



کاربرد پس از برداشت کیتوزان و پوترسین بر حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری خیار (*Cucumis sativus* L.)

سمیرا فکوری زاده^۱، محمدحسین دانشور^۲، محمدرضا زارع بوانی^{۳*}

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران،

^۲ استاد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

^۳ استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵

کلمات کلیدی:

اسید آسکوربیک،

ظرفیت آنتی اکسیدانی،

فنل کل،

کاهش وزن فیزیولوژیکی

DOI: 10.22034/FSCT.20.144. 112
DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.144.7.1

* مسئول مکاتبات:

mzarebavani@asnrukh.ac.ir

میوه های خیار در مرحله پس از برداشت، به دلیل رطوبت بالا، فعالیت متابولیکی زیاد و فساد ناشی از رشد میکروارگانیسم ها، عمر نگهداری کوتاهی دارند. در این پژوهش اثرات پوترسین (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار) و کیتوزان (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) بر برخی ویژگی های میوه خیار در طی انبارمانی در دمای 12 ± 1 درجه سلسیوس در زمان انبارمانی (۰، ۱۰ و ۲۰ روز) و یک روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بررسی شد. نتایج نشان داد که کیتوزان و پوترسین تأثیر معنی داری بر جلوگیری از کاهش وزن، حفظ مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتر، pH، سفتی بافت، کلروفیل پوست، اسید آسکوربیک و بهبود کیفیت حسی میوه خیار در طی نگهداری دارند. کمترین کاهش وزن و بیشترین سفتی در تیمار ۱/۵٪ کیتوزان و ۲ میلی مولار پوترسین پس از ۱۰ و ۲۰ روز انبارمانی به دست آمد. همچنین بیشترین میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتر، میزان کلروفیل، ویتامین ث، آنتی اکسیدان کل، فنل کل و کمترین میزان pH، پوسیدگی و کاهش کیفیت حسی در زمان های ۱۰ و ۲۰ انبارمانی مربوط به تیمارهای ۱/۵٪ کیتوزان و ۲ میلی مولار پوترسین بود که با تیمار شاهد تفاوت معنی داری نشان دادند. تیمارهای پوشش ۱٪ و ۱/۵ درصد کیتوزان به جز در کاهش وزن در دیگر صفات اندازه گیری شده در طی انبارمانی اختلاف معنی داری نشان ندادند. به نظر می رسد که پیش تیمار پوترسین (۲ میلی مولار) و پوشش کیتوزان (۱ تا ۱/۵٪) می تواند ضمن افزایش عمر انبارمانی خیار، کیفیت میوه ها را به مدت طولانی تری حفظ کند

۱- مقدمه

خیار (*Cucumis sativus* L.) با تولید سالانه حدود ۹۱/۳ میلیون تن یکی از مهم‌ترین سبزی‌های تجاری است که در بسیاری از مناطق جهان کشت می‌شود [۱]. از نظر تغذیه‌ای، خیار دارای، ترکیبات فنلی، کوکوریبتاسین، ویتامین‌ها، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ضد دیابتی، التهابی، هیپرگلیسمی و سرطان است و مقدار زیادی آب و فیبر و کالری کم دارد [۲، ۳ و ۴] که از این نظر جایگاه مهمی در بین مصرف‌کنندگان دارد. با این حال، این محصول بسیار فاسدشدنی است، و در طی انبارمانی، حمل‌ونقل و اعمال پس از برداشت، دچار پوسیدگی شده و ویژگی‌های کیفی آن به راحتی از بین می‌رود [۱ و ۴]. از دست دادن آب و سفتی بافت، چروکیدگی، تغییر رنگ به زردی یا قهوه‌ای، پوسیدگی و سرمازدگی منجر به کاهش ماندگاری خیار به کمتر از ۱۴ روز می‌شود [۵]. افزایش ماندگاری خیار برای تولیدکنندگان، بازرگانان، توزیع‌کنندگان و مصرف‌کنندگان بسیار ضروری است و روش‌های مختلف برای کاهش تلفات و حفظ کیفیت این محصول از جمله روش‌های شیمیایی (آفت‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها)، فیزیکی (بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته و کنترل شده، نگهداری در سردخانه و فرآوری حداقلی) و روش‌های نوین (پوشش خوراکی) مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. در میان این رویکردها، روش‌های شیمیایی و فیزیکی پرهزینه، غیر سازگار با محیط‌زیست، غیر قابل تجزیه زیستی و برای سلامت انسان مضر هستند [۶]. اما پوشش‌های خوراکی روشی طبیعی، سازگار با محیط‌زیست و ارزان محسوب می‌شود [۷]. در این فرآیند، لایه‌های پوششی بر روی سطح محصولات پوشش داده شده به صورت سدی عمل می‌کنند و موجب تغییر ترکیب گاز اتمسفر در محصول می‌گردد و از دست رفتن رطوبت و کاهش وزن را کند می‌کند در نتیجه فرآیندهای پیری را به تأخیر می‌اندازند و ماندگاری میوه‌ها

و سبزی‌های تازه را طولانی‌تر می‌کنند [۸ و ۹]. در حال حاضر، پوشش خوراکی برای میوه‌ها و سبزی‌ها با استفاده از مواد طبیعی مختلفی که دارای خواص فیلم‌سازی هستند مانند پلی ساکاریدها (مشتقات سلولز، نشاسته، کیتین و صمغ‌ها)، پروتئین‌ها (پروتئین سویا، شیر، ژلاتین، ذرت، زین و گلوتن گندم) و لیپیدها (روغن‌ها، موم‌ها) و رزین‌ها تهیه می‌گردد [۷]. در میان پوشش‌های خوراکی، کیتوزان به دلیل فراوانی، زیست سازگاری، زیست تخریب پذیری، هزینه کم، پتانسیل‌های تشکیل فیلم برتر و دارا بودن ترکیب ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی طبیعی، بیشترین استفاده را در پوشش خوراکی دارد [۱]. تأثیر مفید پوشش‌های کیتوزان بر برخی ارقام خیار گزارش شده است که میزان اثربخشی آن تحت تأثیر دمای نگهداری و غلظت به کاررفته و یا ترکیبات همراه متفاوت بوده است [۱، ۱۰ و ۱۱].

پلی‌آمین‌ها گروهی از ترکیبات شناخته شده در حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها هستند که به دلیل ساختار نیتروژن آلیفاتیک، می‌توانند به کنترل رسیدن میوه کمک کنند [۱۲]. پلی‌آمین‌ها در طیف گسترده‌ای از فرآیندهای بیولوژیکی، مانند رشد گیاه، پاسخ به تنش‌های زیستی، غیر زیستی و غیره نقش دارند. شناخته شده‌ترین پلی‌آمین‌ها در سلول‌های گیاهی اسپرمیدین، اسپرمین و پوترسین هستند [۱۳]. اظهار شده است که پلی‌آمین‌ها با خواص ضد پیری مرتبط هستند [۱۴]. اما در اکثر میوه‌ها و سبزی‌ها، سطح پلی‌آمین‌ها معمولاً در طول فرآیند رسیدن و پیری کاهش می‌یابد. چنین کاهش معمولی در سطوح پلی‌آمین‌ها بر ویژگی‌های بافتی و ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌ها تأثیر منفی می‌گذارد [۱۳]. برای حل این مشکل، کاربرد برون‌زا از پلی‌آمین‌ها برای گسترش بازه زمانی قابلیت استفاده و حفظ صفات بافتی بدون تغییر در چندین میوه مانند توت‌فرنگی [۱۵]، آلو [۱۶]، زردآلو [۱۷] و انبه [۱۸] گزارش شده

است. استفاده از تیمار پوترسین بر روی میوه خیار در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نشان داد که میوه‌های تیمار شده خواص کیفی بهتری نسبت به میوه‌های بدون تیمار در طی ۱۰ روز نگهداری داشتند [۴].

هدف این پژوهش بررسی اثرات کاربرد پس از برداشت غلظت‌های مختلف پوترسین و پوشش خوراکی کیتوزان برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه خیار در طی انبارمانی در دمای 12 ± 1 درجه سلسیوس بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد گیاهی

میوه‌های خیار (*Cucumis sativus* L.) رقم زمرد در اردیبهشت ۱۳۹۸ از گلخانه‌ای واقع در شهرستان شوشتر برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه فیزیولوژی گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان منتقل شد. میوه‌های تازه برای یکنواختی در اندازه و شکل (میوه‌های حدود 2 ± 20 سانتی متر و صاف) و عدم آسیب خارجی به صورت دستی انتخاب شدند. در ابتدا میوه‌ها با آب کلر (۰/۵ درصد هیپوکلرید سدیم) و سپس با آب مقطر شسته شدند و اجازه داده شد تا در هوا خشک شوند [۹]. پس از خشک شدن در هوا، خواص فیزیکی و شیمیایی اولیه آن‌ها اندازه‌گیری شد (روز صفر). میوه‌ها سپس با پوترسین (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی مول در لیتر) پیش تیمار و بعد از آن با کیتوزان (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵٪) پوشش دهی شدند. قبل از شروع تیمار محلول‌های کیتوزان (CAS 9012-76-4) ؛ (Sigma-Aldrich) و محلول‌های پوترسین (CAS 333-93-7) ؛ (Sigma-Aldrich) به ترتیب در اسید استیک ۱٪ و آب مقطر تهیه شدند. پس از تیمار میوه‌ها توزین و در سبدهای پلی اتیلن و در دمای 12 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰ درصد در طی یک دوره ۲۰ روزه نگهداری شدند [۱۹].

