

تأثیر اسانس اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) بر خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و بیوشیمیایی تربچه (*Raphanus sativus* L.) در انبار سرد

صدیقه دهقان‌پور، منصوره شمیلی* و عبدالمجید میرزاعلیان دستجردی

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۲/۱۹)

چکیده

دما از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین‌کننده حفظ کیفیت فرآورده‌های باغبانی در طی انبارمانی است که سبب تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌گردد. از آنجا که گزارشی از کارایی اسطوخودوس در حفظ قابلیت آنتی‌اکسیدانی محصولات غذایی در انبار سرد موجود نیست. لذا تحقیق حاضر با هدف مطالعه تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس اسطوخودوس بر بهبود کیفیت بیوشیمیایی غده تربچه در مواجهه با سرما انجام شد. تربچه‌های کشت‌شده در گلخانه بعد از مواجهه با تیمار اسانس (صفر، ۱/۵۶، ۳/۱۳، ۶/۲۵، ۱۲/۵ و ۲۵ پی‌پی‌ام) در انبار سرد قرار داده شد. ارزیابی مشخصه‌های غده‌ها به مدت نه روز با فاصله زمانی سه روز یکبار (روزهای صفر، سوم، ششم و نهم) حاکی از آن بود که دمای کم باعث کاهش مشخصه‌های a^* ، L^* و پروتئین کل و افزایش در b^* ، MDA، فعالیت آنزیم‌های پروتئاز، کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل‌اکسیداز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گردید. تیمار با اسانس اسطوخودوس تعادل در سیستم اکسیدان و آنتی‌اکسیدان را از طریق کاهش در فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، پلی‌فنل‌اکسیداز و کاهش در محتوای MDA باعث گردید. دو غلظت ۱۲/۵ و ۲۵ پی‌پی‌ام اسانس بیشترین اثربخشی را داشتند.

واژگان کلیدی: سنجش پروتئین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، مالون دآلدئید، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

سولفورافن (Sulforaphane) و گلوکوزونولات‌ها (Glucosinolates) نظیر گلوکورافانین (Glucosinolates) گلوکواورسین (Glucoerucin) و گلوکوبراسیسین (Glucobrassicin) (Malik et al., 2010; Baenas et al., 2015; Ishida et al., 2016) است. ترکیبات زیستی مذکور تأثیر قابل توجهی در مهار تکثیر لاین‌های سلولی سرطان پروستات (Steinbrecher et al., 2009)، سرطان سینه (Pawlik et al., 2017) و کولون (Nakamura et al., 2008) داشته‌اند. لذا با توجه به بخشی از رژیم غذایی که در بسیاری کشورهای

تربچه (*Raphanus sativus* var. *radicula*)، متعلق به تیره چلیبائیان (Brassicaceae) است که هیپوکوتیل (در انواع نطفی) یا ریشه به‌همراه هیپوکوتیل (در انواع کشیده) آن به‌صورت خام و سالاد مصرف می‌شود (Banihani, 2017). تربچه حاوی کربوهیدرات، قندها، فیبر، پروتئین، ویتامین‌های محلول در آب و ترکیبات معدنی است (Khattak, 2011). به‌علاوه، اندام مصرفی آن سرشار از ترکیبات زیستی نظیر ایزوتیوسیانات‌ها (Isothiocyanates) نظیر سولفورافان (Sulforaphane) و

* نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: shamili@ut.ac.ir

می‌توان به فعالیت ضد میکروبی و ضد اکسایشی آنها اشاره نمود. فعالیت ضد میکروبی اسانس‌ها بر باکتری‌های گرم مثبت به دلیل محتوای ترکیبات فنلی و تأثیر آنها بر باکتری‌های گرم منفی ناشی از حضور ترکیبات غیر فنلی (نظیر آلایل ایزوتیوسیانات، سینامالدهید، آلسین، اوژنول، سیترال، کاروکول، بی‌سیمن و تیمول) است (Schutzendubel and Polle, 2002; Campos *et al.*, 2005; Holley and Patel, 2011). همچنین اسانس گیاهان به‌عنوان منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌ها، از تشکیل رادیکال‌ها جلوگیری کرده، باعث جاروب آنها و یا حتی بهبود سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی می‌گردد (Schutzendubel and Polle, 2002). اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.)، عضو تیره نعناعیان، عمدتاً به‌منظور استخراج روغن‌های معطر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yang and Gao, 2010). عمده‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس اسطوخودوس لینالیل استات (*Linalyl acetate*)، سینئول (*Cineole*)، لینالول (*Linalool*) و لاواندونات (*Lavandunat*) هستند (Danh *et al.*, 2012; Yadikar *et al.*, 2018).

قهوه‌ای‌شدن و تغییر طعم در دماهای پائین انبار، مهم‌ترین عارضه‌هایی هستند که کیفیت خوراکی تربچه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (del Aguila *et al.*, 2008; Ramachandran *et al.*, 2013). همکاران (۲۰۰۸)، با استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدان نظیر اسید سیتریک و اسید آسکوربیک، کاهش شدت قهوه‌ای‌شدن در غده تربچه را گزارش کردند (Lee *et al.*, 2007; del Aguila *et al.*, 2008). پوشش با کیتوزان از طریق کاهش نرخ تنفس، شدت قهوه‌ای‌شدن غده تربچه در انبار سرد را کاهش داده است (Ramachandran *et al.*, 2013). هرچند قابلیت آنتی‌اکسیدانی اسانس اسطوخودوس قبلاً مورد توجه محققین قرار گرفته (Khitam *et al.*, 2013)، اما گزارشی از کارایی آن در حفظ محصولات غذایی در انبار سرد موجود نیست. لذا تحقیق حاضر با هدف مطالعه تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس اسطوخودوس بر بهبود کیفیت بیوشیمیایی غده تربچه در مواجهه با سرما انجام شد.

دنیاست، گزارش شده که انبارکردن تربچه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد تا ۱۰ روز باعث پنج درصد افت وزن، ۴۳ درصد کاهش مواد جامد (del Aguila *et al.*, 2006) و کاهش بازاری‌پسندی آن می‌شود. در گزارشی دیگر نوع بسته‌بندی و پوشش در انبار بر کیفیت نهایی تربچه تأثیر به‌سزایی دارد (Nicola *et al.*, 2004).

دما از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین‌کننده حفظ کیفیت محصولات باغبانی در طی انبارمانی است که سبب تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌گردد. پایین‌بودن دما، تنفس را کاهش داده و به‌همان نسبت رخداد فرآیندهای متابولیکی، از جمله پیری را به تأخیر می‌اندازد. اکسیدشدن چربی‌ها ناشی از نگهداری در دماهای پائین، فرآوری و تیمارهای حرارتی، نه تنها طعم، حتی ارزش غذایی فرآورده‌های کشاورزی را کاهش می‌دهد. ترکیبات آنتی‌اکسیدانت نقش مؤثر و بارزی در حفظ کیفیت، مهار رادیکال‌های آزاد و به تأخیر انداختن پراکسیداسیون لیپیدها دارند (Mittler, 2002; Taghvaei and Jafari, 2015). در صنایع غذایی از آنتی‌اکسیدان‌های شیمیایی نظیر هیدروکسی آیزول بوتیل (Butylated hydroxyl anisole) یا BHA، هیدروکسی تولوئن بوتیل (Butylated hydroxy toluene) یا BHT، ترتیاری بوتیل هیدروکینون (Tertiary-butyl hydroquinone) یا TBHQ و پروپیل گالات (Propyl gallate) یا PG به‌منظور حفظ کیفیت مواد خوراکی در انبارهای سرد استفاده می‌شود؛ اما هشدارهایی از آثار سمیت و عوارض جانبی این ترکیبات توسط برخی محققان به گوش می‌رسد و نگرانی‌ها پا را از محافل علمی فراتر گذاشته و دغدغه برخی مسئولین و بسیاری مصرف‌کننده‌ها شده است (Andre *et al.*, 2010).

