خرمای کبکاب	۲۸/۹۲[b]	
غلظت جلبک ۰%		۲۹/۹۲ [ab]
غلظت جلبک ۲۵٪		۳۰/۵۸۳ [a]
غلظت جلبک ۵۰٪		۲۹/۲۵ [b]
غلظت جلبک ۱۰۰٪		۲۹/۱۶۲ [b]
زمان نگهداری (یک ماه)		۳۱/۲۵ [a]
زمان نگهداری (دو ماه)		۳۱/۶۸ [a]
زمان نگهداری (سه ماه)		۲۷/۰۹۴ [b]

بر اساس آزمون دانکن، حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌در صد می‌باشد

دلیل احتمالی وجود اختلاف معنی‌دار بین دو رقم خاصویی و کبکاب، مربوط به تفاوت در فرایندهای متابولیسمی آن‌ها است به‌طوری‌که در رقم کبکاب، شدت این واکنش‌ها بیشتر از واکنش‌های داخلی خرمای خاصویی بوده و لذا باعث کاهش بیشتر وزن خشک در این رقم شده است[۲و۵]. در بین ماه‌های مختلف نمونه‌برداری، ماه‌های اول و دوم باهم تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی با ماه سوم تفاوت آن‌ها معنی‌داری بود. بیشترین میزان وزن خشک در ماه اول با میانگین ۳۱/۲۵ گرم و کمترین مقدار وزن خشک میوه در ماه سوم با میانگین ۲۷/۰۹۴ گرم مشاهده شد. بررسی اثر مستقل سطوح مختلف جلبک بر میانگین وزن خشک میوه نشان داد که در جلبک با سطح غلظت ۲۵ درصد بیشترین مقدار وزن خشک با میانگین ۳۰/۵۸۳ گرم مشاهده که ازنظر آماری با شاهد (غلظت صفر درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت ولی سطوح با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ در صد که همراه با شاهد ازلحاظ آماری باهم اختلاف معنی‌داری نشان ندادند(جدول ۴).

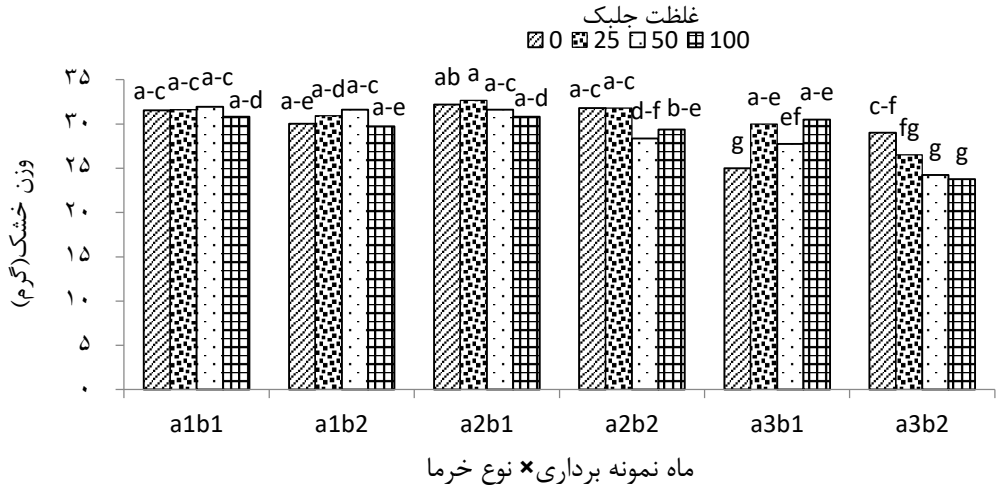
اثر متقابل غلظت سطوح مختلف جلبک و نوع خرما بر میزان وزن خشک خرما ازلحاظ آماری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول۱) جدول مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف جلبک در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری بر وزن خشک میوه (جدول ۵)نشان داد که بیشترین وزن خشک میوه در غلظت ۲۵ درصد و خرمای خاصویی با میانگین ۳۱/۴۳ گرم و کمترین آن در غلظت ۱۰۰ درصد در خرمای کبکاب با میانگین ۲۷/۶۲ گرم می‌باشد(جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف جلبک در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری بر وزن خشک میوه