اندازه‌گیری‌ها شامل کاهش وزن، کیفیت حسی، سفتی بافت، کل مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل، محتوای کل ترکیبات فنلی، اسید آسکوربیک و کلروفیل پوست میوه بود. تمامی اندازه‌گیری‌ها در روزهای ۰، ۱۰ و ۲۰ پس از شروع آزمایش انجام شد و برای تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده از سه تکرار استفاده شد. میوه‌ها پس از خروج از انبار به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط آزمایشگاه (25°C) قرار گرفتند و سپس شاخص‌های موردنظر اندازه‌گیری شد.

۲-۲- آماده‌سازی محلول کیتوزان و پوترسین

برای این منظور در ابتدا میزان ۱۰ میلی لیتر اسید استیک به هر لیتر آب مقطر افزوده شد تا محلول اسید استیک یک درصد تهیه گردید. از محلول اسید استیک یک درصد به منظور تهیه غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد کیتوزان استفاده شد. برای تهیه محلول کیتوزان به ترتیب میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم کیتوزان را به آرامی به محلول اسید استیک (۱٪) و درون بشرهای یک لیتری درحالی‌که بر روی دستگاه گرم‌کن مجهز به هم‌زن الکتریکی در حال هم زدن بود اضافه شد. پس از حل شدن کامل کیتوزان pH محلول توسط سود ۰/۱ نرمال به ۵/۲ رسانده شد [۲۰]. محلول‌های تهیه‌شده یک‌شب در یخچال نگهداری شده و روز بعد جهت تیمارها مورد استفاده قرار گرفتند. محلول‌های پوترسین در غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار در آب مقطر به صورت تازه تهیه و بلافاصله مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۳- درصد کاهش وزن میوه

اندازه‌گیری میزان کاهش وزن نمونه‌ها در طول مدت نگهداری در سردخانه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم به صورت درصدی از وزن اولیه بیان گردید و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۲۰].

$100 \times (\text{وزن اولیه} / \text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد کاهش وزن}$

۴-۲- اندازه گیری ویژگی های فیزیکوشیمیایی

از رفرکتومتر دیجیتال (مدل MA 871 Milwaukee ساخت کشور رومانی) برای تعیین کل مواد جامد محلول نمونه های خیار (°Brix) در دمای ۲۰ درجه سلسیوس استفاده شد. اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه خیار با استفاده از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم (۰/۱ نرمال) تا رسیدن به $\text{pH} = 8.1$ و بر اساس اسید مالیک (اسید غالب میوه نارس خیار) تعیین شد و میزان pH نمونه های همگن شده خیار (۵ گرم با ۵۰ میلی لیتر آب مقطر) با دستگاه pH متر (Ino Lab PH7110) ساخت کشور آلمان اندازه گیری شد [۱].

۵-۲- سفتی بافت

اندازه گیری سفتی بافت خیارها با استفاده از دستگاه سفتی سنج مدل (FT011) دارای سوزن به قطر ۸ میلی متر انجام شد و سفتی خیارها برحسب کیلوگرم در سانتی متر مربع ارائه گردید [۱].

۶-۲- تعیین کیفیت حسی

کیفیت حسی خیار در روزهای ۰، ۱۰ و ۲۰ نگهداری بر اساس خصوصیات رنگ و سفتی ارزیابی شد. کیفیت حسی به صورت شاخص حسی بیان شد. برای ارزیابی حسی، ۱۰ نفر از دانشجویان گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (۳ مرد و ۷ زن) در محدوده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال انتخاب شدند. برای این منظور نمونه ها داخل ظروف پلاستیکی سفید رنگی که به صورت تصادفی با کدهای سه رقمی شماره

گذاری شده بودند، در اختیار ارزیاب ها قرار داده شد و از آن ها خواسته شد که نمونه ها را براساس ویژگی های حسی (رنگ و تازگی محصول، سفتی و بو) مورد ارزیابی قرار داده و از ۰ تا ۵ به آن ها امتیاز دهند، به طوری که عدد ۰ و ۵ به ترتیب به عنوان کمترین و بیشترین میزان تغییر در رنگ و تازگی محصول در نظر گرفته شد. ارزیابی در مقیاس ۰-۵ به این شکل برای ارزیابها توضیح داده شد. ۰: ویژگی عالی میوه خیار، رنگ سبز، تازگی، سفتی، بوی خوب؛ ۱: کمی از دست دادن رنگ سبز پوست، تازگی، استحکام، بوی طبیعی؛ ۲: از دست دادن بیشتر سبزی، داشتن طراوت و استحکام؛ ۳: پوست سبز روشن، کمی کدر، محدودیت بازارپسندی؛ ۴: پوست زرد روشن، محدوده مشخصی از علائم پوسیدگی و کیفیت پایین؛ ۵: علائم پوسیدگی شدید، قهوه ای شدن، کپک زده گی، بوی نامطبوع، غیرقابل مصرف [۴].

۷-۲- اندازه گیری کلروفیل پوست میوه

کلروفیل نمونه های پوست خیار با استفاده از استون ۸۰ درصد استخراج و میزان جذب نور عصاره ها در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت و طبق فرمول زیر محاسبه شد [۲۱]:

$$\text{کلروفیل} = [(20.2 \times \text{OD}645) + (8.02 \times \text{OD}663)] \times V/W$$

که در آن OD645 عدد به دست آمده در طول موج ۶۴۵ و OD663 عدد به دست آمده در طول موج ۶۶۳، V حجم عصاره به میلی لیتر و W وزن نمونه به گرم می باشد.

۸-۲- اسید آسکوربیک

میزان ۰/۱ گرم خیار با ده میلی لیتر محلول اسید متافسفریک (۱٪) عصاره گیری و پس از آن سانتریفوژ گردید. سپس ۱ میلی لیتر از عصاره حاصل به ۹ میلی لیتر ۲

تاریکی نگهداری شد. پس از ۱۵ دقیقه میزان جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه‌ها بر اساس کاهش جذب نمونه نسبت به شاهد برحسب درصد قدرت مهارکنندگی DPPH طبق فرمول زیر بیان گردید [۲۰]:

$$\text{DPPHSC} \% = \frac{(A_{\text{cont}} - A_{\text{amp}})}{A_{\text{cont}}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۴})$$

A_{cont} = درصد بازدارندگی، $\text{DPPHSC} \%$ در این رابطه،
میزان جذب نمونه = A_{amp} شاهد، DPPH میزان جذب
(DPPH) + (نمونه)

۲-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل چهار میوه برای هر مرحله از اندازه‌گیری (سه میوه برای ارزیابی حسی و یک میوه برای اندازه‌گیری های تحلیلی) بود. در مجموع تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های مختلف پوترسین (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و کیتوزان (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) و زمان انبارمانی (۰، ۱۰ و ۲۰ روز) بود. در بازه زمانی موردنظر جهت اندازه‌گیری‌ها، تعداد ۴ میوه از هر تکرار در هر تیمار از انبار خارج و مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط آزمایشگاه قرار گرفتند و سپس شاخص‌های موردنظر اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌های پژوهش حاضر توسط نرم‌افزار SAS V: 9.1 انجام شد و به‌منظور مقایسه میانگین داده‌ها، از آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این پژوهش نشان داد که اثرات اصلی پوترسین، کیتوزان و زمان انبارمانی و اثرات دوگانه پوترسین × زمان انبارمانی بر کلیه صفات

و ۶-دی کلروایندوفنول (DIP) اضافه و سپس ورتکس گردید. در مرحله آخر میزان جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100 Spectrophotometer) ساخت کشور آمریکا) در طول موج ۵۱۵ نانومتر تعیین شد. میزان اسید آسکوربیک نمونه‌ها بر اساس نمودار استاندارد L-آسکوربیک اسید محاسبه گردید [۲۰].

۲-۹- فنل کل

اندازه‌گیری محتوای فنل کل با استفاده از روش فولین-سیوکالتو انجام شد. مقدار ۰/۲ گرم از بافت تر میوه در هاون چینی توسط ۲ میلی‌لیتر متانول عصاره‌گیری شد. عصاره حاصل به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. ۱۲۵ میکرو لیتر روشناور حاصل با ۳۷۵ میکرو لیتر آب مقطر رقیق و با ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین - سیوکالتو (۱۰٪) مخلوط شد و سپس ۲ میلی‌لیتر بی‌کربنات سدیم (۷/۵٪) به آن اضافه گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد. از اسید گالیک برای تهیه نمودار استاندارد استفاده گردید. میزان فنل کل نمونه‌ها برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم بافت تازه بیان شد [۲۰].

