

تعیین شرایط مناسب نگهداری گیاه سالیکورنیای تازه

عادل میرمجیدی هشتجین^{۱*}، رضا فامیل مؤمن^۱ نیراعظم خوش خلق سیمما^۲

۱- اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- عضو هیأت علمی پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۹)

چکیده

گیاه سالیکورنیا با نیاز آبی کم و مقاوم به خشکی و شوری، یکی از گیاهان هالوفیت (شوری‌پسند) است که به‌خوبی در اراضی شور با درصد نمک بالا رشد می‌کند و منبع مهمی از ترکیبات غذایی، ویتامین‌ها و همچنین آنتی‌اکسیدان‌ها است. به‌دلیل ساختار ویژه فیزیولوژیکی این گیاه، فساد سریع آن در مراحل پس از برداشت، سبب تخریب و کاهش ارزش‌های تغذیه‌ای آن شده و ضایعات پس از برداشت این گیاه را افزایش می‌دهد. به همین دلیل به‌کارگیری تیمارهای مناسب پس از برداشت به‌منظور افزایش قابلیت ماندگاری و حفظ ارزش‌های تغذیه‌ای این گیاه ضروری می‌باشد. از آنجا که تاکنون تحقیقات جامعی در راستای فناوری‌های پس از برداشت سالیکورنیا به‌منظور افزایش عمر ماندگاری و حفظ کیفیت تازه‌خوری آن انجام نشده است لذا همگام با توسعه کشت و تولید این گیاه در مناطق مختلف کشور، این پژوهش با هدف بررسی و معرفی مناسب‌ترین شرایط نگهداری این گیاه انجام شد. نگهداری محصول در شرایط محیط (دمای °C ۲۵) نشان داد که سالیکورنیای تازه تا مدت حداکثر ۳ روز از ظاهر و بازاری‌پسندی مناسب برخوردار می‌باشد. نتایج ارزیابی وضعیت ظاهری سالیکورنیا و میزان افت وزن آن در مدت نگهداری نشان داد که در شرایط سردخانه (دمای °C ۴) و رطوبت نسبی کنترل شده (۹۰ تا ۹۵ درصد)، ویژگی‌های ظاهری، فیزیکوشیمیایی و در نتیجه بازاری‌پسندی سالیکورنیا در مقایسه با دما و شرایط محیط بهتر حفظ شده و میزان افت وزن محصول نیز کمتر بود. تاثیر مدت زمان نگهداری، دما و نیز اثر متقابل آن‌ها بر افت وزن گیاه سالیکورنیا معنی‌دار ($P < 0/001$) بود. علاوه بر این، به غیر از اسیدیته، مدت زمان نگهداری بر میزان رطوبت، شدت تنفس، شوری و pH گیاه اثر معنی‌داری ($P < 0/001$) داشت.

کلید واژه‌گان: سالیکورنیا، بسته‌بندی، انبار سرد، شرایط نگهداری، خواص فیزیکوشیمیایی.

۱- مقدمه

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم به دلیل فرایندهای انسانی و طبیعی از عوامل مؤثر بر تولیدات کشاورزی در جهان می‌باشد. کمبود کیفیت و کمیت منابع آب تهدیدی جدی بر امنیت غذایی و اشتغال بوده و به دنبال آن موجب مشکلات اجتماعی است. شورورزی (کشاورزی شورزیست) یک روش استفاده از منابع آب و خاک شور در کشاورزی است و یکی از حلقه‌های شورورزی تولید گیاهان با منابع آب شور می‌باشد. در بین گیاهان شورزیست، سالیکورنیا به دلیل تولید بالا با آب دریا و روغن قابل استخراج، به‌منظور توسعه نوار ساحلی جنوب و شمال کشور مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات انجام شده در این باره در کشور ما بسیار محدود می‌باشد [۱ و ۲].

سالیکورنیا (*Salicornia Spp*) گیاهی از خانواده اسفنجیان و نمک‌دوست بوده و در خاک‌های شور قابل رشد است. همین ویژگی باعث می‌شود که برای کشت آن نیازی به زمین زراعی و آب کشاورزی نباشد و از این نظر نیز صرفه اقتصادی خوبی خواهد داشت. سالیکورنیای تازه محصولی فسادپذیر به‌شمار می‌آید و در شرایط دما و رطوبت محیط از قابلیت ماندگاری زیادی برخوردار نیست [۳].

بر اساس مطالعات صورت گرفته، سالیکورنیا دارای مزیت‌های نسبی متعددی است. به‌طوری که این گیاه در برخی از کشورها به‌عنوان گیاه دارویی استفاده می‌شود. تحقیقات علمی نشان داده‌اند که سالیکورنیا برای جلوگیری از فشارخون بالا و گرفتگی رگ‌ها مؤثر است و خواص ضد دیابتی داشته و برای درمان هیپرگلیسمی (Hyperglycemia) و هیپرلیپیدی (Hyperlipidemia) مناسب است. سالیکورنیا یک گیاه روغنی است و دانه آن حاوی ۲۶-۳۳٪ روغن، ۳۱٪ پروتئین، ۵-۷٪ فیبر و ۵-۷٪ خاکستر است. بنابراین منبع خوبی برای تولید روغن خوراکی و فرآورده‌های پروتئینی محسوب می‌شود [۴]. دانه سالیکورنیا نسبت به سایر دانه‌های روغنی از قبیل پنبه‌دانه با ۱۶-۲۴ درصد روغن و سویا با ۱۷-۲۱ درصد روغن از میزان روغن بالاتری برخوردار است. ضمن اینکه منبع خوبی نیز برای تأمین اسیدهای چرب غیر اشباعی می‌تواند باشد [۵]. امروزه توجه کشورهای اروپایی و آسیایی به این گیاه بیشتر شده است به‌طوری که از قسمت‌های هوایی این گیاه در کشورهای اروپایی برای تهیه خوراک و مواد غذایی و در کشورهای آسیایی برای تهیه سالاد تازه، ترشیجات و نوشابه

استفاده می‌شود. از روغن سالیکورنیا در موارد دارویی (طب سنتی) استفاده می‌شود و همچنین این گیاه دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز می‌باشد که باعث افزایش مقاومت روغن در برابر شرایط محیطی می‌شود [۶]. به‌دلیل شوری و تردی، از سالیکورنیا به‌عنوان سالاد سبز استفاده می‌شود، حتی در برخی مناطق به‌عنوان یک غذای لذیذ از آن یاد می‌شود. فقط قسمت سبز این گیاه برای خوردن توصیه می‌شود، بخش‌های مایل به قرمز این گیاه دارای شوری و سیلیس بیش از حد است.