غلظت ٪	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	خرمای خاصویی	خرمای کبکاب
۰	۳۰/۷۵۵$^{a-c}$	۳۱/۹۸۷۵^{a}	۲۷^{de}	۲۹/۵۷۵^{b}	۳۰/۲۶۶^{ab}
۲۵	۳۱/۲۷۵$^{a-c}$	۳۲/۲۲۵^{a}	۲۸/۲۵^{d}	۳۱/۴۳۳^{a}	۲۹/۷۳۳^{b}
۵۰	۳۱/۷۷۵^{ab}	۲۹/۹۷۵^{c}	۲۶^{e}	۳۰/۴۳۳^{ab}	۲۸/۰۶۶^{c}
۱۰۰	۳۰/۲۷۵^{bc}	۳۰/۰۸۷^{c}	۲۷/۱۲۵^{de}	۳۰/۷۰۸^{ab}	۲۷/۶۱۶^{c}

بر اساس آزمون دانکن، حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌در صد می‌باشد.

اثر متقابل ماه‌های مختلف نمونه‌برداری در سطوح مختلف جلبک ازلحاظ آماری در سطح پنج‌در صد اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف غلظت جلبک در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که بیشترین وزن خشک میوه در تیمار عدم مصرف جلبک و ۲۵ درصد جلبک در ماه دوم نمونه‌برداری به ترتیب با میانگین ۳۱/۹۸ و ۳۲/۲۲۵ گرم و کمترین آن در سطح ۵۰ درصد جلبک و ماه سوم نمونه‌برداری با میانگین ۲۶ گرم مشاهده شد . اثر متقابل سه‌جانبه نشان داد که در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱) به‌طوری‌که بیشترین مقدار وزن خشک در غلظت ۲۵ درصد و ماه دوم نمونه‌برداری در خرمای خاصه با میانگین ۳۲/۶۷۵ گرم و کمترین آن در غلظت ۱۰۰ درصد در ماه سوم نمونه‌برداری و در خرمای کبکاب مشاهده شد (شکل۲). همچنین در ماه سوم نمونه‌برداری در غلظت ۵۰ درصد جلبک در خرمای کبکاب و در تیمار عدم مصرف جلبک در خرمای خاصه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد .



شکل ۲- مقایسه میانگین ماه‌های مختلف نمونه‌برداری و دو نوع خرما در غلظت‌های مختلف جلبک بر وزن خشک

(a1= ماه اول نمونه‌برداری، a2= ماه دوم نمونه‌برداری، a۳= ماه سوم نمونه‌برداری و b1= خرمای خاصه، b۲= خرمای کبکاب)

بر اساس آزمون دانکن، حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌در صد می‌باشد

طبق جدول تجزیه واریانس صفات موردمطالعه، اثر ماه نمونه‌برداری، نوع خرما، سطوح جلبک، اثر متقابل ماه نمونه‌برداری در نوع خرما و اثر متقابل ماه نمونه‌برداری و سطوح مختلف جلبک در سطح یک درصد بر میزان پوسیدگی میوه تأثیر معنی‌دار داشت (جدول۱). بررسی اثر مستقل ماه‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که بیشترین پوسیدگی میوه در ماه سوم نمونه‌برداری با میانگین ۳۹/۱ گرم و کمترین آن در ماه اول نمونه‌برداری با میانگین صفر گرم مشاهده شد (جدول۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین ماه‌های مختلف نمونه‌برداری،نوع خرما و درصد جلبک بر پوسیدگی میوه خرما

منابع تغییر	پوسیدگی (g)	
خرمای خاصه	۳۰/۵۳۷ a	
خرمای کبکاب	۲۸/۹۲ b	
غلظت جلبک 0%		۳۶/۳۷۵ a
غلظت جلبک ۲۵٪		۲۴/۴۵۸ b
غلظت جلبک ۵۰٪		۱۸ c
غلظت جلبک ۱۰۰٪		۱۱/۲۵ d
زمان نگهداری (یک ماه)		-
زمان نگهداری (دو ماه)		۲۸/۴۶۹ b
زمان نگهداری (سه ماه)		۳۹/۰۹۴ a