در دهه اخیر این دغدغه، توجه‌ها را به کاربرد تیمارهای ارگانیک، نظیر اسانس‌های گیاهی، معطوف ساخته است. اسانس‌های گیاهی مخلوطی پیچیده از ترپن‌ها و ترپنوئیدها (متشکل از ایزوپرن‌ها) و ترکیبات آلیفاتیک و آروماتیک (مشتق از فنیل پروپان) هستند. از اثرات زیستی اسانس‌های گیاهی

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی مواد گیاهی، طراحی آزمایش و اعمال تیمارها: این پژوهش به‌منظور مطالعه تأثیر اسانس اسطوخودوس بر بهبود کیفیت بیوشیمیایی غده تربچه نگهداری‌شده در انبار سرد، طی زمستان ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی و آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه باغبانی دانشگاه هرمزگان اجرا شد. بذر تربچه رقم چری بل از شرکت پروسید هلند، تهیه و در عمق نیم سانتی‌متری در بستر کشت در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه هرمزگان کشت شد. بستر کشت حاوی خاک مزرعه، شن و ماسه (۱-۱-۱) بود. آبیاری قطره‌ای در هفته اول به‌صورت روزانه و از هفته دوم به‌صورت یک روز در میان انجام شد. کوددهی از هفته ششم به میزان ۱۰ گرم در ۱۰ لیتر آب (Oligro fertilizer NPK with microelements)، یک روز در میان و سه بار انجام شد. عملیات داشت شامل وجین و مراقبت‌های زراعی، در مورد کلیه واحدهای آزمایشی یکسان بود. غده‌های تربچه ۴۰ روز پس از کاشت، برداشت شدند و به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت منتقل شدند. غده‌های سالم، یکسان، هم‌اندازه و فاقد هر گونه علائم ظاهری غیرمعمول (آسیب، لکه، ترک‌خوردگی) جهت تیمار با اسانس و نگهداری در انبار سرد انتخاب شدند. غده‌ها پس از شستشو با آب مقطر و ضدعفونی سطحی (هیپوکلرید سدیم ۰/۰۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه)، در ظروف حاوی اسانس (به مدت ۱۵ دقیقه) غوطه‌ور شدند. در خصوص تیمار شاهد (غلظت صفر اسانس)، غوطه‌وری به مدت ۱۵ دقیقه در آب مقطر انجام شد. پس از آن غده‌ها در معرض جریان هوا خشک شدند. غده‌های تیمار شده در ظروف پلی‌اتیلن و در سردخانه (دمای پنج درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۵٪) قرار داده شدند.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار طراحی گردید. فاکتور اول غلظت اسانس (صفر، ۱/۵۶، ۳/۱۳، ۶/۲۵، ۱۲/۵ و ۲۵ پی‌پی‌ام) و فاکتور دوم زمان انبارمانی (روزهای صفر، سوم، ششم و نهم) بود. اسانس اسطوخودوس از شرکت دارویی زرد بند تهران تهیه شد. نتایج آزمایش فیتوشیمیایی و میکروبیولوژی اسانس مورد استفاده در

جدول ۱ آمده است. در نهایت ارزیابی‌های زیر سه، شش و نه روز پس از نگهداری، در خصوص غده‌ها صورت گرفت. مؤلفه‌های رنگ: رنگ زمینه پوست غده با دستگاه رنگ‌سنج (Model: CR400 Minolta, Japan) و براساس خصوصیات رنگی L^* ، a^* ، b^* و Hue در سه نقطه از سطح غده ثبت و میانگین آن برای هر تکرار گزارش شد. مشخصه L^* بیانگر روشنایی رنگ (مقدار صفر مؤید رنگ سیاه و مقدار ۱۰۰ مؤید رنگ سفید)، مشخصه a^* بیانگر تغییرات رنگ از قرمز به سبز، مشخصه b^* بیانگر تغییرات رنگ زرد به آبی و زاویه هیو که صفر درجه از قرمز تا صورتی، ۹۰ درجه زرد، ۱۸۰ درجه خاکستری تا سبز و ۲۷۰ درجه آبی است (Walkowiak-Tomczak et al., 2008).