علاوه بر تأمین روغن، این گیاه می‌تواند در تغذیه دام‌ها و ماهی‌ها، سالاد و پیش‌غذا برای تغذیه انسان، تثبیت کربن و کاهش گازهای گلخانه‌ای، در صنایع دارویی و بهداشتی نیز مورد استفاده قرار گیرد. همچنین اثرات درمانی این گیاه در بروز بیماری‌هایی از قبیل دیابت، فشار خون، هموروئید، پوکی استخوان و کبد چرب نیز گزارش شده است [۷]. همچنین بسیاری از گزارش‌ها بر توانایی دانه سالیکورنیا به‌عنوان یک منبع تأمین اسیدهای چرب چند غیر اشباعی (با حدود ۷۵ درصد اسید لینولئیک) و یک منبع رژیمی غنی از مواد معدنی طبیعی مانند منیزیم، آهن، پتاسیم، کلسیم [۸] و بسیاری از ترکیبات فنولیک و آنتی‌اکسیدانی و فتوکمیکال تاکید کرده‌اند [۹ و ۱۰].

سالیکورنیا قادر به تجمع نمک‌های مختلف با تنوع قابل ملاحظه بنیان‌های آلی و فلزی در قسمت‌های مختلف گیاه نظیر ریشه، ساقه، برگ و بذر است. توانایی این گیاه در جذب نیترات و نیتريت، عناصر معدنی و فلزات سنگین از محیط از جنبه‌های مختلف شایان توجه است [۱۱].

ساختار ویژه فیزیولوژیکی سالیکورنیا و فساد سریع آن در مراحل پس از برداشت، ضایعات این گیاه را افزایش می‌دهد. به‌همین دلیل مراقبت‌های مناسب پس از برداشت به‌منظور افزایش قابلیت ماندگاری و حفظ ارزش‌های تغذیه‌ای و دارویی این گیاه امری اجتناب‌ناپذیر است [۳].

پس از برداشت محصول، واکنش‌های متابولیکی نظیر تنفس و تعرق ادامه داشته و به دلیل قطع ارتباط آن با گیاه مادری، محصول از آب و مواد ذخیره‌ای خود استفاده کرده و در نتیجه فاسد می‌شود. تنفس، فرآیندی است که به‌وسیله آن مواد آلی ذخیره‌ای در سلول‌ها (نشاسته، قندها، پروتئین‌ها، چربی‌ها) به ترکیبات ساده‌تر مانند گازکربنیک، آب و انرژی شکسته می‌شوند. حرارت تولیدشده بر اثر تنفس باعث افزایش دمای

از آنجا که در خصوص مسائل پس از برداشت گیاه سالیکورنیا تاکنون تحقیقات چندانی انجام نشده است، بنابراین همگام با افزایش تولید و کاشت این گیاه در مناطق مختلف کشور، به‌کارگیری تیمارهای مناسب پس از برداشت به‌منظور افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت این گیاه ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر شرایط نگهداری از نظر دما و مدت زمان بر برخی ویژگی‌های گیاه سالیکورنیای تازه به‌منظور افزایش ماندگاری آن بود.

۲- مواد و روش‌ها

نمونه آزمایشی مورد بررسی در این پژوهش، گیاه سالیکورنیا گونه *Salicornia bigelovii* از ایستگاه تحقیقات شوری آق قلا، وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد. نمونه‌برداری و برداشت گیاه در شهریور ماه و قبل از به گل رفتن انجام شد.

۲-۱- تیماردهی پس از برداشت

نمونه‌ها بلافاصله پس از برداشت به‌صورت دستی تمیز و با استفاده از آب شرب شستشو داده شدند و برای مدت ۲ ساعت در معرض هوای محیط به‌منظور نم‌گیری قرار داده شدند. سپس قطعاتی از اندام‌های هوایی و قابل مصرف گیاه به‌منظور نگهداری (در دمای محیط و سردخانه) در ابعادی به طول ۸-۶ سانتی‌متر جدا شد. در ادامه، نمونه‌ها در ظروف پلی‌استرینی با ظرفیت ۱ کیلوگرم قرار داده شدند و سپس با فیلم پلی‌اتیلنی با ضخامت ۱۰ میکرون بسته‌بندی و پس از دوخت با دستگاه دوخت پلاستیک به محل نگهداری منتقل شدند. مطالعات انبارداری برای مدت ۲۱ روز در شرایط محیط و سردخانه (با دمای ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد) انجام گرفت. لازم به یادآوری است که به‌منظور تعیین دمای بهینه در شرایط سردخانه (با در نظر داشتن میزان مصرف انرژی)، پیش‌تیماری به صورت نگهداری سالیکورنیا در سه دمای ۱، ۴ و ۹ درجه سلسیوس در سردخانه با رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد انجام شد. در این مرحله، میزان افت وزن محصول و شرایط ظاهری آن در مدت نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفت. تغییرات دما و رطوبت نسبی نیز با دستگاه پرتابل شرکت لوفت کشور آلمان (مدل اوپس ۱۰) در فواصل زمانی مشخص اندازه‌گیری شد.

انبار می‌شود که در این مورد باید به طرق مختلف دمای انبار را کاهش داد. درجه حرارت انبار و رطوبت نسبی، یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر فساد محصولات کشاورزی به‌شمار می‌آیند [۱۲ و ۱۳].