۲-۱۰- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های خیار با استفاده از روش مهار رادیکال‌های آزاد محلول ۲ و ۲ دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) اندازه‌گیری شد. مقدار یک گرم از بافت میوه توسط ازت مایع در هاون چینی کاملاً پودر گردید و سپس به وسیله ۱۰ میلی‌لیتر متانول سرد خالص عصاره‌گیری شد. مقدار ۵۰ میکرو لیتر از عصاره بدست آمده داخل لوله‌های فالکن کوچک ریخته شد و به آن ۹۵۰ میکرو لیتر محلول متانولی (M5-10×25/6) DPPH اضافه و سپس ورتکس گردید. مخلوط حاصل در دمای اتاق در

مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. اثرات متقابل کیتوزان $\times$ پوترسین و اثرات کیتوزان $\times$ پوترسین $\times$ زمان انبارمانی در هیچ کدام از صفات از نظر آماری معنی دار نشد اما اثرات متقابل دوگانه کیتوزان $\times$ زمان برای اسیدیته قابل تیر (p ≤ 0.05) و دیگر صفات (p ≤ 0.01) از نظر آماری معنی دار بود.

۱-۳- کاهش وزن فیزیولوژیکی

بررسی مقایسه میانگین اثرات اصلی پوترسین، کیتوزان و زمان انبارمانی بر کاهش وزن فیزیولوژیکی میوه‌های خیار نشان داد که اختلاف معنی داری (p ≤ 0.01) بین سطوح مختلف تیمارها وجود دارد. به طور کلی افزایش غلظت کیتوزان و پوترسین در تیمارها موجب کاهش و افزایش زمان انبارمانی موجب افزایش افت وزن میوه‌های خیار شد (جدول ۱، ۲ و ۳). اثرات متقابل پوترسین $\times$ زمان انبارمانی نشان داد که بیشترین میزان کاهش وزن پس از ۲۰ روز انبارمانی مربوط به تیمار صفر میلی مولار پوترسین (۸/۵۷) و کمترین میزان افت وزن در همین زمان به ترتیب در تیمار دو میلی مولار پوترسین (۷/۳۰ درصد)، یک میلی مولار پوترسین (۷/۸۰ درصد) و نیم میلی مولار پوترسین (۸/۰۹ درصد) بود. پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز با افزایش غلظت پوترسین میزان افت وزن روند کاهشی معنی داری نشان داد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کیتوزان $\times$ زمان انبارمانی بر میزان افت وزن نشان داد که پس از ۲۰ روز انبارمانی بیشترین میزان افت وزن با میانگین ۹/۴۴ درصد مربوط به تیمار صفر درصد کیتوزان بود و کمترین میزان افت وزن با میانگین ۶/۹۹ درصد از تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان بدست آمد که از این نظر با تیمار ۱ درصد کیتوزان (۶/۵۲ درصد) و نیم درصد کیتوزان (۸/۶۰ درصد) اختلاف معنی داری نشان داد (جدول ۵). پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز با افزایش غلظت پوشش کیتوزان میزان افت وزن روند کاهشی معنی داری

نشان داد به طوری که کمترین میزان افت وزن در تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (۲/۹۱ درصد) و بیشترین میزان افت وزن در تیمار صفر درصد کیتوزان (۵/۰۵ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین درصد کاهش وزن در نمونه‌های شاهد مشاهده شد. تیمارهای استفاده شده نقش مؤثری در حفظ وزن میوه داشتند.

کاهش وزن میوه‌ها در طول دوره نگهداری در نتیجه تبخیر آب از سطح میوه‌ها، تنفس و فعالیت‌های متابولیکی است [۱۷]. کاهش وزن شاخص مهمی از کیفیت پس از برداشت محصول است که با از دست دادن ویتامین‌ها، قهوه‌ای شدن، از دست دادن بافت و حساسیت به پوسیدگی همراه است [۲۲]. پوترسین با اتصال به گروه‌های کربوکسیل موجود در دیواره یاخته‌ای باعث افزایش استحکام و انسجام دیواره و کاهش انتقال رطوبت به خارج از محصول می‌شود [۲۳]، همچنین پوترسین با اتصال به غشای یاخته‌ای باعث پایداری غشاء می‌گردد و حذف موم‌های اپیکوتیکولی را که نقش مهمی در تبادل آب از طریق پوست بازی می‌کنند، به تاخیر می‌اندازد در نتیجه باعث می‌شود که روند کاهش وزن کندتر گردد [۲۴].

اثرات معنی دار تیمار پوترسین در حفظ آب میوه و کاهش روند افت وزن میوه خیار (دمای ۲۰ درجه سلسیوس برای ۱۰ روز) [۴] و فلفل [۱۳] گزارش شده است. پوشش کیتوزان با یا بدون مواد افزودنی به عنوان مانعی در برابر تبخیر آب عمل می‌کند و تعرق را کاهش می‌دهد [۱]. کاهش میزان رطوبت میوه و سبزی‌ها در طول نگهداری طولانی مدت را می‌توان به فرآیندهای تبخیر و تعرق نسبت داد که معمولاً به دلیل تغییرات دما و رطوبت نسبی رخ می‌دهد [۶]. گزارش شده است که پوشش دهی باعث کاهش از دست دادن رطوبت در طول نگهداری خیار می‌شود [۱، ۶، ۱۱، ۱۹ و ۲۵] که مطابق با یافته‌های این تحقیق است.

فرآیند رسیدن تیز از افزایش TSS میوه جلوگیری می‌کند [۲۴]. به‌طور مشابه، گزارش‌های قبلی نشان داند که خیار پوشش دهی شده دارای TSS کم‌تری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش است [۱ و ۲۵]. از سوی دیگر، استفاده از پلی‌آمین‌ها برای به تأخیر انداختن افزایش TSS در طی نگهداری خیار [۴] و همچنین در طول رسیدن در انبه [۱۱]، انگور [۲۶] و موز [۱۲] گزارش شده است، که مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد.

۲-۳- میزان مواد جامد محلول (TSS)

بر اساس جداول ۱، ۲ و ۳، افزایش غلظت کیتوزان و پوترسین موجب کاهش و افزایش زمان انبارمانی موجب افزایش TSS در میوه‌های خیار شد. اثرات متقابل پوترسین × زمان انبارمانی و کیتوزان × زمان انبارمانی نشان داد که بیشترین میزان TSS پس از ۲۰ روز انبارمانی و در تیمار صفر میلی‌مولار پوترسین (۶/۰۴) (جدول ۴) و صفر درصد کیتوزان (۶/۰۸) (جدول ۵) و کمترین TSS در زمان شروع انبارمانی بود (جدول ۴ و ۵). پس از ۱۰ و ۲۰ روز انبارمانی نیز با افزایش غلظت پیش تیمار پوترسین و یا پوشش کیتوزان میزان TSS اندازه‌گیری شده کمتر بود. کمترین میزان افزایش TSS در تیمار پوترسین پس از ۱۰ یا ۲۰ روز انبارمانی در تیمار ۲ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۴). در مورد پوشش کیتوزان کمترین میزان افزایش TSS در تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان ثبت شد که با تیمار ۱ درصد کیتوزان در زمان مشابه تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۵). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین افزایش میزان TSS در نمونه‌های شاهد مشاهده شد (جدول ۴ و ۵).

افزایش TSS میوه می‌تواند به عوامل مختلفی از جمله تجزیه نشاسته به قند، هیدرولیز پلی ساکاریدهای دیواره سلولی و افزایش درصد ماده خشک به دلیل از دست دادن آب باشد [۱۲]. کیتوزان به‌صورت یک پوشش نیمه‌تراوای عالی در سطح میوه، موجب تغییر اتمسفر داخلی میوه، کاهش میزان اکسیژن، افزایش میزان دی‌اکسید کربن و سرکوب کردن سنتز اتیلن، می‌شود [۱۲ و ۲۵]. در نتیجه به علت کم کردن سرعت تنفس و فعالیت‌های متابولیکی، موجب کاهش روند افزایش TSS در میوه می‌گردد [۱]. پوترسین با کاهش سرعت تنفس، تولید اتیلن و تاخیر در