محتوای مالون دی‌آلدئید (Malondialdehyde): شدت پراکسیداسیون لیپیدها با توجه به محتوای مالون دی‌آلدئید و با روش Heath و Pucker (۱۹۶۸) ارزیابی شد. بدین منظور نیم گرم غده در هاون چینی در حضور پنج میلی‌لیتر از ۱٪ TCA (تری‌کلرو استیک اسید Trichloroacetic acid)، ساییده شد. پس از سانتریفیوژ (پنج دقیقه، ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه)، ۲۵۰ میکرولیتر از روشناور با یک میلی‌لیتر از محلول MDA، حاوی ۲۰٪ TCA و TBA (تیوباربیتوریک اسید Thiobarbituric acid) (۵٪ مخلوط و در حمام آب‌گرم (۳۰ دقیقه، ۹۵ درجه سانتی‌گراد) انکوبه شد. سپس بلافاصله روی یخ قرار داده و پس از سانتریفیوژ مجدد (۱۰ دقیقه، ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه)، جذب نمونه‌ها در دو طول‌موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر (Model CE 2501 Cecil UK) خوانده شد. محتوای مالون دی‌آلدئید (MDA) (برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تازه) از رابطه یک محاسبه شد که در آن A_{532} و A_{600} جذب نوری عصاره در دو طول‌موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر بود (Heath and Packer, 1968).

$MDA (mg g^{-1} FW) = \{(A_{532} - A_{600}) / 155000\} 10^6$
محتوای فنل کل: نیم گرم غده تربچه به‌همراه ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ سائیده و عصاره سانتریفیوژ (۱۰ دقیقه، ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه) شد. سپس به روشناور (۱۰ میکرولیتر)، آب مقطر (۴۹۰ میکرولیتر) و معرف فولین سیوکالچپو (۵۰۰ میکرولیتر)

جدول ۱- آنالیز فیتوشیمیایی و میکروبیولوژی اسانس اسطوخودوس

نام تجاری: اسطوخودوس	نام علمی: <i>Lavandula angustifolia</i> Chaix.	حالت: مایع
تست	نتیجه	
ظاهر	مایع	
رنگ	زرد	
بو	تائید	
تست فیتوشیمیایی	چگالی	۰/۹۱۵
	ضریب شکست	۱/۴۹۵
	محتوای لینولول	۱۹/۹۰ درصد
	محتوای باکتری	< ۱۰۱cfu/mL
	محتوای قارچ و مخمر	< ۱۰ cfu/mL
تست میکروبیولوژی	E.Coli	موجود نیست
	Salmonellae	موجود نیست

که در آن A_{cont} و A_{samp} به ترتیب میزان جذب استاندارد و نمونه بودند (Brand-Williams et al., 1995).

محتوای پروتئین: نیم گرم غده همراه با یک میلی لیتر بافر فسفات سدیم (۵۰ میلی مولار با $\text{pH} = 7$) ساییده و پس از سانتریفیوژ (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه، دمای چهار درجه سانتی گراد، به مدت ۱۵ دقیقه) روشناور جهت سنجش بعدی پروتئین مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور به ۵۰ میکرو لیتر از روشناور، ۸۰ میکرو لیتر بافر فسفات پتاسیم ($\text{pH} = 7/15$) و پنج میلی لیتر معرف کوماکسی بلو افزوده، سپس دو دقیقه به هم زده و پس از اینکه به مدت پنج دقیقه در شرایط آزمایشگاه (دمای ۲۴ درجه سانتی گراد) قرار داده شدند، میزان جذب نوری عصاره‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. محتوای پروتئین برحسب میلی گرم در گرم وزن تازه برگ محاسبه شد (Bradford, 1976).

