دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۱، شماره ۵، صفحه ۷۸۸-۷۷۶ (۱۳۹۴)

تأثیر زمان، دما و شرایط نگهداری بر برخی صفات فیتوشیمیایی و فیزیکوشیمیایی گیاه دارویی علف‌چشمه (*Nasturtium officinale* L.)

محمدرضا حسندخت[۱] و سجاد جعفری[۲*]

۱- دانشیار، گروه آموزشی مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای فیزیولوژی و اصلاح سبزی، گروه آموزشی مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیک: Sajad_jafari@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۲ تاریخ اصلاح نهایی: آذر ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۳

چکیده

در این پژوهش اثر دو دمای صفر و پنج درجه سانتی‌گراد و دو نوع بسته‌بندی دارای تهویه و بدون تهویه بر عمر انباری گیاه دارویی علف‌چشمه (*Nasturtium officinale* L.) مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات صفاتی از قبیل محتوای اسیدآسکوربیک، فلاونوئیدها، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای ترکیب‌های فنلی کل، رنگ و مواد جامد محلول در طول ۱۴ روز اندازه‌گیری شد. در طول مدت انبار کردن مقدار فلاونوئیدها کاهش معنی‌داری نشان داد و از ۴۶/۴۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک قبل از انبار کردن به ۳۶/۱۹ میلی‌گرم بعد از ۱۴ روز رسید. محتوای اسید آسکوربیک قبل از انبار کردن ۶۸/۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بود؛ به‌طوری که پس از هفت روز این مقدار به ۶۳/۵ میلی‌گرم و بعد از ۱۴ روز به ۵۵/۰۸ میلی‌گرم رسید، این تغییرات در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. عامل زمان و نوع بسته‌بندی اثر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی علف‌چشمه در طول انبار کردن داشتند. مقدار ترکیب‌های فنلی کل نیز تنها در اثر تیمار زمان افزایش یافت و از ۱۱/۵۹ میلی‌گرم به ۱۳/۵۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر رسید و نوع بسته‌بندی و دما تأثیری بر میزان فنل‌ها نداشتند. البته بسته‌بندی دارای تهویه نسبت به نوع بدون تهویه، آب بافت را بهتر حفظ کرد و نمونه‌های موجود در آن از کیفیت به‌مراتب بهتری برخوردار بودند. در نتیجه بهترین نوع بسته‌بندی، نوع دارای اندکی تهویه و بهترین دما نیز دمای صفر به دلیل تنفس کمتر و حفظ آب و کیفیت ظاهری بهتر بود.

واژه‌های کلیدی: علف‌چشمه (*Nasturtium officinale* L.)، اسید آسکوربیک، فنل کل، فلاونوئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، عمر انباری.

مقدمه

تیره چلیپائیان (Brassicaceae) یکی از ۱۰ تیره مهم و اقتصادی عالم گیاهی است که دارای طیف وسیعی از خصوصیات و ویژگی‌های زراعی می‌باشند (Rodman, 1991). علف‌چشمه با نام علمی *Nasturtium officinale* L. گیاهی چندساله از تیره چلیپائیان است که به فراوانی در فصل بهار در اروپا، آمریکا و آسیا در کنار چشمه‌ها و آب‌های جاری رشد می‌کند (Biddington & Ling, 1983) و در اروپا و آمریکا به‌صورت تجاری هم در کنار جریان آب طبیعی و هم به‌صورت هیدروپونیک در گلخانه‌ها پرورش می‌یابد (Engelen-Eigles *et al*., 2006). علف‌چشمه با داشتن ۵/۳۲ گرم گلوکوناستورتین در ۱۰۰ گرم بذر بدون چربی، غنی‌ترین منبع این ماده می‌باشد که فراورده هیدرولیز آن یعنی 2-phenethyl isothiocyanate (PEITC)، به‌عنوان

بازدارنده سرطان پذیرفته شده‌است (Engelen-Eigles *et al.*, 2006). مردم هر منطقه براساس باورهای قدیمی که در میان آنها وجود دارد آن را برای درمان درد کلیه، تقویت‌کننده بدن، ضدعفونی‌کننده دستگاه گوارش و... بکار می‌برند (Jafari & Hassandokht, 2012). این گیاه دارای ارزش غذایی بسیار بالایی بوده، به‌طوری که میزان آهن آن بیشتر از اسفناج، میزان ویتامین C آن بیشتر از پرتقال و میزان کلسیم آن بیشتر از شیر گزارش شده‌است (Palaniswamy *et al.*, 2003). ۱۰۰ گرم برگ تازه علف‌چشمه شامل ۴۳ میلی‌گرم ویتامین C، ۴۷۰۰ واحد ویتامین A و ۳۴ میلی‌گرم آلفا-توکوفرول می‌باشد (Philosoph-Hadas *et al.*, 1994).

سبزی‌های برگی دارویی به‌دلیل نسبت زیاد سطح به حجم و محتوای بالای آب، عمر پس از برداشت کمی دارند و ویژگی‌های کیفی آنها بعد از برداشت بسیار حساس به شرایط محیطی می‌باشد. هرچه عمر انباری محصولات بیشتر باشد در دسترس بودن آن را در طول سال تسهیل خواهد کرد. استفاده بهینه و به موقع از محصولات کشاورزی نیازمند توانایی نگه‌داری طولانی مدت آنها و عرضه این محصولات در خارج از فصل کشت می‌باشد که انبارهای مختلف از این نظر طراحی و مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