استفاده از بسته‌بندی مناسب نیز یکی از راهکارهای کاهش آلودگی و ضایعات محصولات کشاورزی به‌شمار می‌آید. از آنجا که گیاه سالیکورنیا، در دمای محیط از عمر ماندگاری کوتاهی برخوردار است، به نظر می‌رسد که بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته (MAP) روش مناسبی برای افزایش ماندگاری آن باشد. لو و همکاران (۲۰۰۹) طی پژوهشی گیاه سالیکورنیا (*Salicornia bigelovii Torr.*) را در فیلم‌های سیلیکونی با روش MAP بسته‌بندی نمودند. نتایج نشان داد که طی مدت نگهداری کیفیت گیاه به خوبی محفوظ مانده است [۴]. طی مطالعه‌ای دیگر توسط لو و همکاران، گیاه سالیکورنیا (*Salicornia bigelovii Torr.*) در فیلم پلی‌اتیلن/ پلی‌امید ترکیب شده با سیلیکون به روش MAP بسته‌بندی شد. طی ۳۶ روز نگهداری در دمای ۲ °C، نتایج نشان داد که MAP غیر فعال، روش مؤثری برای افزایش ماندگاری این گیاه است [۱۴]. لو و همکاران در ادامه تحقیقات خود، خواص تغذیه‌ای و تغییرات کیفی سالیکورنیا را طی نگهداری در دماهای صفر، ۲، ۸ و ۲۵ درجه سلسیوس در بسته‌های پلی‌اتیلنی با دانسیته کم مطالعه نمودند. آن‌ها گزارش کردند که در دمای ۲ درجه سلسیوس ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های کیفی محصول بهتر حفظ شد [۳].

راپوز و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر اتمسفر کنترل شده را روی کیفیت سالیکورنیا راموسیسیمما (*Salicornia ramosissima*) طی چهار هفته نگهداری در دمای ۴ °C بررسی کردند. مقدار ویتامین ث و کلروفیل اندازه‌گیری شد و تجزیه و تحلیل‌های میکروبی و حسی نیز انجام گرفت. ساقه‌های سالیکورنیا طی سه هفته نگهداری تحت شرایط ۳٪ اکسیژن و ۱۰٪ دی‌اکسید کربن، ظاهر بهتر و اسید ال-اسکوربیک بیشتری داشتند، هر چند کلروفیل در هوای معمولی بهتر حفظ شده بود. از نظر میکروبی نیز در طول دوره نگهداری، همه نمونه‌ها سالم بودند. آن‌ها پیشنهاد دادند که نگهداری با اتمسفر کنترل شده (۳٪ اکسیژن و ۱۰٪ دی‌اکسید کربن)، روش خوبی برای نگهداری ساقه‌های این گونه سالیکورنیا است [۱۵].

۲-۲- اندازه‌گیری رطوبت

مقدار رطوبت با استفاده از توزین نمونه‌ها و تغییرات وزنی آن‌ها پس از گرمخانه‌گذاری در دمای $105 \pm 5^\circ\text{C}$ طی دوره زمانی مشخص اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$(1) \text{ درصد رطوبت} = (M_1 - M_2) \times 100 / M_0$$

M_0 = وزن نمونه داخل پلیت، M_1 = وزن پلیت و نمونه، M_2 = وزن پلیت و نمونه پس از گرمخانه‌گذاری (آون) و تثبیت وزن

۲-۳- اندازه‌گیری افت وزنی

برای تعیین درصد افت وزنی نمونه‌ها، وزن تمامی بسته‌ها در روز شروع آزمایش و در پایان دوره‌های انبارمانی مورد نظر، توسط ترازوی دیجیتال با دقت 0.01 گرم توزین و ثبت شد. آن‌گاه درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$(2) 100 \times \text{وزن اولیه} / (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد}$$

کاهش وزن

۲-۴- pH

ابتدا pH متر (مدل Metrohm- 691، ساخت سوئیس) با محلول‌های بافر ۴ و ۷ واسنجی شد و سپس در دمای 20°C درجه سلسیوس اندازه‌گیری انجام شد. به نحوی که الکتروود دستگاه درون عصاره برگ سالیکورنیا که در بشر ریخته شده بود، قرار داده شد و پس از رسیدن به مقدار ثابت، pH نمایش داده شده روی نمایشگر دستگاه قرائت و گزارش گردید.

۲-۵- اندازه‌گیری اسیدیته

ابتدا 20 گرم ساقه (برگ)‌های سالیکورنیا با 40 میلی‌لیتر آب مخلوط و سپس صاف شد. 25 میلی‌لیتر عصاره سالیکورنیای صاف شده با آب مقطر به حجم 250 میلی‌لیتر رسید و سپس در حضور معرف فنل فتالین، با سود 0.1 نرمال تا رسیدن به رنگ صورتی کم‌رنگ پایدار (به مدت 30 ثانیه) تیترو مقدار سود مصرفی یادداشت شد. برای محاسبه اسیدیته سالیکورنیا، اسید اگزالیک به عنوان اسید غالب در نظر گرفته شد. اسید قابل تیتراسیون طبق رابطه (۳) محاسبه گردید. در این رابطه، هر میلی‌لیتر سود 0.1 نرمال معادل 0.0045 گرم اسید اگزالیک محاسبه شد [۱۶].

$$(3)$$

حجم نمونه استفاده شده $(100 \times N \times E \times V) = \text{درصد اسیدیته}$

N = نرمالیه سود مصرفی (0.1 نرمال)، E = اکی‌والان گرم اسید غالب، V = سود مصرفی (برحسب میلی‌لیتر)

۲-۶- اندازه‌گیری شوری

مقدار شوری با استفاده از دستگاه هدایت الکتریکی سنج (EC) متر، مدل Jenway 4510، ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. برای این کار، 20 گرم از ساقه (برگ)‌های سالیکورنیا با 40 میلی‌لیتر آب مخلوط شد به طوری که مخلوط برگ و آب توسط همزن به صورت همگن درآمدند و سپس صاف شدند. در نهایت، شوری بر حسب دسی‌زیمنس بر متر (ds/m) اندازه‌گیری شد.