تهیه عصاره جهت سنجش فعالیت آنزیم‌ها: پس از توزین ۰/۵ گرم غده و پودر کردن آن با ازت مایع، یک میلی لیتر از بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار (حاوی ۰/۳۷ گرم EDTA و یک گرم PVP با $\text{pH} = 7$) به آن اضافه گردید. مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (۱۲۰۰۰ دور در دقیقه) گردید. در نهایت از روشناور به عنوان عصاره آنزیمی جهت تعیین میزان فعالیت

افزوده و به مدت سه دقیقه در تاریکی قرار داده شد. پس از آن ۵۰۰ میکرو لیتر کربنات سدیم ۱٪ افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه دیگر در تاریکی قرار داده شد. در نهایت جذب نوری عصاره‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده و میزان فنل کل براساس میلی گرم بر گرم گالیک اسید محاسبه شد (Spanos and Wrolstad, 1990; Yang and Gao, 2010).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH): بدین منظور، نیم گرم غده با ۱۵ میلی لیتر متانول ۸۰٪ در هاون چینی سائیده و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و شرایط آزمایشگاه (دمای ۲۴ درجه سانتی گراد) نگهداری شد. سپس عصاره سانتریفیوژ (به مدت ۱۰ دقیقه و با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه) و پس از آن به ۶۰ میکرو لیتر از روشناور ۴۰ میکرو لیتر متانول (۸۰٪) افزوده شد. سپس ۳۵۰ میکرو لیتر محلول ۲ و ۲ دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (12,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl) ۰/۱ نرمال (حاوی ۰/۳۹۴ گرم DPPH و ۱۰۰ میلی لیتر متانول) و ۱۵۵۰ میکرو لیتر متانول ۸۰٪ افزوده و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی گراد و شرایط تاریکی نگهداری شد. جذب نوری عصاره در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده و درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی} = (A_{\text{cont}} - A_{\text{samp}} / A_{\text{cont}}) \times 100$$

$26/4 \text{ mM}^{-1}\text{Cm}^{-1}$ (Kar and Mishra, 1976).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. فاکتورها شامل غلظت اسانس (شش سطح) و دفعات ارزیابی (سه سطح) در شش تکرار بود. بعد از تأیید نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگراف - اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov)، آنالیز واریانس چند متغیره انجام شد. تست پیلائی (Pillai's trace test) هموزنی واریانس را تأیید کرد. به منظور مقایسه میانگین بین کلیه ترکیب‌های تیماری، از آزمون توکی (Tukey) استفاده شد. آنالیزهای آماری با برنامه SAS (9.1.3) انجام شد. همچنین ترسیم تصاویر با کمک برنامه EXCEL 2013 انجام شد.