تعداد زیادی از بسته‌بندی‌ها وجود دارند که از انتقال رطوبت جلوگیری می‌کنند. آسترهای پلاستیکی (پلی‌اتیلن) معمولاً اجازه تبادل گازها را به مقدار کمی می‌دهند، ولی می‌توانند یک اتمسفر اشباع از بخار آب را درون خود نگه دارند و این ممکن است باعث ترک‌خوردگی سطحی در برخی محصولات گردد. پارچه‌های پلاستیکی که از انتها باز هستند یک مانع ناقص را در برابر رطوبت ایجاد می‌کنند و برای بسته‌بندی برخی از میوه‌ها موفقیت‌آمیز بوده‌اند. بسته‌بندی باید این قابلیت را داشته باشد که به‌طور مستمر بتواند گرمایی که در اثر تنفس فراورده تولید می‌شود را دفع کند (Kader, 2002). بسته‌بندی و ظاهر آن بیان‌کننده کیفیت محتوای آن است و نقش کلیدی در بازارپسندی و جلب نظر مصرف‌کنندگان دارد، در نتیجه باید از جذابیت لازم برای خریداران برخوردار باشد (Gentry *et al.*, 1965؛ Slaughter *et al.*, 1993). گزارش شده‌است که در انبار با دمای صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵٪، تازگی و کیفیت ظاهری علف‌چشمه به مدت ۱۴ تا ۲۱ حفظ می‌شود و در رطوبت نسبی ۷۰٪، عمر انباری آن به ۲ تا ۳ روز می‌رسد (Hruschka & Wang, 1979). Silveira و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر داده شده، شامل نیتروژن، آرگون، هلیوم، اکسید نیتریک و هوا را به‌طور جداگانه بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و عمر انباری گیاه علف‌چشمه مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که علف‌چشمه‌های بسته‌بندی شده با نیتروژن (۸۹/۷٪ N_2 و ۱۰/۳٪ O_2)، عمر انباری بیشتری (۲ تا ۳ روز) نسبت به سایر بسته‌بندی‌ها داشتند. آنان مشاهده کردند که علف‌چشمه‌های بسته‌بندی شده با نیتروژن و هلیوم، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری پس از انبار کردن داشتند. گونه‌های برگی از تیره چلیپائیان منابع آنتی‌اکسیدانی بسیار مناسبی برای رژیم‌های غذایی هستند که اهمیت آنها در تنوع و گوناگونی و داشتن طیف وسیعی از مواد آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Martínez-Sanchez *et al.*, 2008). تاکنون تحقیقات چندانی مبنی بر تأثیر دماهای معمول نگهداری محصولات کشاورزی (صفر تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و اثر متقابل آن با نوع بسته‌بندی، بر صفات فیزیکوشیمیایی و فیتوشیمیایی گیاه علف‌چشمه در طول انبار کردن گزارش نشده‌است و اندک مطالعات انجام شده در این زمینه، تأثیر دماهای انجماد (۷- و ۳۰- درجه سانتی‌گراد) و تیمارهای گرمایی (۸۲ و ۹۲ درجه سانتی‌گراد) بوده‌است. بنابراین در این پژوهش اثر دو نوع بسته‌بندی با کمترین هزینه شامل ظرف‌های درب‌دار دارای تهویه کم و ظرف‌های پلاستیکی بدون در که با پلاستیک سلفون پوشیده شده بودند و دو دمای مختلف و زمان انبار، بر برخی ویژگی‌های فیتوشیمیایی و فیزیکوشیمیایی کمّی و کیفی علف‌چشمه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه می‌تواند در طراحی بسته‌بندی‌های با کارایی بیشتر و هزینه کمتر مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روشها

نمونه‌های گیاهی از روستای فشند (استان البرز) و از طبیعت جمع‌آوری شد و بلافاصله به آزمایشگاه سبزی‌کاری گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران انتقال یافت. برای کاهش

آب‌ازدست‌دهی و حفظ تازگی، نمونه‌ها به‌صورت مرطوب و درون جعبه‌ای از جنس یونولیت انتقال یافت. برای انبار کردن نمونه‌ها از سردخانه‌های با دمای صفر و ۵ درجه سانتی‌گراد گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران و از دو نوع بسته‌بندی مختلف که در شکل ۲ نشان داده شده استفاده شد.

در این آزمایش تأثیر دو دمای مختلف انبار شامل دماهای صفر و ۵ درجه سانتی‌گراد و دو نوع مختلف بسته‌بندی بر عمر انباری گیاه دارویی علف‌چشمه مورد مطالعه قرار گرفت. مدت زمان انبار کردن ۱۴ روز در نظر گرفته شد و اندازه‌گیری صفات هر ۷ روز یک‌بار انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری در این پژوهش شامل محتوای ویتامین C، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای ترکیب‌های فنلی کل، مقدار کلروفیل a و b، میزان کاروتنوئید، میزان فلاونوئیدها، رنگ (شامل هیو، کروما و *L)، pH، اسید قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، ازدست‌دهی رطوبت و میزان چروکیدگی بودند.

اندازه‌گیری ویتامین C با روش ۲،۶-دی‌کلروفنل ایندوفنل انجام شد (Mostofi & Najafi, 2005).

اندازه‌گیری میزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها از طریق غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد شده توسط ماده ۲،۲- دی‌فنیل- ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) و بی‌رنگ کردن آن انجام شد.

اندازه‌گیری ترکیب‌های فنلی به روش Du و همکاران (۲۰۰۹) و با استفاده از فولین سیوکالچو انجام گردید. از اسید گالیک به‌عنوان استاندارد استفاده شد.

مقدار ترکیب‌های فلاونوییدی با استفاده از روش نورسنجی کلرید آلومینیوم تعیین شد (Chang *et al*., 2002) و نتایج به‌صورت میلی‌گرم هم‌ارز کوئرستین بر گرم وزن خشک گزارش شد. محاسبه میزان کلروفیل a و b و میزان کاروتنوئیدها به روش Goncalves و همکاران (۲۰۰۹) انجام شد.

رنگ ظاهری با استفاده از رنگ‌سنج مینولتا مدل سی.آر-۴۰۰ بررسی گردید. سطح خارجی پوست و رنگ آب میوه اندازه‌گیری شد. فاکتورهای درخشندگی (*L)، رنگ *a (قرمز- سبز) و *b (زرد- آبی) اندازه‌گیری شدند. با قرار دادن مقادیر فوق در فرمول‌های زیر شاخص درخشندگی (*C) و زاویه هیو (h) محاسبه گردیدند (Mitcham *et al*., 1998).

$$C=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$$

$$h^{\circ}=Tan^{-1}\, b^{*}/a^{*}$$

زاویه هیوی صفر بیانگر رنگ قرمز- صورتی، زاویه ۹۰° بیانگر رنگ زرد، زاویه ۱۸۰° بیانگر رنگ خاکستری- سبز و زاویه ۲۷۰° بیانگر رنگ آبی می‌باشد. شاخص اشباع یا کروما، شدت یا خلوص هیو را نشان می‌دهد. مقدار *L بیان‌کننده میزان روشنی و تیرگی است (۰= سیاه، ۱۰۰= سفید).

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از دستگاه قندسنج استفاده گردید. در اثر از دست دادن آب برگ‌های گیاه چروکیده شده و کیفیت ظاهری آن بشدت کاهش می‌یابد. در اثر از دست دادن آب چروکیدگی بوجود می‌آید و با نمونه‌برداری از علف‌چشمه‌های انبار شده، می‌توان میزان چروکیدگی را محاسبه کرد. برای این منظور از جدول ۱ استفاده می‌گردد. محاسبات آماری به‌صورت تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۱٪ انجام شد. داده‌های حاصل با کمک نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۰۲ تجزیه شدند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

در جدول ۲ صفات اندازه‌گیری شده و مقدار آنها را که مربوط به قبل از انبار کردن می‌باشد آورده شده‌است. در جدول ۳ میانگین کلی هر صفت بیان شده‌است، در این جدول میزان تغییرات هر صفت برحسب معنی‌دار بودن در سطوح ۱٪ و ۵٪ و یا معنی‌دار نبودن بیان شده‌است.