Table 1 Mean comparison of putrescine treatments on cucumber fruits

Treats	Studied Indices									
	Weight loss (%)	Total soluble solid (°Brix)	Titration acidity (%)	pH	Firmness (Kgcm ⁻²)	Total Chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	Ascorbic acid (mg100g ⁻¹ FW)	Sensory index	Total phenols (mgGA g ⁻¹ FW)	Antioxidant capacity (%DPPHSC)
Putrescine (0 mM)	4.24±0.60 a	4.64±0.19 a	0.80±0.03 c	5.62±0.15 a	14.72±0.64 c	0.86±0.06 d	10.35±0.48 c	2.17±0.31 a	15.72±1.26 c	27.04±1.6 c
Putrescine (0.5 mM)	4.05±0.58 b	4.57±0.18 a	0.83±0.03 b	5.58±0.15 a	15.45±0.57 b	0.95±0.05 c	10.72±0.47 c	2.06±0.29 a	15.82±1.23 c	27.51±1.57 c
Putrescine (1 mM)	3.85±0.55 c	4.41±0.15 b	0.87±0.02 a	5.42±0.15 b	16.67±0.48 a	1.05±0.04 b	11.33±0.41 b	1.75±0.25 b	16.61±1.15 b	28.90±1.4 b
Putrescine (2 mM)	3.63±0.52 d	4.21±0.13 c	0.89±0.02 a	5.36±0.15 b	16.95±0.45 a	1.12±0.03 a	11.82±0.38 a	1.42±0.20 c	17.89±0.99 a	30.90±1.30 a

In each column, means that have at least one letter in common, not significant difference at 5% according to LSD test

Table 2 Mean comparison of chitosan treatments on cucumber fruits

Treats	Studied Indices									
	Weight loss (%)	Total soluble solid (°Brix)	Titration acidity (%)	pH	Firmness (Kgcm ⁻²)	Total Chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	Ascorbic acid (mg100g ⁻¹ FW)	Sensory index	Total phenols (mgGA g ⁻¹ FW)	Antioxidant capacity (%DPPHSC)
Chitosan (0%)	4.83±0.66 a	4.73±0.19 a	0.82±0.03 b	5.96±0.18 a	14.82±0.63 c	0.89±0.06 d	9.69±0.54 c	2.25±0.31 a	15.64±1.28 c	25.43±1.74 c
Chitosan (0.5%)	4.35±0.60 b	4.55±0.17 b	0.83±0.03 b	5.43±0.12 b	15.73±0.55 b	0.97±0.05 c	10.94±0.43 b	2.03±0.28 b	16.34±1.18 b	28.47±1.46 b
Chitosan (1%)	3.29±0.45 c	4.29±0.14 c	0.87±0.02 a	5.21±0.12 c	16.60±0.50 a	1.04±0.04 b	11.72±0.34 a	1.69±0.24 c	16.92±1.11 ab	30.12±1.34 a
Chitosan (1.5%)	3.30±0.49 c	4.27±0.14 c	0.88±0.02 a	5.38±0.13 b	16.63±0.50 a	1.07±0.04 a	11.87±0.36 a	1.42±0.21 d	17.14±1.10 a	30.32±1.30 a

In each column, means that have at least one letter in common, not significant difference at 5% according to LSD test

Table 3 Mean comparison of storage times on cucumber fruits

Time	Studied Indices									
	Weight loss (%)	Total soluble solid (°Brix)	Titration acidity (%)	pH	Firmness (Kgcm ⁻²)	Total Chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	Ascorbic acid (mg100g ⁻¹ FW)	Sensory index	Total phenols (mgGA g ⁻¹ FW)	Antioxidant capacity (%DPPHSC)
0	0.00±0.00 c	3.39±0.03 c	1.01±0.01 a	4.60±0.03 c	19.26±0.10 a	1.32±0.01 a	13.70±0.11 a	0.0±0.01 c	25.30±0.20 a	38.51±0.36 a
10	3.94±0.12 b	4.37±0.04 b	0.87±0.01 b	5.41±0.08 b	16.33±0.32 b	0.97±0.03 b	11.18±0.27 b	1.96±0.09 b	15.25±0.25 b	28.77±0.64 b
20	7.89±0.19 a	5.62±0.07 a	0.67±0.01 c	6.47±0.06 a	12.25±0.25 c	0.68±0.03 c	8.29±0.22 c	3.58±0.13 a	8.98±0.29 c	18.49±0.52 c

In each column, means that have at least one letter in common, not significant difference at 5% according to LSD test

Table 4 Mean comparison of putrescine treatments on cucumber fruits at different times

Treats	Time	Studied Indices									
		Weight loss (%)	Total soluble solid (°Brix)	Titration acidity (%)	pH	Firmness (Kgcm ⁻²)	Total Chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	Ascorbic acid (mg100g ⁻¹ FW)	Sensory index	Total phenols (mgGA g ⁻¹ FW)	Antioxidant capacity (%DPPHSC)
Putrescine (0 mM)	0	0.00±0.00 e	3.37±0.08 f	1.01±0.01 a	4.59±0.08 d	19.26±0.22 a	1.33±0.01 a	13.71±0.29 a	0.00±0.00 g	25.35±0.43 a	38.42±0.91 a
Putrescine (0 mM)	10	4.24±0.25 d	4.54±0.11 d	0.82±0.02 d	5.68±0.11 b	14.36±0.53 d	0.77±0.04 d	9.11±0.46 d	2.25±0.18 d	14.36±0.34 d	26.26±1.01 d
Putrescine (0 mM)	20	8.57±0.40 a	6.04±0.12 a	0.59±0.02 g	6.63±0.12 a	10.39±0.31 f	0.46±0.04 f	6.24±0.45 f	4.36±0.18 a	7.36±0.33 g	16.26±0.90 f
Putrescine (0.5 mM)	0	0.00±0.00 e	3.40±0.06 f	1.00±0.01 a	4.60±0.06 d	19.26±0.24 a	1.33±0.01 a	13.75±0.26 a	0.00±0.00 g	25.43±0.36 a	38.65±0.81 a
Putrescine (0.5 mM)	10	4.07±0.24 d	4.46±0.08 d	0.86±0.02 cd	5.59±0.13 b	15.56±0.44 c	0.90±0.03 c	10.96±0.49 c	2.17±0.14 de	13.97±0.26 d	26.76±0.98 d
Putrescine (0.5 mM)	20	8.09±0.39 ab	5.84±0.12 a	0.65±0.01 f	6.54±0.11 a	11.53±0.31 f	0.62±0.04 e	8.12±0.44 e	4.00±0.17 a	8.05±0.31 fg	17.11±0.79 f
Putrescine (1 mM)	0	0.00±0.00 e	3.41±0.05 f	1.01±0.01 a	4.62±0.06 d	19.27±0.16 a	1.32±0.01 a	13.71±0.18 a	0.00±0.00 g	25.25±0.50 a	38.43±0.62 a
Putrescine (1 mM)	10	3.86±0.25 d	4.31±0.08 de	0.89±0.02 bc	5.22±0.19 c	17.53±0.53 b	1.07±0.03 b	12.15±0.55 b	1.83±0.14 ef	15.55±0.40 c	29.50±1.14 c
Putrescine (1 mM)	20	7.70±0.37 bc	5.52±0.10 b	0.71±0.02 e	6.42±0.12 a	13.21±0.33 e	0.76±0.04 d	9.30±0.37 d	3.42±0.17 b	9.02±0.41 f	18.77±0.82 f
Putrescine (2 mM)	0	0.00±0.00 e	3.38±0.05 f	1.02±0.01 a	4.60±0.06 d	19.27±0.20 a	1.32±0.01	13.62±0.17 a	0.00±0.00 g	25.17±0.39 a	38.53±0.59 a
Putrescine (2 mM)	10	3.58±0.21 d	4.17±0.07 e	0.92±0.01 b	5.15±0.19 c	17.87±0.50 b	1.15±0.03 b	12.51±0.42 b	1.58±0.16 f	17.11±0.47 b	32.54±1.18 b
Putrescine (2 mM)	20	7.30±0.36 c	5.10±0.08 c	0.74±0.02 e	6.34±0.13 a	13.71±0.39 de	0.89±0.04 c	9.49±0.35 d	2.67±0.18 c	11.38±0.54 e	21.63±1.05 e

In each column, means that have at least one letter in common, not significant difference at 5% according to LSD test

Table 5 Mean comparison of chitosan treatments on cucumber fruits at different times