۲-۷- اندازه‌گیری میزان تنفس

شدت تنفس سالیکورنیا با دستگاه تنفس سنج (مدل TESTO، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد. برای انجام این آزمایش، وزن مشخصی از برگ سالیکورنیا داخل یک محفظه پلاستیکی غیرقابل نفوذ به هوا به ابعاد $10 \times 20 \times 20$ سانتی‌متر قرار گرفت. سپس سنسور CO_2 مجهز به کارت حافظه، درون محفظه قرار داده شد تا مقادیر غلظت CO_2 را اندازه‌گیری کند. میزان تنفس بر اساس شیب رگرسیون غلظت CO_2 در برابر زمان به دست آمد و بر حسب (mgCO₂/Kg.hr) گزارش شد.

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

این مطالعه در قالب طرح فاکتوریل با بررسی دو متغیر مستقل دما (در دو سطح شامل دمای محیط و دمای سردخانه) و زمان نگهداری (در سه سطح شامل ۷، ۱۴ و ۲۱ روز) و تأثیر آن‌ها بر وضعیت ظاهری، افت وزن و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گیاه سالیکورنیا اجرا شد. به منظور تعیین دمای بهینه در شرایط سردخانه، پیش‌تیماری به صورت نگهداری سالیکورنیا در سه دمای ۱، ۴ و ۹ درجه سلسیوس در سردخانه با رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد انجام شد. در ادامه، با توجه به اینکه در دمای 25 درجه سلسیوس سالیکورنیای تازه حداکثر ۳ روز از ظاهر و بازاری‌پسندی مناسبی برخوردار بود بنابراین، ادامه پژوهش در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی اجرا و با جمع‌آوری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری متغیرهای وابسته، با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل آماری انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش دانکن انجام گرفت و نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- وضعیت ظاهری

ارزیابی وضعیت ظاهری سالیکورنیای نگهداری شده در دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس) نشان داد که سالیکورنیای تازه به مدت حداکثر ۳ روز ظاهر و بازاری پسندی مناسبی داشت. به طوری که بعد از گذشت سه روز، تغییر رنگ (از قسمت بالایی اندام به طرف پایین) و پوسیدگی در گیاه مشهود بود. وضعیت ظاهری نمونه‌ها و میزان افت وزنی آن‌ها طی نگهداری در سردخانه (در سه دمای ۱، ۴ و ۹ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد) نشان داد که در دماهای

پایین، ویژگی‌های ظاهری و در نتیجه بازاری پسندی سالیکورنیا بهتر حفظ شده و افت وزنی آن نیز کمتر بود. از اینرو و با توجه به اهمیت میزان مصرف انرژی، به منظور بررسی روند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سالیکورنیا در مدت نگهداری، دمای سردخانه روی ۴ درجه سلسیوس تنظیم شد.

۳-۲- میزان افت وزنی

تجزیه و تحلیل آماری نتایج (جدول ۱) نشان داد که تأثیر مدت زمان نگهداری، دما و نیز اثر متقابل آن‌ها بر افت وزن گیاه سالیکورنیا معنی‌دار ($P < 0.001$) بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نیز نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری و دما، افت وزن محصول افزایش یافت.

Table 1 Analysis of variance the effect of storage duration and temperature on weight loss of salicornia

Sum of squares	df	Source
4.24***	2	Storage duration
12.12***	2	Temperature
1.66***	4	Temperature × Storage duration
0.011	17	Error
82.479	26	Total
	0.99	R^2

***Significant at 0.1% ($p < 0.001$)

Table 2 Comparison of the effect of storage duration and temperature on weight loss of salicornia

Weight loss (%)	Temperature (°C)	Weight loss (%)	Storage duration (day)
1.07 ^a	1	1.24 ^a	7
1.30 ^b	4	1.57 ^b	14
2.54 ^c	9	2.05 ^c	21

افزایش یافته است. از طرف دیگر کاهش وزن با کاهش سفتی بافت نیز همراه بوده و لذا کنترل رطوبت نسبی در طی نگهداری حائز اهمیت است.

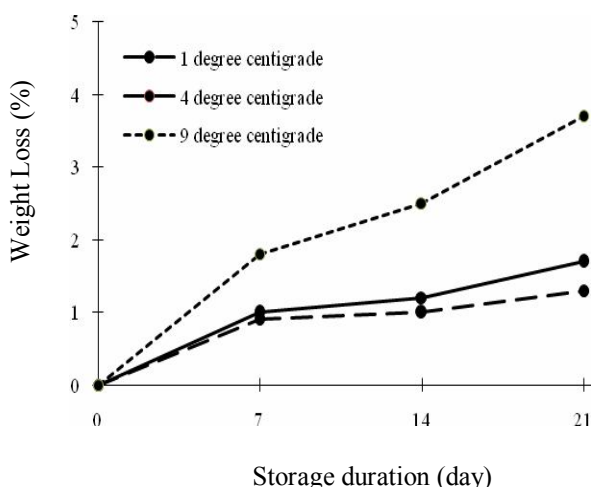


Fig 1 Weight loss of fresh salicornia at different storage duration and temperature

در شکل (۱) روند کاهش وزن پس از برداشت سالیکورنیای تازه در مدت نگهداری و شرایط دمایی متفاوت نشان داده شده است. به طور کلی با کاهش دمای نگهداری در انبار سرد، کاهش وزن روند کاهشی داشته است. تغییرات کاهش وزن بعد از ۱۴ روز برای نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۱ و ۴ درجه سلسیوس به طور معنی‌داری کمتر از نمونه نگهداری شده در دمای ۹ درجه سلسیوس بود. کاهش وزن در محصول به دلیل تأثیر بر چروکیدگی و پلاسیدگی حائز اهمیت بسیار می‌باشد زیرا تأثیر زیادی بر خواص ظاهری و در نتیجه بازاری پسندی و مصرف تازه‌خوری محصول خواهد داشت. همان‌طور که از شکل ۱ مشهود است، طی ۱۴ روز نگهداری، کاهش وزن در تمامی دماها کم‌تر از ۳ درصد (حداکثر قابل قبول کاهش وزن برای مصارف تازه‌خوری و صادرات) بود. این در حالی است که کاهش وزن در دمای ۹ درجه سلسیوس بعد از گذشت ۲۱ روز از حد مجاز گذشته و به ۳/۷ درصد

اسیدیته، در روز نخست و در مدت نگهداری در شرایط سردخانه اندازه‌گیری شدند. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری متغیرهای فوق برای روز نخست در جدول (۳) مشاهده می‌شود. پس از اندازه‌گیری ویژگی‌ها در روز صفر، گیاه سالیکورنیا بسته‌بندی شده و سه هفته در شرایط سردخانه (دمای ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد) نگهداری گردید.