مقدار فلاونوئیدها قبل از انبار کردن ۴۶/۴۲ میلی‌گرم هم‌ارز کوئرستین بر گرم وزن خشک بود که بعد از ۷ روز انبارمانی این مقدار به ۴۱/۹۳ میلی‌گرم رسید و بعد از ۱۴ روز انبارمانی به ۳۶/۱۹ میلی‌گرم کاهش یافت (جدول ۴). این کاهش براساس عامل زمان انبارداری، در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. تنها فاکتور مؤثر بر محتوای فلاونوئیدها در این آزمایش

زمان انبارمانی بود و دو فاکتور دیگر یعنی دما و نوع بسته‌بندی تأثیر معنی‌داری نداشتند. اثر متقابل هیچ‌یک از تیمارها اثر معنی‌داری بر مقدار فلاونوئیدهای علف‌چشمه نداشت. در این پژوهش مقدار فلاونوئیدها در کل کاهش معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان داد.

مقدار اسید آسکوربیک در طول انبار کردن با کاهش معنی‌داری در سطح ۱٪ همراه بود. مقدار اسید آسکوربیک قبل از انبار کردن ۶۸/۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بود. اثر متقابل زمان در نوع بسته‌بندی، در سطح ۱٪ بر میزان اسید آسکوربیک علف‌چشمه‌های مورد مطالعه معنی‌دار بود. اثرات متقابل دما در نوع بسته‌بندی، دما در زمان و نیز اثرات ساده دما و نوع بسته‌بندی بر مقدار اسید آسکوربیک معنی‌دار بودند. نتایج نشان داد که انبارمانی در شرایط عادی مقدار ویتامین C را در علف‌چشمه کاهش می‌دهد. تیمار اثر متقابل سه عامل بکار برده شده یعنی زمان در دما در نوع بسته‌بندی، اثر معنی‌داری بر میزان اسید آسکوربیک نداشت (جدول ۳).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی علف‌چشمه تازه قبل از انبار ۷۰ میکروگرم بر میلی‌گرم بافت تازه بود که مشابه نتایج Yazdanparast و همکاران (۲۰۰۸) بود. ظرفیت ضداکسیدانی بافت علف‌چشمه در طول انبار (زمان) و تحت تأثیر نوع بسته‌بندی، افزایش معنی‌داری را در سطح ۱٪ نشان داد (جدول ۸). فاکتور دما به تنهایی اثر معنی‌داری بر میزان آنتی‌اکسیدان‌های علف‌چشمه نداشت. تیمار اثر متقابل دوگانه تیمارها، سبب تغییرات معنی‌داری بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بافت خوراکی علف‌چشمه شد (جدول ۳). اثر متقابل سه تیمار مورد استفاده (زمان، دما و نوع بسته‌بندی) در سطح ۱٪ بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی علف‌چشمه، معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با میزان ۵۱/۴۱ میکروگرم بر میلی‌گرم بود (هر چه عدد آنتی‌اکسیدان کوچکتر باشد نشان از توان بالای خاصیت آنتی‌اکسیدان عصاره دارد، چون داده‌ها برحسب IC_{50} می‌باشند). در تیمار اثر متقابل ۱۴ روز انبارمانی در دمای صفر درجه در بسته‌بندی سلفونی بدست آمد. کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۷۰/۰۱ میکروگرم بر میلی‌گرم) در تیمار ۷ روز انبارمانی در دمای صفر درجه سانتی‌گراد در بسته‌بندی تهویه‌دار بدست آمد (جدول ۱۰).

مقدار ترکیب‌های فنل کل بافت علف‌چشمه قبل از انبار ۱۱/۵۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود (جدول ۲) که این مقدار در طول انبارمانی تحت تأثیر دما و نوع بسته‌بندی، افزایش معنی‌داری نشان داد. محتوای ترکیب‌های فنلی علف‌چشمه تحت تأثیر تیمارهای نوع بسته‌بندی و دما تغییر معنی‌داری را در سطح ۱٪ نشان داد. اثرات متقابل زمان در نوع بسته‌بندی و دما در نوع بسته‌بندی، به‌ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار شدند. تیمارهای اثر متقابل زمان در دما و اثر متقابل ۳ تیمار، سبب تغییرات معنی‌داری بر میزان فنل کل بافت علف‌چشمه شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان فنل کل (۱۳/۹۵ میلی‌گرم در ۱۰ گرم) در تیمار ۱۴ روز انبارمانی در بسته‌بندی سلفونی (جدول ۸) و کمترین میزان آن (۱۱/۵۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) در تیمار دمای صفر درجه در بسته‌بندی تهویه‌دار مشاهده شد (جدول ۹).

قبل از انبار مقدار کلروفیل a و b به‌ترتیب ۱۱۳/۶۹ و ۱۶/۱۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری شد و مقدار کاروتنوئیدها قبل از انبار ۱۵۳/۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود (جدول ۲). مقدار کلروفیل a و b در طول این آزمایش تغییرات معنی‌داری در سطح ۱٪ نشان دادند، این تغییرات در جهت کاهش بود و در نتیجه این امر مقدار کاروتنوئیدها نیز کاهش معنی‌داری در سطح ۱٪ داشت. کاربرد هر سه تیمار، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ بر میزان کلروفیل‌ها و مقدار کارتنوئیدها نشان داد. اثر متقابل زمان در دما، و زمان در بسته‌بندی بر مقدار کلروفیل a، و اثر متقابل زمان در دما، زمان در بسته‌بندی، و دما در بسته‌بندی نیز بر مقدار کلروفیل b معنی‌دار بود (جدول ۳). دمای صفر درجه سانتی‌گراد (۱۴۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) سبب ماندگاری بیشتر کاروتنوئیدها نسبت به دمای ۵ درجه سانتی‌گراد (۱۱۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) شد (جدول ۵). در بین اثرات متقابل دوگانه تیمارها، تنها اثر متقابل زمان انبارکردن در نوع بسته‌بندی معنی‌دار شد. اثر متقابل همزمان ۳ تیمار، بر میزان کلروفیل‌ها معنی‌دار نشد.