Treats	time	Studied Indices									
		Weight loss (%)	Total soluble solid (°Brix)	Titration acidity (%)	pH	Firmness (Kgcm ⁻²)	Total Chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	Ascorbic acid (mg100g ⁻¹ FW)	Sensory index	Total phenols (mgGA g ⁻¹ FW)	Antioxidant capacity (%DPPHSC)
Chitosan (0%)	0	0.00±0.00 i	3.39±0.07 g	1.01±0.01 a	4.61±0.08 e	19.27±0.23 a	1.32±0.01 a	13.71±0.20 a	0.00±0.00 f	25.31±0.31 a	38.53±0.56 a
Chitosan (0%)	10	5.05±0.12 e	4.72±0.06 d	0.83±0.02 c	6.18±0.04 b	14.39±0.55 d	0.83±0.05 d	9.11±0.30 cd	2.50±0.15 cd	14.47±0.42 c	23.72±0.76 d
Chitosan (0%)	20	9.44±0.19 a	6.08±0.13 a	0.61±0.02 e	7.10±0.06 a	10.81±0.43 g	0.50±0.06 f	6.24±0.24 e	4.25±0.21 a	7.15±0.38 e	14.04±0.65 g
Chitosan (0.5%)	0	0.00±0.00 i	3.38±0.05 g	1.00±0.01 a	4.61±0.06 e	19.28±0.18 a	1.32±0.01 a	13.75±0.22 a	0.00±0.00 f	25.20±0.51 a	38.49±1.00 a
Chitosan (0.5%)	10	4.44±0.10 f	4.47±0.04 e	0.85±0.01 bc	5.36±0.09 c	15.98±0.51 c	0.94±0.05 c	12.29 ±0.45 b	2.17±0.11 d	15.05±0.55 bc	28.44±0.94 c
Chitosan (0.5%)	20	8.60±0.19 b	5.79±0.10 b	0.65±0.02 e	6.32±0.05 b	11.94±0.42 fg	0.65±0.06 e	8.62±0.32 d	3.92±0.21 a	8.76±0.40 d	18.49±0.56 f
Chitosan (1%)	0	0.00±0.00 i	3.38±0.06 g	1.01±0.01 a	4.61±0.06 e	19.28±0.20 a	1.33±0.01 a	13.71±0.21 a	0.00±0.00 f	25.30 ±0.37 a	38.52±0.64 a
Chitosan (1%)	10	3.34±0.10 g	4.16±0.05 f	0.89±0.01 b	4.88±0.13 d	17.48±0.56 b	1.04±0.05 bc	14.23±0.35 a	1.75±0.13 e	15.52±0.47 bc	31.39±1.01 b
Chitosan (1%)	20	6.52±0.17 d	5.33±0.10 c	0.71±0.02 d	6.14±0.06 b	13.04±0.45 ef	0.77±0.05 d	9.38±0.21 c	3.33±0.21 b	9.93±0.65 d	20.46±0.74 ef
Chitosan (1.5%)	0	0.00±0.00 i	3.41±0.05	1.01±0.01 a	4.59±0.06 e	19.23±0.22 a	1.32±0.01 a	13.62±0.28 a	0.00±0.00 f	25.39±0.47 a	38.48±0.71 a
Chitosan (1.5%)	10	2.91±0.11 h	4.13±0.06 f	0.90±0.02 b	5.22±0.11 c	17.46±0.52 b	1.08±0.04 b	13.76±0.43 a	1.42±0.10 e	15.95±0.54 b	31.52±0.92 b
Chitosan (1.5%)	20	6.99±0.17 c	5.26±0.10 c	0.72±0.03 d	6.33±0.04 b	13.20±0.43 e	0.82±0.05 d	8.99±0.19 cd	2.83±0.18 c	10.07±0.50 d	20.96±0.80 e

In each column, means that have at least one letter in common, not significant difference at 5% according to LSD test

۳-۳- میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی پوترسین، کیتوزان و زمان انبارمانی بر میزان TA نشان داد، که افزایش غلظت پوترسین و کیتوزان موجب افزایش و زمان انبارمانی موجب کاهش TA شده است (جدول ۱، ۲ و ۳). کمترین و بیشترین میزان TA در روز ۲۰ انبارمانی به ترتیب در تیمار صفر میلی مولار (۰/۵۹٪) و ۲ میلی مولار پوترسین (۰/۷۴٪) مشاهده شد. در روز ۱۰ انبارمانی نیز کمترین و بیشترین میزان TA مربوط به تیمار صفر میلی مولار (۰/۸۲٪) و ۲ میلی مولار پوترسین (۰/۹۲٪) بود (جدول ۴). در مورد تیمار کیتوزان پس از ۲۰ روز انبارمانی کمترین میزان TA در تیمارهای شاهد (۰/۶۱٪) بود که با تیمار ۰/۵ درصد کیتوزان (۰/۶۵٪) اختلاف آماری معنی داری نداشت و بیشترین میزان TA در تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (۰/۷۲٪) مشاهده شد که با تیمار ۱ درصد کیتوزان (۰/۷۱٪) اختلاف معنی داری نداشت. پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز روند مشابهی ثبت شد به طوری که کمترین میزان TA در تیمارهای بدون کیتوزان (۰/۸۳٪) بود که با تیمار ۰/۵ درصد کیتوزان (۰/۸۵٪) اختلاف آماری معنی داری نداشت و بیشترین میزان TA در تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (۰/۹۰٪) مشاهده شد که با تیمار ۱ درصد کیتوزان (۰/۸۹٪) اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۵). به طور کلی در طول نگهداری، اسیدیته نمونه های خیار همزمان با افزایش زمان نگهداری کاهش یافت و کمترین روند کاهش در نمونه های خیار تیمار شده مشاهده شد. کاهش اسیدیته در طی انبارمانی احتمالاً به دلیل استفاده از اسیدهای آلی در فرآیندهای تنفسی است [۱۳]. از آنجایی که از دست دادن اسیدیته سبزی ها و میوه ها با کاهش کیفیت محصول در طول انبارمانی مرتبط است، حفظ اسیدیته در نمونه های خیار تیمار شده برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات مفید است [۶]. کاربرد خارجی

برخی ترکیبات یا پوشش دهی باعث کاهش سرعت تنفس و مانع از کاهش اسیدهای آلی می شود [۱۳]. یافته های تحقیق حاضر مطابق با یافته های دیگر محققین در مورد اثر پوشش کیتوزان بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه خیار [۲۵] و فلفل [۱۳] و اثر پوترسین بر اسیدیته موز [۱۲] می باشد.

۳-۴- pH

افزایش غلظت پوترسین و کیتوزان موجب کاهش و زمان انبارمانی موجب افزایش pH میوه های خیار شد (جدول ۱، ۲ و ۳). پس از ۲۰ روز انبارمانی بین غلظت های مختلف پوترسین اختلاف آماری معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴) همچنین بین غلظت های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد کیتوزان اختلافی ثبت نشد اما این غلظت ها با تیمار شاهد (۰ درصد کیتوزان) اختلاف معنی داری نشان دادند (جدول ۶). پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز کمترین میزان pH مربوط به تیمار ۲ میلی مولار پوترسین (۵/۱۵) بود که با تیمار ۱ میلی مولار پوترسین (۵/۲۲) اختلافی نداشت اما با تیمار نیم میلی مولار (۵/۵۹) و تیمار صفر میلی مولار پوترسین (۵/۶۸) اختلاف معنی داری نشان داد (جدول ۴). در مورد تیمار کیتوزان پس از ۱۰ روز انبارمانی کمترین میزان pH در تیمارهای ۱ درصد کیتوزان (۴/۸۸) بود که با تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (۵/۲۲) و تیمار ۰/۵ درصد کیتوزان (۵/۳۶) اختلاف آماری معنی داری داشت و بیشترین میزان TA در تیمار صفر درصد کیتوزان (۶/۱۸) مشاهده شد که با دیگر تیمارهای کیتوزان اختلاف معنی داری داشت (جدول ۵).

نتایج نشان داد که تیمار پوترسین و کیتوزان روند افزایش pH را کاهش دادند. در طی انبارمانی میوه ها، pH عصاره میوه افزایش یافته و میزان اسیدیته کاهش می یابد [۲۷]. طی دوره انبارمانی میزان pH میوه ها افزایش یافت و بر اساس اظهار محققان در اکثر میوه ها، افزایش pH به دلیل کاهش اسیدهای آلی در طی دوره نگهداری می باشد [۲۸، ۲۹، ۳۰،

محققان گزارش کرده‌اند که پوشش میوه‌های خیار، تنفس را کاهش می‌دهد و این ممکن است مسئول حفظ سفتی میوه در طول نگهداری باشد [۲۲]. اثر مفید افزایش غلظت کیتوزان بر سفتی بافت میوه خیار [۱، ۱۰ و ۲۵] قبلاً گزارش شده است که مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر است. نتایج نشان داد که از دست رفتن سفتی میوه را می‌توان با تیمار پوترسین کاهش داد. این نتایج مطابق با یافته‌های دیگر محققین در مورد خیار [۴] است. بنابراین می‌توان با استفاده از خواص ضد پیری پوترسین، فرآیند پیری و پوسیدگی را به تأخیر انداخت [۴].