Table 3 Physicochemical properties of salicornia (First day after harvesting)

Properties	Mean
Moisture content (%)	89.73
Respiration rate (mgCO ₂ /Kg.hr)	26.87
Salinity (dS/m)	56.40
pH	6.10
Titrate acidity (%)	0.052

بررسی هر یک از متغیرهای وابسته با انجام آزمون‌های مختلف در سه تکرار به‌دست آمد که روند تغییرات آن‌ها در مدت زمان نگهداری در شرایط سردخانه در ادامه بیان شده است.

گیاه سالیکورنیا، در بدو عملیات بسته‌بندی حدود ۹۰ درصد رطوبت داشت که به تدریج طی نگهداری، مقدار آن کم شد. از طرف دیگر، افت وزن گیاه سالیکورنیا نیز طی مدت نگهداری، افزایش یافت. کاهش وزن عمدتاً به دلیل افت رطوبت از طریق تعریق (و تا حد بسیار کمی به علت کاهش میزان کربن به دلیل تبدلات گازی) است [۱۷]. مکانیسم اولیه اتلاف رطوبت از گیاه تازه از طریق انتشار بخار به سبب شیب فشار بخار آب بین داخل و خارج گیاه صورت می‌گیرد. دما و رطوبت نسبی محیط نیز ویژگی‌های مهمی هستند زیرا نیروهای لازم را برای انتقال رطوبت به صورت اختلاف فشار بخار آب بین گیاه و اتمسفر ایجاد می‌کنند. تنفس میوه نیز سبب کاهش وزن می‌شود زیرا قندها را تجزیه می‌کند. تغییر ترکیب گازی با تغییر میزان تنفس بر میزان افت وزن نمونه‌ها تأثیر می‌گذارد.

۳-۳- روند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در

مدت انبارداری

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های سالیکورنیای مورد استفاده در این پژوهش، از جمله میزان رطوبت، افت وزنی، میزان تنفس، مقدار شوری، pH و

Table 4 Analysis of variance the effect of storage duration on physicochemical properties of salicornia

Sum of squares						df	Source
Titrate acidity (%)	pH	Salinity (dS/m)	Respiration rate (mg CO ₂ /kg.hr)	Moisture content (%)			
0.000015 ^{ns}	0.86 ^{***}	993.26 ^{***}	0.18 ^{***}	836.87 ^{***}	3	Storage duration	
0.000459	0.003	1.66	0.01	0.014	8	Error	
0.000609	0.86	994.92	0.19	836.89	11	Total	

^{ns} None Significant, ^{***} Significant at 0.1% (p<0.001)

Table 5 Comparison of the effect of storage duration on physicochemical properties of salicornia

Titrate acidity (%)	pH	Salinity (dS/m)	Respiration rate (mg CO ₂ /kg.hr)	Moisture content (%)	Storage duration
0.052 ^a	6.10 ^a	56.40 ^a	26.87 ^a	89.73 ^d	0
0.051 ^a	6.08 ^a	62.50 ^b	26.75 ^b	81.91 ^c	7
0.050 ^a	6.38 ^b	73.20 ^c	26.62 ^c	74.35 ^b	14
0.049 ^a	6.74 ^c	79.80 ^d	26.55 ^d	67.39 ^a	21

که با افزایش مدت زمان نگهداری مقدار رطوبت محصول کاهش یافت.

شکل (۲) نیز روند تغییرات رطوبت گیاه سالیکورنیای بسته‌بندی شده طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. همان‌طور که

۳-۳-۱- میزان رطوبت

تجزیه و تحلیل آماری نتایج (جدول ۴) نشان داد که تأثیر مدت زمان نگهداری بر میزان رطوبت گیاه سالیکورنیا معنی‌دار ($P < 0.001$) بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نیز نشان داد