پس از ثبت مقدارهای a^*، b^* و L^* توسط دستگاه رنگ‌سنج، مقدار شاخص‌های هیو و کروما طبق فرمول‌های مربوطه محاسبه شد. تغییرات معنی‌داری در مقدار هیو در طول انبار کردن مشاهده گردید. اثر ساده زمان بر زاویه هیو و L^* معنی‌دار بود ولی تغییر معنی‌داری در کروما ایجاد نکرد. تیمار دما به تنهایی تنها بر زاویه هیو اثر معنی‌داری داشت و شاخص کروما و L^* در اثر تغییر دما، دچار تغییر معنی‌داری نشدند. نوع بسته‌بندی بر زاویه هیو و کروما اثر معنی‌داری داشت. مقدار زاویه هیو قبل از انبار ۰/۱۹- بود که تحت تأثیر اثر متقابل ۳ تیمار این مقدار تغییر معنی‌داری را در سطح ۱٪ نشان داد. همچنین اثر متقابل همزمان ۳ تیمار زمان، دما و نوع بسته‌بندی، اثر معنی‌داری را در سطح ۵٪ بر شاخص L^* و کروما داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل ۳ تیمار بر زاویه هیو، کروما و L^* در جدول ۱۰ آورده شده‌است. L^* میزان روشنایی را نشان می‌دهد (۰= سیاه، ۱۰۰= سفید)، البته با بیشتر شدن مقدار L^* درخشندگی رنگ بیشتر می‌شود. L^* در طول این آزمایش و در تمام تیمارها تغییر معنی‌داری نداشت. شاخص کروما میزان شدت رنگ را نشان می‌دهد.

pH علف‌چشمه‌های انبار شده تحت تأثیر گذشت زمان دچار تغییرات معنی‌داری شد. شکل ۱ تغییرات مقدار pH را نشان می‌دهد. با گذشت زمان مقدار pH کاهش یافته است و بافت‌های انبار شده اسیدی‌تر شده‌اند. تیمار دما در سطح ۱٪ و تیمار اثر متقابل دما در نوع بسته‌بندی در سطح ۵٪ اثر معنی‌داری بر pH نشان دادند. سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر میزان pH نداشتند (جدول ۳). البته بین دو نوع بسته‌بندی از نظر مقدار pH و اسید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

مقدار مواد جامد محلول قبل از انبار ۱/۲٪ بود (بریکس) که با استفاده از دستگاه قندسنج اندازه‌گیری شد. مقدار مواد جامد محلول تحت تأثیر اثر ساده زمان، دچار تغییرات معنی‌داری در سطح ۱٪ شد (جدول ۴). بین دو دمای انبارداری نیز از نظر تغییرات مقدار قندها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده گردید. از نظر نوع بسته‌بندی تفاوت معنی‌داری در مقدار مواد جامد محلول مشاهده نشد. اثر متقابل دوگانه زمان در نوع بسته‌بندی، و زمان در دما بر میزان TSS معنی‌دار شد ولی تیمار اثر متقابل دما در نوع بسته‌بندی معنی‌دار نشد. بیشترین مقدار TSS (۴/۹۶) در طول این آزمایش در تیمار متقابل سطح دوم زمان (۱۴ روز) در سطح دوم دما (۵ درجه سانتی‌گراد) بدست آمد (جدول ۷). همچنین اثر همزمان هر سه تیمار بر مقدار مواد جامد محلول، معنی‌دار نشد.

تنها اثرات ساده زمان و نوع بسته‌بندی سبب تغییرات معنی‌داری بر میزان چروکیدگی (طراوت) در علف‌چشمه‌ها شدند. البته سایر تیمارها و اثرات متقابل تمام تیمارها معنی‌دار نشد (جدول ۳). با گذشت زمان مقدار چروکیدگی افزایش یافت و بعد از ۱۴ روز انبار کردن به ۲/۰۸ رسید (جدول ۴). علف‌چشمه‌های بسته‌بندی شده با ظرف درب‌دار از طراوت و تازگی و کیفیت ظاهری به‌مراتب بهتری نسبت به بسته‌بندی نوع سلفونی برخوردار بودند (شکل ۲)، به‌طوری که میزان چروکیدگی برای نوع سلفونی در پایان آزمایش، ۲/۵ (حدود ۸۰٪) بود و برای ظروف درب‌دار ۰/۷۵ (حدود ۲۵٪) برآورد شد (شکل ۳).

مشاهده شد که اگر مقدار کمی رطوبت در داخل بسته‌ها قرار گیرد، به‌طوری که بافت‌ها مرطوب باشند عمر انباری علف‌چشمه افزایش می‌یابد و طراوت و کیفیت ظاهری خود را به مدت بیشتری حفظ می‌کند و این می‌تواند به این دلیل باشد که علف‌چشمه قادر به جذب آب از ریشه‌های بسیار کوچک (ریشه‌های نابجا) می‌باشد که در سطح ساقه‌های آن وجود دارد.

جدول ۱- رتبه‌بندی میزان چروکیدگی

ویژگی‌ها	رتبه چروکیدگی	گروه
هیچ نوع چروکیدگی وجود ندارد	۰	۱
چروکیدگی خفیف وجود دارد	۱	۲
چروکیدگی متوسط وجود دارد	۲	۳
چروکیدگی شدید وجود دارد	۳	۴

جدول ۲- میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌چشمه‌های مورد مطالعه قبل از انبار

	فلاونوئید (mg/g)	کلروفیل a (mg/100g)	کلروفیل b (mg/100g)	کاروتنوئید (mg/100g)	هیو	کروما	L*	pH	TSS (٪)	اسید (٪)	چروکیدگی	اسیدآسکوربیک (mg/100g)	آنتی‌اکسیدان (µg/mg)	فنل کل (mg/100g)
قبل از انبار	۴۶/۴۲	۱۱۳/۶۹	۱۶/۱۵	۱۵۳/۷	-۰/۱۹	۱۹/۶۱	۴۲/۰۴	۵/۳۱	۱/۲	۰/۰۴	۰	۶۸/۱	۷۰	۱۱/۵۹