۳-۶- کیفیت حسی

افزایش غلظت پوترسین و کیتوزان موجب کاهش و زمان انبارمانی موجب افزایش کیفیت حسی میوه‌های خیار شد (جدول ۱، ۲ و ۳). پس از ۲۰ روز انبارمانی بین تیمار شاهد و نیم میلی‌مولار پوترسین اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد اما تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین کمترین میزان کاهش کیفیت حسی را نشان داد (جدول ۴) همچنین در مورد تیمارهای کیتوزان نیز روند مشابه تیمارهای پوترسین ثبت شد (جدول ۵). پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز کمترین میزان کیفیت حسی مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین (۲/۶۷) بود (جدول ۴). در مورد تیمار کیتوزان پس از ۱۰ روز انبارمانی کمترین میزان کیفیت حسی در تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (۲/۸۳) مشاهده شد (جدول ۵) در گروه شاهد، شاخص حسی میوه خیار در تمام مدت نگهداری افزایش یافت. تغییرات حسی شامل کاهش وزن، تغییر رنگ و غیره مشاهده شد اما این علائم در میوه‌های تیمار شده با کیتوزان و پوترسین کمتر ثبت شد. گزارش شده است که میوه‌ها و سبزی‌ها پس از برداشت به دلیل کاهش منابع انرژی، مواد مغذی، هورمون‌ها و آب به شدت تحت تنش قرار می‌گیرند و این موضوع منجر به شروع سریع پیری می‌شود [۳۳]. در میوه‌های خیار، نشانه‌های اصلی

[۳۱]. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط دیگر محققین که اظهار داشتند کاهش اسیدیته در طول نگهداری نشان‌دهنده پیری میوه است همخوانی دارد [۲۹ و ۳۰]. افزایش pH ممکن است به دلیل مصرف اسیدهای آلی در فرایند تنفس در طول دوره انبارمانی باشد [۳۱]. کاهش روند تغییرات در pH میوه ممکن است به دلیل تأثیر تیمارها بر وضعیت بیوشیمیایی میوه و کاهش سرعت تنفس و فعالیت متابولیکی باشد [۳۲]. اظهار شده است که کیتوزان یک پوشش نیمه‌تراوا در سطح میوه تشکیل می‌دهد که ممکن است اتمسفر داخلی را تغییر داده، در نتیجه رسیدن را به تأخیر می‌اندازد [۱۰]. در این پژوهش تیمارهای کیتوزان و پوترسین تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتراسیون را کاهش دادند و به‌طور مؤثر پیری میوه را به تأخیر انداختند.

۳-۵- سفتی میوه

نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۱، ۲ و ۳ نشان می‌دهد که افزایش غلظت پوترسین و کیتوزان موجب افزایش سفتی و زمان انبارمانی موجب کاهش سفتی میوه خیار شده است. مقایسه میانگین اثرات متقابل پوترسین $\times$ زمان انبارمانی و کیتوزان $\times$ انبارمانی نشان داد که در زمان‌های یکسان افزایش غلظت پوترسین و کیتوزان موجب کاهش روند از دست رفتن سفتی میوه شده است (جدول ۴ و ۵).

سفتی بافت یکی از ویژگی کیفی مهم در مقبولیت مصرف‌کننده میوه و سبزی‌های تازه است. سفتی میوه یک ویژگی اصلی است که عمر پس از برداشت و کیفیت میوه را تعیین می‌کند [۱۰]. علت اصلی از دست دادن سفتی در میوه‌ها و سبزی‌ها شکسته شدن پلیمرهای پکتین است [۲۲]. خیار میوه‌ای است که پس از برداشت به سرعت سفتی خود را از دست می‌دهد که باعث عمر کوتاه پس از برداشت و حساسیت آن به آلودگی قارچی می‌شود.

مشاهده شد و تیمارهای استفاده شده نقش مؤثری در حفظ میزان کلروفیل میوه داشتند.

از نظر مصرف کنندگان، رنگ میوه یکی از مهم ترین شاخص های ظاهری میوه است. رنگ مناسب منجر به ایجاد ظاهر مطلوب میوه می شود و بنابراین حفظ رنگ میوه در نگهداری آن اهمیت زیادی دارد [۲۷]. رنگ سبز زمینه سبزی ها و میوه ها به دلیل وجود رنگیزه هایی به نام کلروفیل است [۳۴]. تغییرات شیمیایی هنگام انبارداری میوه معمولاً باعث کاهش مقدار رنگیزه ها می شود [۲۷].

تجزیه کلروفیل می تواند به سه عامل احتمالی تغییرات pH، سیستم های اکسیداتیو و فعالیت آنزیم کلروفیلز باشد که همگی آن ها در اثر تنفس و پیشرفت فرایند پیری شتاب می گیرند [۳۴]. گزارش شده است که پلی آمین ها می توانند روند کاهش کلروفیل در غشاهای تیلوکوئید را با تثبیت کمپلکس های فتوسیستم در طول زمان انبارمانی کندتر کنند [۳۵]. محققین اظهار داشتند که پوشش ها با ایجاد لایه ای بر سطح میوه، رنگ سبز خیار را حفظ می کنند و در نتیجه از قهوه ای شدن اکسیداتیو و آنزیمی جلوگیری می کند [۱]. مطابق با یافته های ما، گزارش های قبلی نیز نشان داده است که کاهش کلروفیل میوه خیار در نمونه های دارای پوشش خوراکی کیتوزان نسبت به میوه های بدون پوشش در طول انبارمانی، با تغییرات کاهشی کمتری همراه است [۱ و ۱۹]. در مورد تیمار پوترسین نیز نتایج مشابه تیمار کیتوزان بوده است [۴].

۸-۳- اسید آسکوربیک (AsA)

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی پوترسین، کیتوزان و زمان انبارمانی بر میزان AsA نشان داد، که افزایش غلظت پوترسین و کیتوزان موجب افزایش و زمان انبارمانی موجب کاهش AsA شده است (جدول ۱، ۲ و ۳). کمترین و بیشترین میزان AsA پس از ۲۰ روز انبارمانی به ترتیب

پیری و کاهش کیفیت، زرد شدن و چروکیدگی در نتیجه از دست دادن آب است [۹]. پوترسین با حفظ بهتر رنگ، مزه، سفتی بافت و ... موجب جلوگیری از افزایش کیفیت حسی میوه های خیار می شود [۴]. همچنین پوشش میوه به عنوان یک مانع، اتلاف انرژی، مواد مغذی، هورمون ها و آب را کاهش داده و بنابراین از کاهش وزن جلوگیری کرده و شروع پیری را به تأخیر می اندازد در نتیجه باعث حفظ بهتر ویژگی های حسی میوه خیار می شود [۹] که مطابق با یافته های تحقیق حاضر است.

۷-۳- کلروفیل

افزایش غلظت کیتوزان و پوترسین موجب افزایش و زمان انبارمانی موجب کاهش میزان کلروفیل پوست میوه های خیار شد (جدول ۱، ۲ و ۳). اثرات متقابل پوترسین × زمان انبارمانی نشان داد که کمترین میزان کلروفیل پس از ۲۰ روز انبارمانی و در تیمار صفر میلی مولار پوترسین (mg g-1FW 46/0) و بیشترین میزان کلروفیل در همین زمان به ترتیب در تیمار دو میلی مولار پوترسین (mg g-1FW 89/0) بود. پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز با افزایش غلظت پوترسین روند کاهش میزان کلروفیل کندتر بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کیتوزان × زمان انبارمانی بر میزان کلروفیل پوست میوه نشان داد که پس از ۲۰ روز انبارمانی بیشترین میزان کلروفیل با میانگین ۰/۸۲ mg g-1FW مربوط به تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان بود و کمترین میزان کلروفیل با میانگین ۰/۵۰ mg g-1FW مربوط به تیمار صفر درصد کیتوزان بود. در زمان ۱۰ روز انبارمانی نیز با افزایش غلظت کیتوزان روند کاهشی میزان کلروفیل معنی دار بود به طوری که بیشترین میزان کلروفیل در تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (mg g-1FW 80/1) و کمترین میزان کلروفیل در تیمار صفر درصد کیتوزان (mg g-1FW 82/0) مشاهده شد (جدول ۵). بر اساس نتایج به دست آمده، کمترین میزان کلروفیل در نمونه های شاهد

باعث حذف رادیکال‌های آزاد می‌شوند [۳۸]. پوشش کیتوزان با ایجاد مانعی در سطح میوه موجب جلوگیری از نفوذ اکسیژن و کاهش آب میوه شده و در نتیجه باعث حفظ بهتر AsA در خیار می‌گردد [۲۵] نتایج این تحقیق با پژوهش‌های انجام‌شده توسط دیگر محققین مبنی بر حفظ بهتر AsA در طی انبارمانی با استفاده از تیمارهای پوترسین و کیتوزان مطابقت دارد [۲۵ و ۳۸].