بر اساس آزمون دانکن، حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌در صد می‌باشد

غشا توسط آنزیم‌های فسفولیپازی ولیپوکسیژناز منجر به کاهش وزن میوه و نفوذپذیری غشا شده که به صورت چروکیدگی و تخریب بافت پوست (ایجاد لکه) در سطح میوه دیده می‌شود. در تحقیق حاضر نگهداری خرما در یخچال، باعث افزایش در میزان پوسیدگی خرما گردید. در همین راستا، سرحدی و همکاران [۲]، با بررسی کارایی تیمارهای گاز ازن، پوشش کیتوزان و دما در طول

نگهداری خرمای مضافتی و بهینه یابی شرایط نگهداری به روش سطح پاسخ، گزارش دادند افزایش دما و زمان نگهداری، رابطه مستقیم و با افزایش غلظت پوشش کیتوزان رابطه معکوس دارد. در بین خرمای آزمایش‌شده بیشترین میزان پوسیدگی در خرمای کبکاب با میانگین ۲۵/۰۸ گرم و کمترین آن در خرمای خاصه با میانگین ۱۹/۹۵ گرم مشاهده شد . کیفیت خرما تحت تأثیر فاکتورهایی مانند ترکیب شیمیایی و خواص فیزیکی، مکانیکی و ویژگی‌های کیفی آن می‌باشد . کیفیت بافتی خرما تحت تأثیر شرایط نگهداری است، زیرا فعالیت آنزیم پلی گالاکتوروناز و محلول شدن پکتین که باعث نرمی میوه می‌شود و چوبی شدن که موجب استحکام محصول می گردد، به شرایط نگهداری بستگی دارد [۱۳]. رطب به دلیل داشتن رطوبت زیاد (بیش از ۱۴ درصد) در شرایط عادیِ نگهداری، ترش و فاسد شده و تحت عمل میکروارگانیسم‌ها، تخمیر (تولید الکل) و ترشیدگی (تولید اسیدلاکتیک و اسید استیک) ایجاد می گردد [۹] لذا پوسیدگی بیشتر در خرمای کبکاب، شاید مربوط به وجود رطوبت بیشتر در این رقم باشد.از سوی دیگر، چراغی دهدزی و همدمی(۱۳۹۰) با بررسی تغییرات رنگ و بافت خرمای (رقم کبکاب) بسته‌بندی‌شده تحت‌فشار اتمسفری یا خلأ طی انبارداری در دماهای مختلف گزارش کردند وجود تفاوت در صفات کیفی خرما پس از انبارداری با سایر مطالعات می‌تواند ناشی از دمای انبارداری مختلف باشد[۱]. در بین سطوح مختلف جلبک در تیمار عدم مصرف جلبک بیشترین میزان پوسیدگی با میانگین ۳۶/۳۷۵ گرم و کمترین آن در غلظت ۱۰۰ درصد جلبک با میانگین ۱۱/۲۵ گرم مشاهده شد. گزارش‌شده است که موادی مانند استروئیدها، ترپنوئیدها و ترکیبات فنلی در عصاره‌ی این ریز جلبک وجود دارند که خواص ضدمیکروبی آن‌ها در تحقیقات مختلف اثبات‌شده است و در این مطالعه نیز باعث کاهش پوسیدگی میوه خرما شده است [۳]. اثر متقابل بین سطوح مختلف جلبک و ماه‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در ماه اول نمونه‌برداری در همه سطوح جلبک هیچ‌گونه پوسیدگی مشاهده نشد اگرچه اثر متقابل بین نوع خرما و ماه‌های نمونه‌برداری ازنظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید و خرمای کبکاب در ماه سوم نمونه‌برداری دارای بیشترین میزان پوسیدگی با میانگین ۴۳/۱۲۵ گرم بود .

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف غلظت جلبک در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری بر پوسیدگی میوه

انبارداری	۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	خاصه	کبکاب
ماه اول						
ماه دوم	۴۳/۷۵^{b}	۲۹/۸۷۵^{cd}	۲۴$^{c-e}$	۱۶/۲۵^{f}	۲۴/۸۱۲^{c}	۳۲/۱۲۵^{b}
ماه سوم	۶۵/۳۷۵^{a}	۴۳/۵^{b}	۳۰^{c}	۱۷/۵^{f}	۳۵/۰۶۲^{b}	۴۳/۱۲۵^{a}

بر اساس آزمون دانکن، حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌در صد می‌باشد.