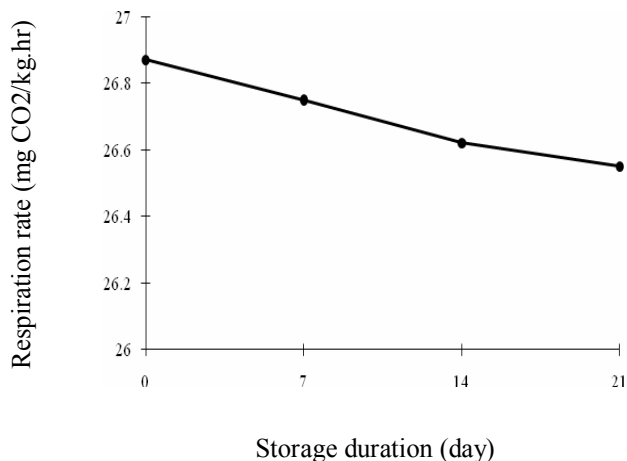


Fig 3 Respiration rate of salicornia at storage duration

به طور کلی، فرآیند تنفس سبب کاهش منابع ذخیره‌ای (مانند قند و نشاسته) محصول شده و با اتمام این منابع، محصول وارد مرحله پیری می‌شود. این فرآیند با تولید انرژی نیز همراه است که مقداری از آن به صورت حرارت و مقداری به صورت انرژی متابولیک آزاد می‌شود [۲۱]. بنابراین، سرعت تنفس تعیین‌کننده میزان مصرف مواد آلی و در نتیجه عمر نگهداری محصول است. اتمسفر مناسب، سرعت تنفس محصول را به حداقل می‌رساند بدون این‌که از نظر متابولیسمی به آن آسیب بزند. مواد غذایی مختلف نسبت به اتمسفرهای گوناگون تحمل متفاوت دارند. به طور کلی تقلیل O_2 و افزایش CO_2 برای کاهش فرآیندهایی چون نرم شدن بافت‌ها، شدت تنفس، شدت تولید اتیلن و تأثیر بر رسیدگی مفید است [۲۲]. محدوده تحمل نسبت به O_2 و CO_2 بدون این‌که آسیبی به محصول برسد به چندین عامل از جمله دما، شرایط فیزیولوژیکی و فرآیندهای مقدماتی بستگی دارد. چنانچه مقدار اکسیژن از حد تحمل اکسیژن محصولی کمتر و یا افزایش دی‌اکسیدکربن از حداکثر تحمل دی‌اکسیدکربن برای آن محصول بیشتر شود، صدمات فیزیولوژی خاصی به بافت آن وارد شده، سبب تشدید فرآیند پیری و کاهش کیفیت محصول می‌شود [۲۳].

۳-۳-۳- شوری

تجزیه و تحلیل آماری نتایج (جدول ۴) نشان داد که تأثیر مدت زمان نگهداری بر میزان شوری گیاه سالیکورنیا معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نیز نشان داد

مشاهده می‌شود، میزان تغییرات رطوبت طی دوره نگهداری سیر نزولی داشته و از مقدار ۸۹/۷۳ درصد در روز صفر، کاهش یافته است. مکانیسم اولیه اتلاف رطوبت از گیاه تازه از طریق انتشار بخار به سبب شیب فشار بخار آب بین داخل و خارج گیاه صورت می‌گیرد. دما و رطوبت نسبی محیط نیز ویژگی‌های مهمی هستند زیرا نیروهای لازم را برای انتقال رطوبت به صورت اختلاف فشار بخار آب بین گیاه و اتمسفر ایجاد می‌کنند [۱۸].

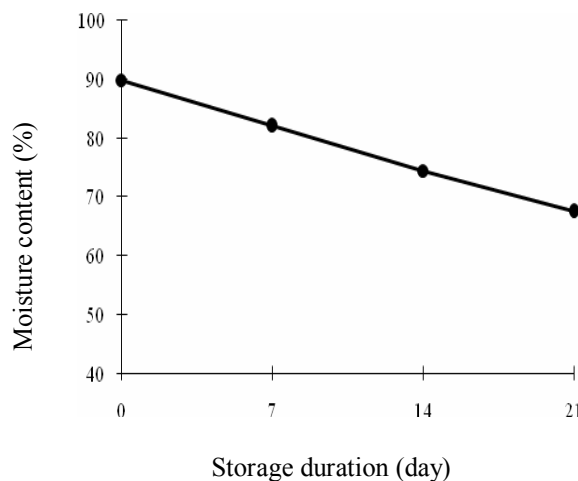


Fig 2 Moisture content of packaged salicornia at storage duration

۳-۳-۲- تنفس

میانگین میزان تنفس سه تکرار برای روز صفر، $26.7/87 \text{ mgCO}_2/\text{Kg.hr}$ به دست آمد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج (جدول ۴) نشان داد که تأثیر مدت زمان نگهداری بر میزان تنفس گیاه سالیکورنیا معنی‌دار ($P < 0.001$) بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نیز نشان داد که شدت تنفس محصول در روز نخست پس از برداشت بیشتر بوده است. سبزی‌ها و میوه‌ها بر اساس میزان نسبی تنفس آن‌ها به شش دسته خیلی کم (کمتر از ۵)، کم (۵-۱۰)، متوسط (۱۱-۲۰)، بالا (۲۱-۴۰)، خیلی بالا (۴۱-۶۰) و به شدت بالا (بیش از ۶۰) دسته‌بندی می‌شوند؛ در ۵ درجه سلسیوس، سبزیجات برگی مانند اسفناج و جعفری در دسته با مقدار تنفس خیلی بالا به ترتیب با مقدار تنفس ۴۵ و $60 \text{ mg CO}_2/\text{kg.hr}$ قرار می‌گیرند [۱۹ و ۲۰]. بنابراین، سالیکورنیا در گروه گیاهان با تنفس بالا محسوب می‌شود. هرچه تنفس محصول بیشتر باشد، ماندگاری و عمر پس از برداشت آن کمتر خواهد بود. شکل (۳)، روند تغییرات تنفس گیاه سالیکورنیا را در مدت نگهداری نشان می‌دهد.