۹-۳- فنل کل (TPC)

نتایج نشان داد که افزایش غلظت پوترسین و کیتوزان موجب افزایش و زمان انبارمانی موجب کاهش TPC میوه خیار شد (جدول ۱، ۲ و ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل پوترسین $\times$ زمان انبارمانی و کیتوزان $\times$ زمان انبارمانی نشان داد که در زمان‌های یکسان افزایش غلظت پوترسین و کیتوزان به‌طور معنی‌داری موجب کاهش روند از دست رفتن TPC میوه شد (جدول ۴ و ۵). در طول انبارمانی، TPC تمام نمونه‌های خیار کاهش نشان داد و در پایان انبارمانی (۲۰ روز) به حداقل مقادیر رسید TPC. در طول انبارمانی، در نمونه‌های خیار بدون پوشش کمترین میزان بود، در حالی که نمونه‌های تیمار شده بالاترین سطح را داشتند (جدول ۵ و ۶). کاهش TPC در طول انبارمانی به احتمال زیاد به دلیل استفاده از این ترکیبات به عنوان نگهدارنده و عوامل آنتی‌اکسیدانی در برابر رشد میکروبی و فرایندهای اکسیداسیونی در میوه خیار است [۱]. از این رو، تیمار خیار با پوشش و مواد مناسب می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی انبارمانی این محصول فاسدشدنی را بهبود بخشد. کاهش ترکیبات فنلی به عنوان شاخصی از پیری تحت تأثیر افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز می‌تواند به عنوان نشانگری از پیری محصول باشد [۳۳]. یافته‌های این مطالعه با گزارش‌های قبلی قابل‌مقایسه است که نشان می‌دهد خیار پوشش‌دار شده با کیتوزان دارای محتوای فنلی کل بالاتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش است و

در تیمار صفر میلی‌مولار (mg100g-1FW 24/6) و ۲ میلی‌مولار پوترسین (mg100g-1FW 49/9) مشاهده شد. پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز کمترین و بیشترین میزان AsA مربوط به تیمار صفر میلی‌مولار (mg100g-1FW 11/9) و ۲ میلی‌مولار پوترسین (mg100g-1FW 51/12) بود (جدول ۴). در مورد تیمار کیتوزان پس از ۲۰ روز انبارمانی کمترین میزان AsA در تیمارهای بدون کیتوزان (mg100g-1FW 24/6) بود و بیشترین میزان AsA در تیمار ۱ درصد کیتوزان (mg100g-1FW 38/9) مشاهده شد که با تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (mg100g-1FW 99/8) اختلاف معنی‌داری نداشت. پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز روند مشابهی ثبت شد به‌طوری‌که کمترین میزان AsA در تیمارهای بدون کیتوزان (mg100g-1FW 11/9) بود و بیشترین میزان AsA در تیمار ۱ درصد کیتوزان (mg100g-1FW 23/14) مشاهده شد که با تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (mg100g-1FW 76/13) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

در طی زمان نگهداری میوه خیار در انبار، میزان AsA کاهش یافت که کاهش این پارامتر در تمامی نمونه‌ها مشاهده شد. علت کاهش AsA می‌تواند به دلیل اکسید شدن آن در محیط. همچنین به علت تنفس بالای میوه باشد [۳۶ و ۳۷]. علاوه بر اکسیداسیون، افزایش pH در اثر فعالیت آنزیمی نیز سبب نابودی AsA می‌شود [۳۶]. حفظ AsA بیانگر حفظ کیفیت و ارزش تغذیه‌ای میوه می‌باشد [۲۷]. پوترسین با جلوگیری از تولید اتیلن، کاهش تنفس و به تأخیر انداختن رسیدن میوه، سبب جلوگیری از تجزیه دیواره‌ی یاخته‌ای و در نتیجه باعث کاهش تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند و در اثر پایین بودن میزان رادیکال‌های آزاد نیاز یاخته به مصرف AsA کم‌تر شده و در نتیجه این ویتامین در میوه حفظ می‌شود همچنین پلی‌آمین‌ها به دلیل داشتن بارهای مثبت به‌صورت مستقیم

در طول انبارمانی در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش به میزان کمتری کاهش می‌یابد [۱]. همچنین در گزارشی دیگر بر روی فلفل کاربرد پوترسین و کیتوزان به‌طور معنی‌داری روند کاهش ترکیبات فنلی را کندتر کرد [۳۳].

۱۰-۳- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی پوترسین، کیتوزان و زمان انبارمانی نشان داد، که افزایش غلظت پوترسین و کیتوزان موجب افزایش و زمان انبارمانی موجب کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شد (جدول ۱، ۲ و ۳). کمترین و بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پس از ۲۰ روز انبارمانی به ترتیب در تیمار صفر میلی‌مولار (۱۶/۲۶٪) و ۲ میلی‌مولار پوترسین (۲۱/۶۳٪) مشاهده شد (جدول ۵). پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز کمترین و بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب مربوط به تیمار صفر میلی‌مولار (۲۶/۲۶٪) و ۲ میلی‌مولار پوترسین (۳۲/۵۴٪) بود (جدول ۴). در مورد تیمار کیتوزان پس از ۲۰ روز انبارمانی کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمارهای بدون کیتوزان (۱۴/۰۴٪) بود و بیش‌ترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (۲۰/۹۶٪) مشاهده شد که با تیمار ۱ درصد کیتوزان (۲۰/۴۶٪) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). پس از ۱۰ روز انبارمانی نیز روند مشابهی ثبت شد به طوری که کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمارهای بدون کیتوزان (۲۳/۷۲٪) بود و بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان (۳۱/۵۲٪) مشاهده شد که با تیمار ۱ درصد کیتوزان (۳۱/۳۹٪) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

فعالیت ضد رادیکال DPPH خیار بدون پوشش کمتر از نمونه‌های پوشش داده‌شده با کیتوزان و تیمار شده با پوترسین (جدول ۴ و ۵) بود. تیمارهای پوترسین و کیتوزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه را به طور قابل توجهی

در طول نگهداری حفظ کردند. این اثر تیمار پوترسین و کیتوزان احتمالاً به دلیل حفظ بهتر میزان TPC و ASA میوه در طول نگهداری بوده است. اظهار شده است که همبستگی مثبت بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل و ASA میوه وجود دارد [۲۴]. بالاترین فعالیت مهار رادیکال DPPH در نمونه‌های خیار پوشش داده‌شده با ۱/۵ درصد کیتوزان و ۲ میلی‌مولار پوترسین مشاهده شد که نشان‌دهنده این است که تیمارهای مورد استفاده، خواص کیفی نمونه‌های خیار را بهبود بخشیدند، که نشان‌دهنده پتانسیل آنتی‌اکسیدانی این تیمارها در میوه‌های خیار است و از این رو، می‌تواند برای افزایش کیفیت غذایی و سلامتی و افزایش ماندگاری خیار استفاده شوند [۱]. در توافق با یافته‌های ما، گزارش‌های قبلی نشان داد که تیمار پوششی فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها را در طول انبارمانی بهبود می‌بخشد [۱ و ۴].

۴- نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج پژوهش حاضر مشخص شد که تیمارهای پوترسین و کیتوزان اثرات مفیدی در حفظ شاخص‌های کیفی میوه‌های خیار دارند. استفاده از پوترسین و کیتوزان شرایط مطلوبی را برای میوه‌های خیار فراهم می‌کند و کیفیت انبارمانی پس از برداشت این محصول را بهبود می‌بخشد. مشخص شد که غلظت‌های ۲ میلی‌مولار پوترسین و ۱ تا ۱/۵ درصد کیتوزان بیشترین تأثیر را بر حفظ شاخص‌های کیفی میوه خیار دارد و انبارمانی میوه‌های خیار (در دمای 1 ± 12 درجه سلسیوس و ۹۰ درصد RH) می‌تواند تا ۲۰ روز افزایش یابد. گزارش شده است که میوه‌های خیار به شرایط نگهداری حساس هستند و مدت‌زمان نگهداری آن به کمتر از ۱۴ روز محدود شده است. رسیدن به ۲۰ روز انبارمانی با کیفیت قابل قبول برای خوراکی نتیجه مهمی برای علم و آینده فناوری پس از برداشت است. این نتایج نشان می‌دهد که ترکیب

نویسندگان مقاله از همکاری گروه علوم و مهندسی باغبانی و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که حمایت مالی و اجرایی این تحقیق را به عهده داشته‌اند سپاسگزاری می‌نمایند.

۶- منابع

- [1] Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Isam, M. A., Babiker, E. E., Shahzad, S. A., Alsawmahi, O. N. (2022). Effects of functional coatings containing chitosan, orange peel and olive cake extracts on the quality attributes of cucumber during cold storage. *Plants*, 11:1895.
- [2] Mukherjee, P.K., Nema, N.K., Maity, N., Sarkar, B.K. (2013). Phytochemical and therapeutic potential of cucumber. *Fitoterapia*, 84: 227–236.
- [3] Uthpala, T.G.G., Marapana, R.A.U.J., Lakmini, K.P.C., Wettimuny, D.C. (2020). Nutritional bioactive compounds and health benefits of fresh and processed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Sumerianz Journal of Biotechnology*, 3: 75- 82.
- [4] Jia, B., Zheng, Q., Zuo, J., Gao, L., Wang, Q., Guan, W., Shi, J. (2018). Application of postharvest putrescine treatment to maintain the quality and increase the activity of antioxidative enzyme of cucumber. *Scientia Horticulturae*, 239: 210-215.
- [5] Sarker, A., Deltsidis, A., Grift, T.E. (2021). Effect of aloe vera gel-carboxymethyl cellulose composite coating on the degradation kinetics of cucumber. *Journal of Biosystems Engineering*, 46: 112–128.
- [6] Saha, A., Tyagi, S., Gupta, R.K., Tyagi, Y.K. (2016). Guar gum based edible coating of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, 3: 558–570.
- [7] Dhall, R.K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A

غلظت‌های ۲ میلی‌مولار پوترسین و ۱ تا ۱/۵ درصد کیتوزان، کارایی آن را بهبود می‌بخشد و محصولات تازه با کیفیت بالاتری را ارائه می‌دهد. در نهایت پیشنهاد می‌شود برای حفظ کیفیت میوه، میوه‌ها با پوترسین پیش تیمار شده و با کیتوزان پوشش دهی شوند تا خیارهایی با ماندگاری و کیفیت بالاتر به دست مصرف‌کنندگان برسد.