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده علف‌چشمه در طول مدت انبارمانی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات												
		فلاونوئید	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	هیو	کروما	L*	pH	TSS	اسید	چروکیدگی	اسید آسکوربیک	آنتی‌اکسیدان	فنل کل
زمان	۱	۱۸۹/۹۵**	۱۴/۵۸ *	۰/۱۳۵ ns	۱۷/۲۸ *	۰/۴۲ **	۳/۳ ns	۲۸/۴۷ *	۰/۴۶۲ **	۳/۱۵ **	۰/۰۱ **	۵/۰۴ *	۱۲۲/۴ **	۳۲۷/۹۶ **	۶/۳۲ **
دما	۱	۰/۰۶ ns	۲/۳۸ ns	۲/۶۴ **	۱۰/۴۹ *	۰/۰۸ **	۲/۸۹ ns	۴/۲ ns	۰/۲۳۸ **	۳/۰۱ **	۰/۳۶ *	۰/۳۷ ns	۵/۳۳ *	۱/۶ ns	۴/۴ **
بسته‌بندی	۱	۹/۱ ns	۳/۳۳ ns	۲/۶۵ **	۷/۴۴ *	۰/۰۳ **	۲۳/۰۸ **	۰/۶۲ ns	۰/۰۶۱ ns	۰/۳۰ ns	۰/۰۰۵ ns	۱۸/۳۷ **	۱۶۸/۹ **	۲۹۳/۸ **	۱۱/۳ **
زمان×دما	۱	۸/۹۳ ns	۶/۴۷ *	۱/۵۲ *	۵/۱۶ ns	۰/۱۰۱ **	۳۱/۲۳ **	۲۴ *	۰/۰۱ ns	۰/۴ *	۰/۰۰۱ ns	۰/۳۷ ns	۶/۰۲ *	۲۰/۹۴ **	ns ۰/۰۰۰۲
زمان×بسته‌بندی	۱	۴/۸۹ ns	۳۲/۹۷ **	۱/۲۶ *	۴۰/۴۳ **	۰/۰۷۵ **	۰/۵۵ ns	۰/۴۵ ns	۰/۰۸۵ ns	۰/۵۱ *	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۴ ns	۴۰/۰۹ **	۸۱/۱ **	۳/۴۵ **
دما×بسته‌بندی	۱	۰/۰۱ ns	۰/۰۱۸ ns	۱/۳۱ *	۱/۹۱ ns	۰/۳۷ **	۷/۹۵ *	۱/۰۹ ns	۰/۲۸۸ *	۰/۲۶ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۳۷۵ ns	۳/۷۲۹ ns	۴۳/۷ **	۱/۶۴ *
زمان×دما×بسته‌بندی	۱	۰/۴۳۷ ns	۲/۶۲ ns	۰/۲۲ ns	۳/۳۹ ns	۰/۲۹ **	۱۶/۳۶ *	۳۴/۵۱ *	۰/۰۴۸ ns	۰/۲۶ ns	۰/۰۰۲ ns	/۳۷۵ ns	۰/۹۶ ns	۱۷/۷ **	۰/۵ ns
خطای آزمایشی	۱۶	۳/۵۷	۰/۷۳	۰/۱۴	۱/۳۷۸	۰/۰۰۰۱	۱/۱۶۷	۱/۶۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۰۲	۰/۴۱	۰/۸۹۵	۰/۹۸	۰/۲۴
ضریب تغییرات		۴/۷	۳/۸۳	۳/۱	۷/۲۹	۱۰/۰۱	۹/۴	۵/۷	۳	۵/۸	۴/۶۵	۶/۹	۷/۴۶	۹/۳	۸

ns، * و **: به‌ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر زمان (براساس آزمون دانکن در سطح ۱٪)

زمان	فلاونوئید (mg/g)	pH	اسید (٪)	چروکیدگی (نمره‌دهی)
قبل از انبار	۴۶/۴۲ a	۵/۳۱ a	۰/۰۴ a	۰
هفت روز	۴۱/۹۳ b	۵/۰۷ a	۰/۴۷ b	۱/۱۶ b
چهارده روز	۳۶/۱۹ c	۴/۶۶ b	۱ a	۲/۰۸ a

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر دما (براساس آزمون دانکن در سطح ۱٪)

دما (°C)	کاروتنوئید (mg/100g)	اسید (٪)	اسید آسکوربیک (mg/100g)
صفر	۱۴۰ a	۰/۶ b	۶۲/۳۶ a
پنج	۱۱۳ b	۰/۷۸ a	۶۳/۲۴ a

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده بافت برگی علف‌چشمه تحت تأثیر دو نوع بسته‌بندی (براساس آزمون دانکن در سطح ۱٪)

نوع بسته‌بندی	TSS (%)	چروکیدگی (نمره‌دهی)
تهویه‌دار	۴/۲۳ a	۰/۷۵ b
سلفون	۴ a	۲/۵ a

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

جدول ۷- اثر متقابل زمان و دما بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌چشمه‌های مورد مطالعه

زمان × دما	صفات						
	آنتی‌اکسیدان (µg/mg)	کلروفیل a (mg/100g)	کلروفیل b (mg/100g)	TSS (%)	هیو	کروما	L*
$a_1 \times b_1$	۶۸/۲۱ a	۱۰/۳۱ b	۲/۵۷ bc	۳/۵۳۳ c	-۰/۲۱۱ c	۲۰/۶۲ c	۴۱/۶۵ b
$a_1 \times b_2$	۶۵/۸۳ b	۱۱/۹۸ a	۲/۷۳ b	۳/۹۸۳ b	-۰/۱۹۶ c	۲۲/۲۰ b	۴۲/۸۲ b
$a_2 \times b_1$	۵۸/۹۵ d	۹/۷۵۸ b	۲/۲۳ c	۴ b	۰/۱۸۸ a	۲۳/۶۴ a	۴۵/۸۳ a
$a_2 \times b_2$	۶۰/۳۱ c	۹/۳۷۷ b	۳/۳۹ a	۴/۹۶۷ a	-۰/۰۶۱ b	۲۰/۶۶ c	۴۳ b

a_1= ۷ روز، a_2= ۱۴ روز، b_1= صفر درجه سانتی‌گراد، b_2= ۵ درجه سانتی‌گراد

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

جدول ۸- اثر متقابل زمان و نوع بسته‌بندی بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌چشمه‌های مورد مطالعه

زمان × نوع بسته‌بندی	صفات							
	آنتی‌اکسیدان (µg/mg)	اسید آسکوربیک (mg/100g)	فنل کل (mg/100g)	کلروفیل a (mg/100g)	کلروفیل b (mg/100g)	کاروتنوئید (mg/100g)	هیو	TSS (%)
$a_1 \times c_1$	۶۸/۶۸ a	۲۸/۷۴ b	۱۱/۵۵ b	۹/۵۹۵ bc	۲/۰۹۵ c	۱۲/۵۱ b	-۰/۱۸۳ c	۴/۰۱۷ b
$a_1 \times c_2$	۶۵/۳۶ b	۳۱/۳۸ b	۱۲/۱۷ b	۱۲/۶۹ a	۳/۲۱۸ a	۱۶/۲۲ a	-۰/۲۲۵ d	۳/۵ c
$a_2 \times c_1$	۶۴/۹۷ b	۳۰/۶۷ b	۱۱/۸۲ b	۱۰/۳۸ b	۲/۷۰۳ b	۱۳/۴۱ b	-۰/۰۲۸ b	۴/۴۵ a
$a_2 \times c_2$	۵۴/۲۹ c	۳۸/۴۸ a	۱۳/۹۵ a	۸/۷۸۲ c	۲/۹۱۰ ab	۱۱/۹۲ b	۰/۱۵۵ a	۴/۵۱۷ a

a_1= ۷ روز، a_2= ۱۴ روز، c_1= تهویه‌دار، c_2= سلفونی

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

جدول ۹- اثر متقابل دما و نوع بسته‌بندی بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌چشمه‌های مورد مطالعه