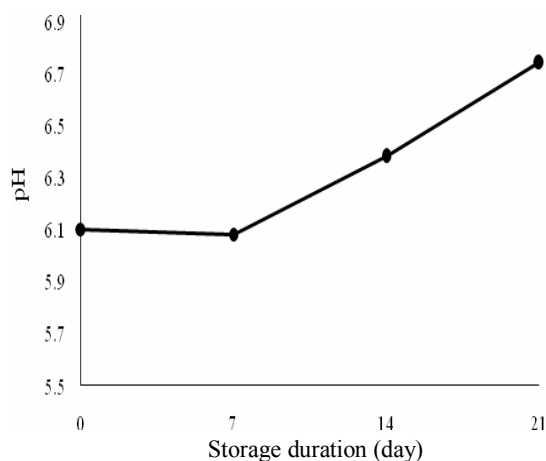


Fig 5 pH of packaged salicornia at storage duration

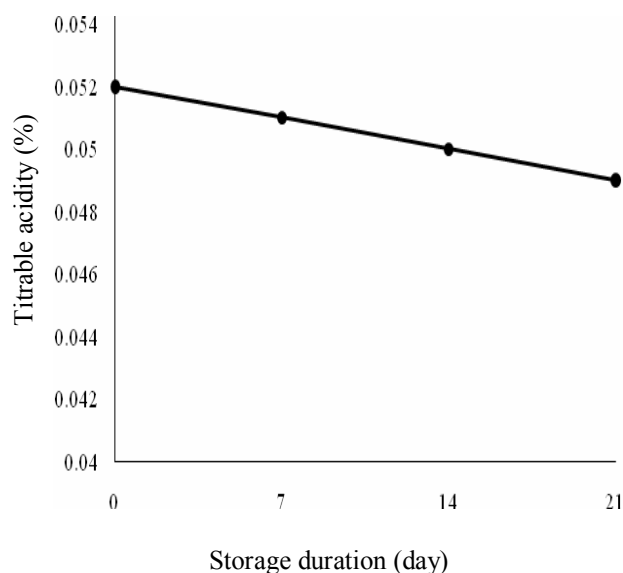


Fig 6 Titrable acidity of packaged salicornia at storage duration

۴- نتیجه گیری

نگهداری سالیکورنیا در دمای محیط (25°C) نشان داد که سالیکورنیای تازه به مدت حداکثر ۳ روز از ظاهر و بازاری پسندی مناسب برخوردار بود. ارزیابی وضعیت ظاهری سالیکورنیا و میزان افت وزنی آن در مدت نگهداری نشان داد که در دمای پایین (4°C) و رطوبت نسبی کنترل شده (۹۰ تا ۹۵ درصد)، ویژگی‌های ظاهری آن در مقایسه با دما و شرایط محیطی بهتر حفظ شده و میزان افت وزنی آن نیز کمتر بود. تأثیر مدت زمان نگهداری، دما و نیز اثر متقابل آن‌ها بر افت وزن گیاه سالیکورنیا معنی‌دار ($P < 0.001$) بود. علاوه بر این، به غیر از اسیدیته، مدت زمان نگهداری بر میزان رطوبت، شدت

که با افزایش مدت زمان نگهداری مقدار شوری محصول افزایش یافت. شکل (۴) روند تغییرات شوری گیاه سالیکورنیا را طی مدت نگهداری نشان می‌دهد. مطابق این شکل، میزان تغییرات شوری طی دوره نگهداری سیر صعودی داشته و از مقدار $56/40 \text{ dS/m}$ در روز صفر، افزایش یافته است. به نظر می‌رسد که با گذشت زمان و به تبع آن کاهش رطوبت و افت وزن سالیکورنیا، درجه شوری افزایش یافته است.

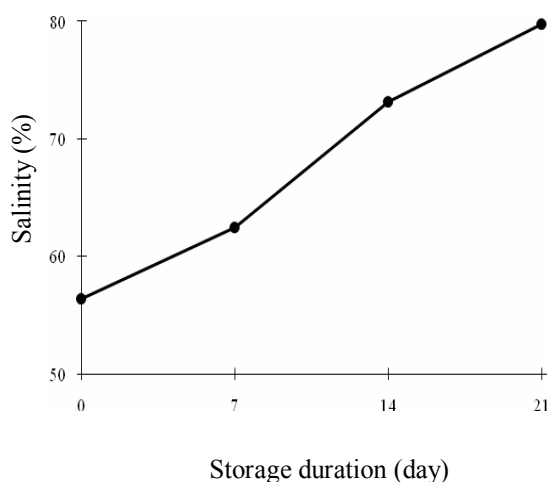


Fig 4 Salinity of packaged salicornia at storage duration

۳-۳-۴- pH

تجزیه و تحلیل آماری نتایج (جدول ۴) نشان داد که تأثیر مدت زمان نگهداری بر میزان pH گیاه سالیکورنیا معنی‌دار ($P < 0.001$) بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نیز نشان داد که طی مدت زمان نگهداری، به‌ویژه از هفته نخست به بعد مقدار pH محصول افزایش یافت. روند تغییرات pH سالیکورنیا طی مدت نگهداری در شکل (۵) نشان داده شده است. مطابق این شکل، میزان تغییرات pH طی دوره نگهداری سیر صعودی داشته است.

۳-۳-۵- اسیدیته

تجزیه و تحلیل آماری نتایج (جدول ۴) نشان داد که تأثیر مدت زمان نگهداری بر میزان اسیدیته گیاه سالیکورنیا معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). شکل (۶)، روند تغییرات اسیدیته سالیکورنیا را طی مدت نگهداری نشان می‌دهد. مطابق این شکل، میزان تغییرات درصد اسیدیته طی دوره نگهداری با شیب بسیار کمی کاهش یافته است.

- extracts on human intestinal cells. *Food Science and Biotechnology*, 20 (1): 115-122.
- [8] Tikhomirova, N. A., Ushakoya, S. A., Tikhomirov, A. A., Kalacheya, G. S., and Gros, J. B. 2008. *Salicornia europaea* L. (fam. Chenopodiaceae) plants as possible constituent of bioregenerative life support systems' phototrophic link. *Journal of Siberian Federal University, Biology*, 2: 118-125.
- [9] Kim, J., Y. J. Song, J.M. Lee., S. H. Oh., H. J. Lee., H.J. Choi., J. M. Go., and Y. h. Kim. 2010. A Study on Physicochemical property of *Salicornia Herbacea* and *Suaeda Japonica*. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 25 (2): 170-179.
- [10] Choi, D., Lim, G-S., Piao, Y.L., Choi, O.Y., Cho, K.A., Park, C. B., et al. 2014. Characterization, stability, and antioxidant activity of *Salicornia herbacea* seed oil. *Korean Journal of Chemical Engineering*. 31 (12): 2221-8.
- [11] Shin, M.-G. and G.-H. Lee. 2013. Spherical Granule Production from Micronized Saltwort (*Salicornia herbacea*) Powder as Salt Substitute. *Preventive nutrition and food science* 18 (1): 60.
- [12] Shahedi, M., and Kadivar, M. 1995. The preservation of fruit and vegetable food products. Shahrekord University Publications. Isfahan. (in Farsi)
- [13] Moradi, S., Guran, A., Sadeghi, Sh., and Sougvar, A. 2014. Investigating the effect of storage method on the reduction of post-harvest lesions of leafy vegetables. First National Agricultural and Sustainable Natural Resources Conference. Tehran., Iran. (in Farsi)
- [14] Lu, D.H., Zhang, M., Wang, S.J., Cai, J.L., ZHU, C.P., and Zhou, X. 2009. Effects of modified atmosphere packaging with different sizes of silicon gum film windows on *Salicornia bigelovii* Torr. storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 1559-1564.
- [15] Raposo, M.F.D. J., DE Moraes, R. M. S. C., and DE Moraes, A.M.M.B. 2009. Controlled atmosphere storage for preservation of *Salicornia ramosissima*. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1: 394-404.
- [16] Anon. 2001. Fruit and vegetable products-Determination of acidity-Test
- تنفس، شوری و pH گیاه اثر معنی‌داری ($P < 0.001$) داشت. با توجه به نرخ تنفس اندازه‌گیری شده در مدت نگهداری، سالیکورنیا گیاهی با تنفس بالا محسوب می‌شود. به‌منظور افزایش عمر ماندگاری و کیفیت تازه‌خوری، فرآوری و تنوع مصرف آن، پیشنهاد می‌شود که همگام با توسعه کشت و تولید این گیاه در مناطق مختلف کشور، شرایط مناسب مراقبت‌های پس از برداشت برای گونه‌های مختلف این گیاه بررسی و تعیین شود.