۵- سپاسگزاری

Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53: 435-450.

- [8] Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I.S.M.A., Mohamed, M.T.M. (2020). Recent advance in edible coating and its effect on fresh/freshcut fruits quality. *Trends in Food Science and Technology*, 96: 253-267.

- [9] Omoba, O.S., Onyekwere, U. (2016). Postharvest physicochemical properties of cucumber fruits (*Cucumis sativus* L.) treated with chitosan-lemon grass extracts under different storage durations. *African Journal of Biotechnology*, 15: 2758-2766.

- [10] Adetunji, C. O., Fadiji, A.E., Aboyeji, O.O. (2014). Effect of chitosan coating combined Aloe Vera gel on cucumber (*Cucumis sativa* L.) post-harvest quality during ambient storage. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, 5(6): 391-397.

- [11] Maleki, G., Sedaghat, N., Woltering, E.J., Farhoodi, M., Mohebbi, M. (2018). Chitosanlimonene coating in combination with modified atmosphere packaging preserve postharvest quality of cucumber during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12: 1610–1621.

- [12] Hosseini, M.S., Zahedi, S.M., Abadía, J., Karimi, M. (2018). Effects of postharvest treatments with chitosan and putrescine to maintain quality and extend shelf-life of two banana cultivars. *Food Science and Nutrition*, 6(5): 1328-1337.

- [13] Patel, N., Gantait, S., Panigrahi, J. (2018). Extension of postharvest shelf-life in *Capsicum annum* L. using exogenous application of

polyamines (spermidine and putrescine). Food Chemistry, 275: 681-687

[14] Kumar, A., Altabella, T., Taylor, M.A., Tiburcio, A.F. (1997). Recent advances in polyamine research. Trends in Plant Science, 2: 124-130.

[15] Khosroshahi, M.R., Esna-Ashari, M., Ershadi, A., 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar selva. Scientia Horticulturae, 114: 27-32.

[16] Pérez-Vicente, A., Martínez-Romero, D., Carbonell, A., Serrano, M., Riquelme, F., Guillén, F., Valero, D. (2002). Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* Lindl.) storage. Postharvest Biology and Technology, 25: 25-32.

[17] Martínez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, L., Burgos, F., Valero, D. (2002). Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. Journal of Food Science, 67 (5): 1706-1711.

[18] Malik, A.U., Singh, Z., (2005). Pre-storage application of polyamines improves shelf-life and fruit quality of mango. Journal of Horticultural Science Biotechnology, 80 (3): 363-369.

[19] Olawuyi, I.F., Lee, W. (2019). Influence of chitosan coating and packaging materials on the quality characteristics of fresh-cut cucumber. Korean Journal of Food Preservation, 26: 371-380.

[20] Hajivand-Ghasemabadi, S., Zare-Bavani, M.R., Noshad, M. (2022). The Influence of gelatin, aloe gel and chitosan coatings on physicochemical characteristics of fresh-cut Persian shallot during storage. Journal of food science and technology, 18 (119): 169-182.

[21] Arnon, D.I. (1957). Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 115 -117.

[22] Kahramanoğlu, İ., Usanmaz, S. (2019). Improving postharvest storage quality of cucumber fruit by modified atmosphere

packaging and biomaterials. HortScience, 54(11): 2005-2014.

[23] Li, N., Parsons, B. L., Liu, D., Mattoo, K. (2005). Accumulation of woundinducible ACC synthase transcript in tomato fruits is inhibited by salicylic acid and polyamines. Plant Molecular Biology, 48: 477-487.

[24] Davarynejad, G.H., Zarei, M., Ardakanim E. Nasrabadi, M.E. (2013). Influence of putrescine application on storability, postharvest quality and antioxidant activity of two Iranian apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivars. Notulae Scientia Biologicae, 5(2): 212-219.

[25] Ghasemi Tavallaiey, M., Ramin, A. A., Amini, F. (2015). Effects of edible chitosan coating on quality and increasing storage life of cucumber cv. Journal of Crop Production and Processing, 5 (15): 189-198.

[26] Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Valero, D. (2007). The application of polyamines by pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 55: 755- 760.

[27] Modares, B., Ramin, A. A., Ghobadi, C. (2014). Effect of 1-MCP on storage and shelflife of strawberry fruits (*Fragaria xananassa* Cv. Camarossa). Journal of Crop Production and Processing, 4 (11):253-268

[28] Perkins-Veazie, P., Collins, J. K., Howard, L. (2008). Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. Postharvest Biology and Technology, 47(3): 280- 285.

[29] El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R. and Boulet, M. (1991). Use of chitosan coating to reduce water-loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. Journal of Food Processing and Preservation. 15: 359- 368.

[30] Garcia, M.A., Martino, M.N., Zaritzky, N.E. (1998). Plasticized starch-based coatings to improve strawberry quality and stability. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 3758-3767.

- [31] Pesis, E., Dvir, O., Feygenberg, O., Arie, R.B., Ackerman, M.L. (1999). Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 26: 157-165.
- [32] Jitareerat, P., Paumchai, S., Kanlayanarat, S. (2007). Effect of chitosan on ripening enzymatic activity, and disease development in mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 35: 211- 218.
- [33] Al-Juhaimi, F., Ghafoor, K., Babiker, E. E. (2012). Effect of gum arabic edible coating on weight loss, firmness and sensory characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit during storage. *Pakistan Journal of Botany*, 44(4): 1439- 1444.
- [34] Koca, N., Karadeniz, F., Burdurlu, H. S. (2007). Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. *Food Chemistry*, 100(2): 609- 615.
- [35] Beigbeder, A., Vavarakis, M., Navakoudis, E., Kotzabasis, K., (1995). Influence of polyamine inhibitors on light-independent and light-dependent chlorophyll biosynthesis and on the photosynthetic rate. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 28: 235-242.
- [36] Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., González-Martínez, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest biology and technology*, 41(2): 164- 171.
- [37] Amal, S. H. A., El-Mogy, M. M., Aboul-Anean, H. E., Alsanusi, B. W. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 2(3): 88- 97.
- [38] Mishra, P.K., Siddiqui, M.W., Sahay, S. (2016). Polyamines. In postharvest management approaches for maintaining quality of fresh produce. Springer International Publishing AG. Pp: 69- 96.



Scientific Research

Postharvest application of chitosan and putrescine on maintaining the quality and extend shelf-life of cucumber (*Cucumis sativus* L.)Samira Fakorzadeh¹, Mohammad Hossein Daneshvar², Mohammad Reza Zare-Bavani^{3*}

- 1- Master's graduate, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
- 2- Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
- 3- Assistant professor, Department of Food Science, Faculty of Animal and Food Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ABSTRACT**ARTICLE INFO**

Cucumber fruits have a short shelf life in the post-harvest stage due to high water content, high metabolic activity, and spoilage caused by the growth of microorganisms. In this research, the effects of putrescine (0, 0.5, 1, and 2 mM) and chitosan (0, 0.5, 1, and 1.5%) on some characteristics of cucumber fruit during storage at 12±1 degrees Celsius during storage (0, 10, and 20 days) and one day at 25 degrees Celsius was investigated. The results showed that chitosan and putrescine significantly prevent weight loss, maintain total soluble solids, titratable acidity, pH, firmness, total chlorophyll of skin, and ascorbic acid and improve the sensory quality of cucumber fruit during storage. The lowest weight loss and the highest firmness were obtained in the treatment of 1.5% chitosan and 2 mM putrescine at 10 and 20 days of storage. Also, the highest amount of soluble solids, titratable acidity, total chlorophyll, vitamin C, total antioxidant, total phenol, and the lowest amount of pH, and decrease in sensory quality in 10 and 20 storage times related to the treatments of 1.5% chitosan and 2 mM putrescine that showed a significant difference with the control treatment. 1% and 1.5% chitosan coating treatments showed no significant difference in other traits measured during storage, except for weight loss. It seems that pretreatment of putrescine (2 mM) and chitosan coating (1 to 1.5%) can maintain the quality of fruits for a more extended period while increasing the storage life of cucumber.

Article History:

Received: 2022/12/8

Accepted: 2023/3/6

Keywords:**Antioxidant capacity,****Ascorbic acid,****Physiological weight loss,****Total phenol.****DOI: 10.22034/FSCT.20.144.112****DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.144.7.1**

*Corresponding Author E-Mail:
mzarebavani@asnruk.ac.ir