اثر متقابل سطوح مختلف غلظت جلبک و ماه‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که بیشترین میزان پوسیدگی (۶۵/۳۷ گرم) در ماه سوم نمونه‌برداری و عدم مصرف جلبک بود و کمترین میزان پوسیدگی مربوط به ۱۰۰ درصد و در ماه دوم نمونه‌برداری به دست آمد (جدول ۷). به نظر می‌رسد وجود موادی مانند استروئیدها، ترپنوئیدها و ترکیبات فنلی که خواص ضدمیکروبی آن‌ها در عصاره‌ی این ریز جلبک وجود دارد که تأییدی بر خواص ضدمیکروبی جلبک کلرلا و کاهش پوسیدگی میوه ناشی از کاربرد این عصاره است.

نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین مشکلات صنعت خرما، نامناسب بودن شرایط نگهداری و تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در طی زمان انبارمانی و نامطلوب بودن نوع بسته‌بندی است. با توجه به اهمیت این محصول، لازم است جهت افزایش زمان ماندگاری، حفظ کیفیت و درنتیجه افزایش میزان صادرات آن از بسته‌بندی و شرایط مناسب نگهداری استفاده شود.

در این پژوهش بر اساس نتایج به دست آمده اثر جلبک و ماه‌های مختلف نمونه‌برداری برای همه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار شد .در مورد رقم رطب نیز می‌توان گفت تأثیرات تیمار مورد استفاده رقم خاصویی بیشتر بوده است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در این آزمایش به‌طورکلی می‌توان اظهار نمود در مورد اثر میکروجلبک کلرلا وولگاریس غلظت ۲۵ درصد نسبت به سایر غلظت‌ها اثر بیشتری در از بین بردن آثار سوء انبارداری داشته است .هم‌چنین در مورد اثر زمان نیز می‌توان گفت آثار مثبت تیمار میکروجلبک کلرلا وولگاریس تا ماه دوم پایدار بوده و بعدازآن از تأثیرگذاری آن‌ها کاسته شده است.

منابع

۱. چراغی دهدزی، س.، ن. همدمی. (۱۳۹۰). بررسی تغییرات رنگ و بافت خرمای (رقم کبکاب) بسته‌بندی‌شده تحت‌فشار اتمسفری یا خلأ طی انبارداری در دماهای مختلف. مهندسی بیوسیستم ایران. ۴۲(۲): ۲۳۱-۲۲۵.

۲. سرحدی، ح.، م. حداد خداپرست، ن. صداقت، م. محبی و ا. میلانی. (۱۳۹۵)، بررسی کارایی تیمارهای گاز ازن، پوشش کیتوزان و دما در طول نگهداری خرمای مضافتی و بهینه یابی شرایط نگهداری به روش سطح پاسخ. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی. ۲۶(۱): ۶۰-۴۹.

۳. . صفری .ر.، ب. ابطحی و پ. طیبی. (۱۳۹۰). بررسی اثرات بازدارندگی عصاره‌ی جلبک Chlorella vulgaris روی باکتری Bacillus subtilis در محیط کشت آزمایشگاهی. مجلّه‌ی علمی پژوهشی علوم و فنّاوری غذایی.۳(۲):۲۷-۳۳

۴. عطاران فریمان، گ.، طاهری. ع.و جعفری. ر. (۱۳۹۴). بررسی خواص ضد باکتریایی عصاره‌های ریز جلبک Chlorella vulgaris جداشده از خلیج چابهار. شیلات، مجله منابع طبیعی ایران. ۶۸(۲): ۴۴۵-۴۳۷.