۵- منابع

- [1] Salehii, M., Dehghany, F., and Ebrahimi, N.Gh. 2017. Successful *Salicornia* Seed Production using Saline Water. *Journal of Water and Sustainable Development*. 4 (1): 37-46. (in Farsi)
- [2] Glenn, E.P., Brown, J. J., and O'Leary, J.W. 1998. *Irrigating Crops with Seawater*. Scientific American. USA: Scientific American, Inc.: 76-81. Retrieved 2008-11-17.
- [3] Lu, D.H., Zhang, M., Wang, S., Cai, J., Zhou, X., and Zhu, C. 2010. Nutritional characterization and changes in quality of *Salicornia bigelovii* Torr. during storage. *LWT - Food Science and Technology*, 43: 519-524.
- [4] Lu, D.H. 2009. Studies on technology, mechanism and model of *Salicornia bigelovii* Torr. MAP storage with silicon Gu. PhD thesis, Jiangnan University.
- [5] Ruana, C. J., Lia, H., Guob, Y. Q., Inb, P., Gallagherc, J. L., Seliskarc, D. M., Luttsd, Mahye, S., and Kosteletzkya, G. 2008. *Virginica*, an agroecoengineering halophytic species for alternative agricultural production in China's east coast: Ecological adaptation and benefits, seed yield, oil content, fatty acid and biodiesel properties. *Ecol Eng*, 32(4): 320-328.
- [6] Ahmadi, H., Noroozy, J., Farhoodi, M., Rahimi, M.R. and Rahmatzadeh, B. 2016. Extraction and Physicochemical Properties of *Salicornia* (*Salicornia persica* Akhani sub sp. *Rudshurensis* Akhani) Oil. *Iranian J. Food Sci. Technol.* 11 (1): 67-74. (in Farsi)
- [7] Kang, S., Kim, D., Lee, B. H., Kim, M. R., Chiang, M., and Hong, J. 2011. Antioxidant properties and cytotoxic effects of fractions from glasswort (*Salicornia herbacea*) seed

- [20] Gross, K.C., Wang, C.Y., and Saltveit, M. 2016. Agriculture Handbook Number 66: The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture (USDA).
- [21] Sharon, P. S., and Martha, C. S. 2010. Post-harvest Technology of Horticultural Crops. Mehra Offset Press. Delhi., 315P.
- [22] Kader, A.A. 2003. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Agriculture and Natural Resources, UCD Press, 535P.
- [23] Thompson, A.K. 2010. Control Atmosphere Storage of Fruit and Vegetables. 2nd. FSC Press. 289P.
- method. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. No: 373. (in Farsi)
- [17] McGuire, R.G., and Hallman, G.J. 1995. Coating guavas with cellulose- or carnauba-based emulsions interferes with postharvest ripening. *Journal of Hort Science*, 30: 294-295.
- [18] Nakhas, S., Schlimme, I. D., and Solomos, T. 1991. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science*, 56(1): 55-59.
- [19] Mangaraj, S. and Goswami, T.K. 2009. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables for extending shelf-life: a review. *Fresh Produce*, 3(1): 1-31. Global Science Books.

Determination of suitable storage conditions for fresh salicornia

Mirmajidi Hashtjin, A. ^{1*}, Famil Momen, R. ², Azam Khoshkholgh Sima, N. ³

1. Assistant Prof, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Research Engineer, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Associate Prof, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(Received: 2018/12/31 Accepted: 2019/02/08)

Salicornia with low water requirement and resistant to drought and salinity is one of the halophyte plants that grows well in saline areas with high salinity and is an important source of nutrients, vitamins and antioxidants. Due to the physiological structure of this plant, its rapid deterioration at post-harvest stages causes the destruction and degradation of its nutritional value and increases the post-harvest losses of this plant. Therefore, it is necessary to use appropriate post harvest treatments in order to increase the shelf-life and maintain the nutritional values of this plant. Since there has been no comprehensive research on the post harvest technologies of Salicornia, in order to increase the shelf-life and fresh quality of the product, so, simultaneously with the development of cultivation and production of this plant in different parts of the country, this study was carried out with the aim of investigating and introduction of the most appropriate storage conditions of this plant. Product storage at ambient temperature (25°C) showed that fresh salicornia had a good appearance and marketability only for up to 3 days. Evaluation of the appearance of salicornia and its weight loss during storage showed that at low temperature (4°C) and suitable relative humidity (90 to 95%), in comparison with temperature and environmental conditions, the apparent, physicochemical and, as a result, salicornia marketability, was better preserved and the product weight loss was lower. The effects of storage time, temperature and their interaction on Salicornia plant weight loss were significant ($P < 0.001$). Furthermore, except for acidity, storage time had a significant effect ($P < 0.001$) on moisture content, respiration rate, salinity and pH of the plant.

Key Words: Salicornia, Packaging, Cold storage, Storage conditions, Physico-chemical properties.

* Corresponding Author E-Mail Address: adelmirmajidi@yahoo.com