دما×نوع بسته‌بندی	صفات					
	آنتی‌اکسیدان (µg/mg)	فنل کل (mg/100g)	کلروفیل b (mg/100g)	pH	هیو	کروما
$b_1 \times c_1$	۶۸/۴۳ a	۱۱/۵۲ c	۲/۳۰۲ b	۵/۱۶۵ a	-۰/۱۷۳ c	۲۲/۵۳ a
$b_1 \times c_2$	۵۸/۷۴ d	۱۲/۳۷ b	۲/۴۹۸ b	۵/۰۴۷ a	۰/۱۵۰ a	۲۱/۷۲ a
$b_2 \times c_1$	۶۵/۲۲ b	۱۱/۸۵ bc	۲/۴۹۷ b	۴/۷۴۷ b	-۰/۰۳۸ b	۲۲/۹۹ a
$b_2 \times c_2$	۶۰/۹۲ c	۱۳/۷۵ a	۳/۶۳ a	۵/۰۶۷ a	-۰/۲۲۰ d	۱۹/۸۸ b

b_1= صفر درجه سانتی‌گراد، b_2= ۵ درجه سانتی‌گراد، c_1= تهویه‌دار، c_2= سلفونی

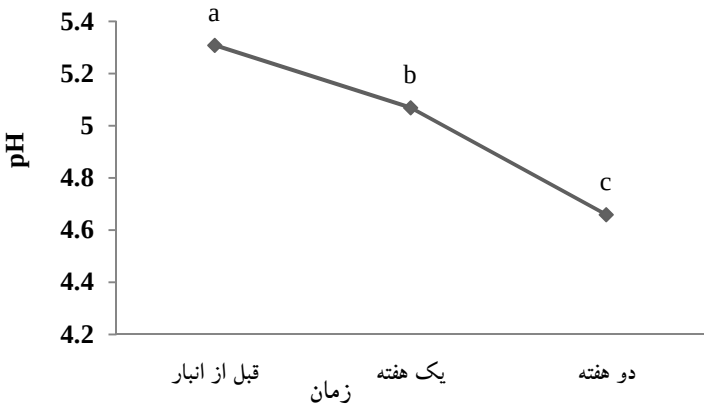
میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

جدول ۱۰- اثر متقابل زمان، دما و نوع بسته‌بندی بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌چشمه‌های مورد مطالعه

زمان×دما×نوع بسته‌بندی	صفات			
	آنتی‌اکسیدان (µg/mg)	هیو	L*	کروما
$a_1 \times b_1 \times c_1$	۷۰/۳۷ a	-۰/۲۰۶۷ de	۴۲/۹۴ bc	۲۲/۰۰ b
$a_1 \times b_1 \times c_2$	۶۶/۰۶ bc	-۰/۲۱۶۷ de	۴۰/۳۷ d	۱۹/۲۳ c
$a_1 \times b_2 \times c_1$	۶۷/۰۰ b	-۰/۱۶۰۰ cd	۴۲/۱۳ bcd	۲۳/۰۹ ab
$a_1 \times b_2 \times c_2$	۶۴/۶۶ cd	-۰/۲۳۳ e	۴۳/۵۱ bc	۲۱/۳۲ b
$a_2 \times b_1 \times c_1$	۶۶/۵۰ b	-۰/۱۴۰۰ c	۴۴/۴۵ b	۲۳/۰۷ ab
$a_2 \times b_1 \times c_2$	۵۱/۴۱ f	۰/۵۱۶۷ a	۴۷/۲۲ a	۲۴/۲۱ a
$a_2 \times b_2 \times c_1$	۶۳/۴۳ d	۰/۰۸۳۳ b	۴۴/۴۳ b	۲۲/۸۹ ab
$a_2 \times b_2 \times c_2$	۵۷/۱۸ e	-۰/۲۰۶۷ de	۴۱/۵۶ cd	۱۸/۴۳ c

a_1= ۷ روز، a_2= ۱۴ روز، b_1= صفر درجه سانتی‌گراد، b_2= ۵ درجه سانتی‌گراد، c_1= تهویه‌دار، c_2= سلفونی

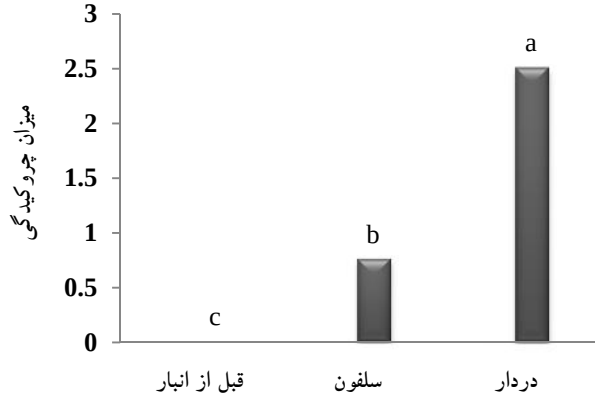
میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند.



شکل ۱- اثر زمان (اثر ساده) بر مقدار pH بافت برگی علف‌چشمه‌های مورد مطالعه در طول ۱۴ روز انبار

شکل ۲- تفاوت در کیفیت ظاهری بافت علف‌چشمه بعد از ۱۴ روز انبار

بسته‌بندی با سلفون (راست)، بسته‌بندی با ظروف دردار دارای تهویه (چپ). دمای انبار هر دو نمونه یکسان بوده است.



شکل ۳- اثر نوع بسته‌بندی بر میزان چروکیدگی بافت برگی گیاه علف‌چشمه در پایان مدت انبار

بحث

سبزی‌های دارویی امروزه بخش مهمی از صنعت غذایی و دارویی را به خود اختصاص داده‌اند و به‌دلیل ارزش همزمان غذایی و دارویی و نیاز بدن به ترکیب‌های آنها به سرعت در حال گسترش هستند. عمر انباری این محصولات بشدت در اثر میزان تنفس و تعرق بالای آنها و همچنین فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی می‌تواند کاهش یابد (Piagentini & Guemes, 2002).

فلاونوئیدها ازجمله ترکیب‌های آنتی‌اکسیدان موجود در گیاه هستند که سبب فعالیت آنتی‌اکسیدانی و جاروکنندگی رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Gill *et al*., 1999). شمار زیادی از فلاونوئیدهای گلیکوزیدی در عصاره متانولی برگ‌های علف‌چشمه مشاهده شده‌است (Martínez-Sanchez *et al*., 2008). در مطالعه Gill و همکاران (۱۹۹۹) بر روی اسفناج نیز مقدار فلاونوئیدها در طول انبارمانی کاهش یافت. نسبت به قبل از انبار کاهش معنی‌داری در مقدار فلاونوئیدها مشاهده شد، این کاهش مربوط به زمان انبارداری می‌باشد که معمولاً مقدار فلاونوئیدها در طول انبارمانی با کاهش مواجه می‌شوند. با وجود این، رفتار و تغییرات فلاونوئیدها در طول انبارمانی خیلی مشخص نیست و مقدار آنها در طول انبار کردن می‌تواند کاهش یا افزایش یابد و یا تغییری نکند. همچنین این تغییرات در مورد انواع مختلف فلاونوئیدها می‌تواند متفاوت باشد (Hakkinen *et al*., 2000؛ Aherne & O'Brien, 2002).