5. Asghari M.R., and Abdollahi . R. (2012). Changes in quality of strawberries during cold storage in response to postharvest nitric oxide and putrescine treatments. Acta Alimentaria 12:1-13.
6. Barreto, T.A., Andrade, S.C., Maciel, J.F., Arcanjo, N.M., Madruga, M.S., Meireles, B., Cordeiro, Â.M., Souza, E.L., Magnani, M. (2016). A chitosan coating containing essential oil from Origanum vulgare L. to control postharvest mold infections and keep the quality of cherry tomato fruit. Front Microbiol., 7, article 1724.
7. Beena, B.N. and Krishnika, A. (2011). Antibacterial activity of freshwater Microalga (Sceendesmussp) against three bacterial strains. Journal of Biosciences research, 2(4), 160-165
8. Danielli, M. M., M. P. B, Romero., G. Maria., A. O. Carneiro-da-Cunha. A. R. Drummond and S. B. Ranilson. (2015). Bioproduction, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Compounds from Chlorella vulgaris. Journal of Botanical Sciences. 4(2): 12-18.
9. Falade, K.O. and Abbo, E.S. (2007). Airdrying and rehydration characteristics of date palm fruits (Phoenix dactylifera L.). Journal of Food Engineering. (31): 724–730.
10. Fennema, A., C.M. (1998). Food Chemistry. Academic Press. Second edition New York.
11. Fisk, C.L., Silver, A.M., Strik, B.C. and Zhao, Y. (2008). Postharves quality of hardy kiwifruit (Actinidia arguta Ananasnaya) associated with packaging and storage conditions. Postharvest Biol. Technol. 47: 338-345.
12. Francis G.A., Thomas. C. and Obreirne. D. (1999). The microbiological safety of minimally processed vegetables. International Journal of Food Science and Technology, 34: 1-22.
13. Ismail. B., Haffar. I., Baalbaki. R. and Henry. J. (2008). Physico-chemical characteristics and sensory quality of two date varieties under commercial and industrial storage conditions.LWT, 41, 896-904.

14. Malik. AU, Singh. Z, and Tan. S. (2006). Exogenous application of polyamines improves shelf life and fruit quality of mango. Acta Hortic; 699: 321–328.
15. Martinez-Romero. D, Castillo. S, Valverde. J.M, Guillen. F, Valero. D and Serrano. M, (2005). The use of natural aromatic essential oil helps to maintain postharvest quality of crimson table grapes. Journal of Acta horticulture 682: 1723-1729.
16. Mashhadinejad. A., Zamani. H., and Sarmad. J. (2016). Effect of growth conditions and extraction solvents on enhancement of antimicrobial activity of the microalgae Chlorella vulgaris. Pharmaceutical and Biomedical Research, 2(4), 65-73.
17. Nien Chung. Y., and Ming Chu. P. (2007). Nanosilver ver-containing preservation articles, and the preparation process and the uses thereof, Ellicott City MD US. International patent number, AA01N2512FI.
18. Nikos. G. and Tzortzakis. A, (2007). Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. Journal of innovative food science and emerging technologies 8:11-116.
19. Omaima, M.H, Malaka. A. Saleh and M. M, Naguib. (2012). Quality improvement and storability of some date palm cultivars by safe postharvest treatments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 6(3): 542-550.
20. Patil, K., H. Nandre, R.T. Mahajan, Ch, Banerjee, P. Shukla and R. Bandopadhyay. (2015). Plant growth stimulating activity of fresh water micro algae. International Journal of Advanced Research. 3(5):284-288.
21. Pezhman. H. (2002). A view on fate palm situations it research program in RAN. Proc. Of date palm global network establishment meeting, UAE university, Al-Ain: 71-80.
22. Priya. S. (2012). Analysis of value–added biochemical compounds and antimicrobial activity of green algae Chlorella vulgaris. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research 4 (5), 2577- 2579.
23. Ranasinghe. L, Jayawardena. B and Abeywickrama.K, (2005). An integrated strategy to control post-harvest decay of Embul banana by combining essential oils with modified atmosphere packaging. International Journal of Food Science and Technology 40: 97-103.
24. Safari. R ., Abtahi. B, and Taiebi .P. (2010). Evaluation effect of Chlorella vulgaris extract on Bacillus subtilis in vitro. Journal of Food Science and Technology Research. 3(2):28-33.
25. Serrano. M, Martinez-Romero. D, Castillo. S, Guillen. F., and Valero. D. (2004). Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. Postharvest biology and technology. 34: 155-157.