مقدار ویتامین C محاسبه شده در نمونه‌های علف‌چشمه مورد مطالعه مشابه نتایج بدست آمده از تحقیقات انجام شده توسط محققان دیگر بود (Bahçeci *et al*., 2005؛ Goncalves *et al*., 2009) و این صحت نتایج بدست‌آمده در این آزمایش را تأیید می‌کند. این میزان (۶۸/۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بافت تازه) نسبت به محصولات دیگر از قبیل نخودفرنگی (۳۶-۳۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، لوبیا سبز (۱۰-۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، هویج (۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، اسفناج (۳۱-۲۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و گوجه‌فرنگی (۱۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) (Lee & Kader, 2000؛ Giannakourou & Taoukis, 2003) بالاتر بود. این نتایج نشان می‌دهند که علف‌چشمه یک منبع غنی از ویتامین C می‌باشد و به‌عنوان یک سبزی دارویی مهم در رژیم غذایی انسان می‌تواند جای بگیرد (Goncalves *et al*., 2009). مطالعات دیگری که توسط Ajayi و همکاران (۱۹۸۰) بر روی شش گیاه دارویی انجام شد، کاهش ۸۱-۵۲٪ اسید آسکوربیک را در طول انبارداری نشان داد.

افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در طول انبار می‌تواند در اثر تشکیل ترکیب‌های جدید دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی از قبیل فراورده‌های واکنش میلارد که البته در انبارهای کمی طولانی‌مدت اتفاق می‌افتد، باشد (Hakkinen *et al*., 2000). افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در مواد غذایی در طول انبار را در اثر تشکیل ترکیب‌های قهوه‌ای رنگ با وزن مولکولی بالا می‌دانند که بعد از مراحل واکنش میلارد پدیدار می‌شوند. این مواد قهوه‌ای رنگ فنل‌ها هستند. فنل‌ها از متابولیت‌های ثانویه موجود در سراسر گیاه محسوب می‌شوند و خاصیت جاروکنندگی رادیکال‌های آزاد را دارند. بیش از ۸۰۰۰ نوع فنل شناخته شده که برخی وزن مولکولی پایین و برخی وزن مولکولی بالایی دارند (Koca *et al*., 2006). فنل‌های حاصل از واکنش میلارد، فنل‌های با وزن مولکولی بالا هستند. فنل‌ها در طول رسیدن و انبار گیاهان افزایش می‌یابند و باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شوند. عوامل ژنتیکی و شرایط رشد نقش مهمی در تشکیل متابولیت‌های ثانویه شامل اسیدهای فنلی دارند (Howard *et al*., 2003؛ Islam *et al*., 2003).

مقادیر بدست آمده در این تحقیق برای محتوای کلروفیل a و b مشابه نتایج بدست آمده از مطالعات Goncalves و همکاران (۲۰۰۹) بود. مطالعات قبلی ارتباط بین مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها و مقدار پارامترهای رنگ شامل a^*، b^*، L^* هیو و کروما را در محصولات انبار شده بیان می‌کنند (Koca *et al*., 2006). افزایش مقدار هیو نشان داد که علف‌چشمه‌ها روشن‌تر شده‌اند و رنگ سبز خود را هر

چند به مقدار کم از دست داده‌اند و این امر تخریب کلروفیل‌ها را در طول انبارکردن تأیید می‌کند. اگرچه علف‌چشمه‌های بسته‌بندی شده با ظروف سلفونی زردی بیشتری را نشان دادند و در واقع b^* بالاتری داشتند و از رنگ سبز کمتری برخوردار بودند ولی مقدار کلروفیل بیشتری همان‌طور که در بالا ذکر شد داشتند و این تناقض بین رنگ و مقدار کلروفیل مشاهده شد. در مواقعی که تفاوت بین پارامترهای رنگ و میزان کلروفیل مشاهده می‌شود داده‌های حاصل از اندازه‌گیری رنگ قابل اطمینان‌تر هستند و دقت روش رنگ‌سنجی با دستگاه مینولتا بیشتر از روش اندازه‌گیری کلروفیل‌ها می‌باشد (Venning *et al.*, 1989؛ Martins & Silva, 2002؛ Goncalves *et al.*, 2009). افزایش هیو نشان‌دهنده افزایش مقدار رنگ قرمز و نارنجی می‌باشد که می‌تواند در اثر تخریب و از بین رفتن نسبی کلروفیل‌ها و پدیدار شدن دیگر کاروتنوئیدها باشد.

افزایش اسید ممکن است در اثر سنتز اسیدهای آلی غالب یعنی اسید سیتریک و اسید مالیک باشد. دلیل دیگر برای افزایش مقدار اسید بافت‌ها، تجمع اسیدها در اثر مصرف نشدن در فرایند تنفس می‌تواند باشد.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که در طول انبار کردن، مقدار مواد جامد محلول افزایش یافت که می‌تواند در اثر تبدیل مواد نشاسته‌ای و سایر کربوهیدرات‌های نامحلول به کربوهیدارت‌های محلول باشد. در بسته‌بندی با ظرف‌های پلاستیکی درب‌دار، تهویه هوا بسیار کم است و ترکیب گازهای موجود در بسته همواره شبیه هوای آزاد بود و از تجمع اتیلن در اثر تنفس بافت و کاهش غلظت اکسیژن جلوگیری بعمل می‌آید. در حالی‌که در بسته‌بندی پوشیده شده با سلفون، به‌دلیل عدم تهویه و در اثر تنفس بافت‌ها، غلظت گازهایی مثل اتیلن افزایش پیدا می‌کند و بافت‌ها چروکیدگی بیشتری نشان می‌دهند. دمای صفر درجه سانتی‌گراد و بسته‌بندی نوع اول (ظروف درب‌دار دارای تهویه اندک) از نظر بسیاری از تیمارها ازجمله میزان چروکیدگی، کیفیت ظاهری، مقدار کلروفیل و کارتنوئیدها نسبت به تیمارهای دیگر بهتر بودند و باعث ماندگاری بهتر علف‌چشمه در انبار شدند.

منابع مورد استفاده

- Aherne, S.A. and O'Brien, N.M., 2002. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. Nutrition, 18: 75-81.
- Ajayi, S.O., Oderinde, S.F. and Osibanjo, O., 1980. Vitamin C losses in cooked fresh leafy vegetables. Food Chemistry, 5(3): 243-247.
- Bahçeci, K.S., Serpen, A., Gökmen, V. and Acar, J., 2005. Study of lipoxygenase and peroxidase as indicator enzymes in green beans: change of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. Journal of Food Engineering, 66(2): 187-192.
- Biddington, N.L. and Ling, B., 1983. The germination of watercress (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) seeds, the effects of age, storage, temperature, light and hormones on germination. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 58(3): 417-426.
- Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. and Chern, J.C., 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis, 10: 178-182.
- Du, G., Li, M., Ma, F. and Liang, D., 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in actinidia fruits. Food Chemistry, 113(2): 557-562.
- Engelen-Eigles, G., Holden, G., Cohen, J.D. and Gardner, G., 2006. The Effect of temperature, photoperiod, and light quality on gluconasturtiin concentration in watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.). Journal of Agriculture and Food Chemistry, 54(2): 328-333.
- Giannakourou, M.C. and Taoukis, P.S., 2003. Kinetics modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. Food Chemistry, 83(1): 33-41.
- Gentry, J.P., Mitchell, F.G. and Sommer, N.F., 1965. Engineering and quality aspects of deciduous fruit packed by volume filling and hand placing methods. Transactions of the ASAE, 8(4): 584-589.
- Gill, M.I., Ferreres, F. and Francisco, A., 1999. Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 47(6): 2213-2217.

Comparison of devices for measuring cherry fruit firmness. HortScience, 33: 723-727.
- Martínez-Sanchez, A.M., Izquierdo, A.G., Gill, M.I. and Ferreres, F., 2008. A comparative study of flavonoid compounds, vitamin C, and antioxidant properties of baby leaf Brassicaceae species. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56(7): 2330-2340.
- Mostofi, Y. and Najafi, F., 2005. Methods of Laboratory Analysis in Horticultural Science. University of Tehran Press, 283p.
- Palaniswamy, U.R., Mcavoy, R.J., Bible, B.B. and Stuart, J.D., 2003. Ontogenic variations of ascorbic acid and phenethyl isothiocyanate concentrations in watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) leaves. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 51(18): 5504-5509.
- Philosoph-Hadas, S., Meir, S., Akiri, B. and Kanner, J., 1994. Oxidative defense systems in leaves of three edible herb species in relation to their senescence rates. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 42(11): 2376-2381.
- Piagentini, A.M. and Guemes, D.R., 2002. Shelf life of fresh-cut Spinach as affected by chemical treatment and type of packaging film. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 19(4): 383-389.
- Rodman, J.E., 1991. A taxonomic analysis of glucosinolate-producing plants. Systematic Botany, 16: 619-629.
- Slaughter, D.C., Hinsch, R.T. and Thompson, J.F., 1993. Assessment of vibration injury to Bartlett pears. Transactions of the ASAE, 36: 1043-1047.
- Silveira, A.C., Araneda, C., Hinojosa, A. and Escalona, V.H., 2014. Effect of non-conventional modified atmosphere packaging on fresh cut watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) quality. Postharvest Biology and Technology, 92: 114-120.
- Venning, J.A., Burns, D.J.W., Hoskin, K.M., Nguyen, T. and Stee, M.G.H., 1989. Factors influencing the stability of frozen kiwifruit pulp. Journal of Food Science, 54(2): 396-404.
- Yazdanparast, R., Bahramikia, S. and Ardestani, A., 2008. *Nasturtium officinale* reduces oxidative stress and enhances antioxidant capacity in hypercholesterolaemic rats. Chemico-Biological Interactions, 172(3): 176-184.
- Goncalves, E.M., Cruz, R.M.S., Abreu, M., Brandao, T.R.S. and Silva C.L.M., 2009. Biochemical and colour changes of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) during freezing and frozen storage. Journal of Food Engineering, 93: 32-39.
- Hakkinen, S.H., Karenlampi, S.O., Mykkanen, H.M. and Torronen, A.R., 2000. Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 48(7): 2960-2965.
- Howard, L.R., Clark, J.R. and Brownmiller, C., 2003. Antioxidant capacity and phenolic content in blueberries as affected by genotype and growing season. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83(12): 1238-1247.
- Hruschka, H.W. and Wang, C.Y., 1979. Storage and Shelf Life of Packaged Watercress, Parsley and Mint. U.S. Department of Agriculture, Science and Education Administration, Washington, 19p.
- Islam, M.S., Yoshimoto, M., Ishigure, K., Okuno, S. and Yamakawa, O., 2003. Effect of artificial shading and temperature on radical scavenging activity and polyphenolic composition in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. Journal of the American Society of Horticultural Science, 128(2): 182-187.
- Jafari, S. and Hassandokht, M., 2012. Evaluation of some Iranian watercress (*Nasturtium officinale* L.) populations using agromorphological traits. International Journal of Forest, Soil and Erosion, 2(3): 119-123.
- Kader, A.A., 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. UCANR Publications, 535p.
- Koca, N., Karadeniz, F. and Burdurlu, H.S., 2006. Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. Food Chemistry, 100(2): 609-615.
- Lee, S.K. and Kader, A.A., 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20(3): 207-220.
- Martins, R.C. and Silva, C.L.M., 2002. Modelling colour and chlorophyll losses of frozen green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). International Journal of Refrigeration, 25(7): 966-974.
- Mitcham, E.J., Clayton, M. and Biasi, W.V., 1998.

Effect of time, temperature and storage condition on the some of phyto-chemical and physicochemical traits of watercress (*Nasturtium officinale* L.) medicinal plant

M.R. Hasandokht[1] and S. Jafari[2*]

1- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran

2*- Corresponding author, Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran, E-mail: Sajad_jafari@ut.ac.ir

Received: January 2014 Revised: December 2014 Accepted: December 2014

Abstract

The present study was aimed to study the effects of storing temperature (0 and 5˚C) and packaging type (cellophane and plastic containers with air-gated) on storage life of watercress (*Nasturtium officinal* L.) leaves during 14 days storing. Changes in ascorbic acid, total phenolics, flavonoids and sugar content as well as antioxidant capacity were traced in this experiment. Storing resulted in a significant decrease in flavonoid content of watercress leaves and its level decreased from 46.4mg/g of dry weight to 36.2mg/g. Similarly, during 7 and 14 days storing, the ascorbic acid content of leaves significantly decreased from 68.1mg/100g of fresh weight to 63.5 and 55.1mg/100g of fresh weight, respectively. In the case of antioxidant capacity, the effects of storing time and packaging type were significant (p<0.01). During storage, total phenolics were significantly increased from 11.6 mg/g of fresh weight to 13.6 mg/g of fresh weight. In contrast, the effects of storing temperature and type of packaging on phenolic compounds were not significant. The leaves stored in air-gated containers had the higher water content and, in consequence, the better quality than that of those stored in cellophane containers. It can be concluded that the leaves stored in aerated containers and 0˚C had the better quality due to the lower respiration.

Keywords: Watercress (*Nasturtium officinale* L.), ascorbic acid, total phenol, flavonoid, antioxidant capacity, storage life.