نتایج و بحث

مؤلفه‌های رنگ: نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که هر چهار مشخصه رنگی غده تربچه تحت تأثیر زمان انبارمانی قرار گرفت. روندی کاهشی در مشخصه L^* در نه روز انبارمانی تربچه مشاهده شد. بیشترین مقدار این مشخصه در روز اول (۳۴/۱) و پس از آن در روز سوم در تیمار شاهد (۳۲/۷۰) و کمترین آن در روز نهم (۲۱/۱۵) در غلظت ۳/۱۳ پی‌پی‌ام اسانس بود (شکل ۱). مشخصه a^* یا قرمزی رنگ سطح پوست تربچه نیز در طول مدت انبارداری روندی افزایشی داشت و از ۲۹/۵۰ در روز صفر به ۱۹/۳۵ در روز نهم رسید. تیمار با اسانس اسطوخودوس روند افزایشی در این مؤلفه ایجاد کرد. بیشترین مقدار این مشخصه به غلظت ۲۵ پی‌پی‌ام از اسانس در روز سوم (۲۷/۵۳) و کمترین میزان (۲۰/۳۴) به تیمار شاهد در روز نهم تعلق داشت (شکل ۲). شاخص b^* غده با روندی صعودی از مقدار ۱۱ در روز صفر به ۱۱/۵۵ در تیمار شاهد و اولین زمان انبارمانی و سپس ۱۴/۶۸ در روز آخر و در بیشترین سطح از اسانس رسید (شکل ۳). در مشخصه زاویه هیو روندی افزایش در زمان انبارداری مشاهده شد و مقادیر زاویه از ۲۸/۴ درجه در روز صفر به ۳۹/۷۲ درجه در روز سوم و در نهایت ۴۳/۰۲ درجه در روز نهم رسید. در تیمار اسانس در بالاترین غلظت نیز مقادیر از ۴۳/۰۲ درجه در روز

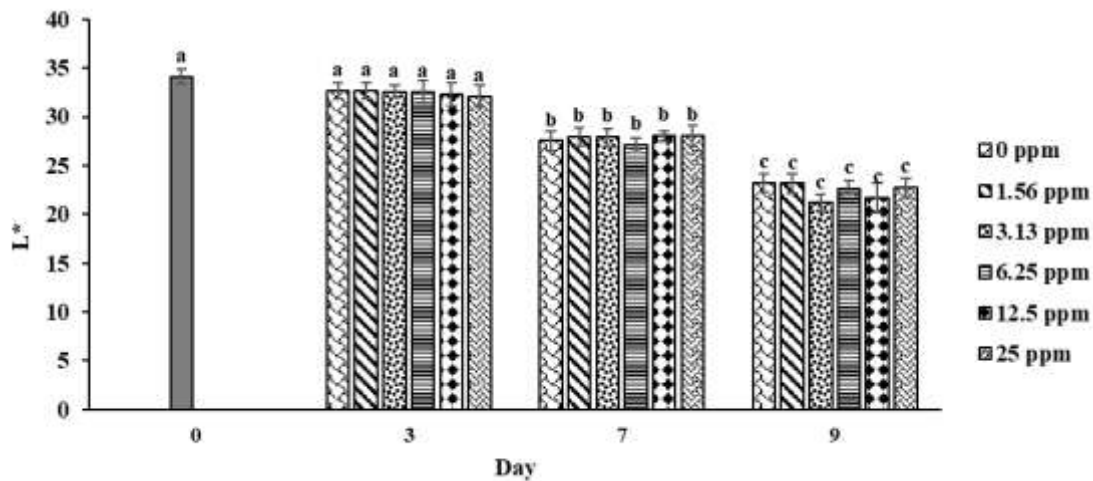
آنزیم‌های پروتئاز، کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز استفاده شد (Dhindsa et al., 1981).

فعالیت آنزیم پروتئاز: ۵۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، ۳۵۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار (حاوی ۰/۴۴ گرم نمک فسفات سدیم، ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر، با pH ۷/۵ و ۴۰۰ میکرولیتر کازین (۱/۱)، به مدت ۱۰ دقیقه در شرایط آزمایشگاه (دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد) انکوبه شد. بعد از افزودن ۸۰۰ میکرولیتر TCA (۱۰/۱)، مجدداً ۲۰ دقیقه در شرایط آزمایشگاه نگهداری شد. پس از سانتیفریوژ (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت پنج دقیقه)، جذب نوری عصاره‌ها در طول موج ۲۸۰ نانومتر خوانده و برحسب میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه برگ گزارش شد (ضریب خاموشی $26/40 \text{ mM}^{-1}\text{Cm}^{-1}$) (Homaei and Samari, 2017).

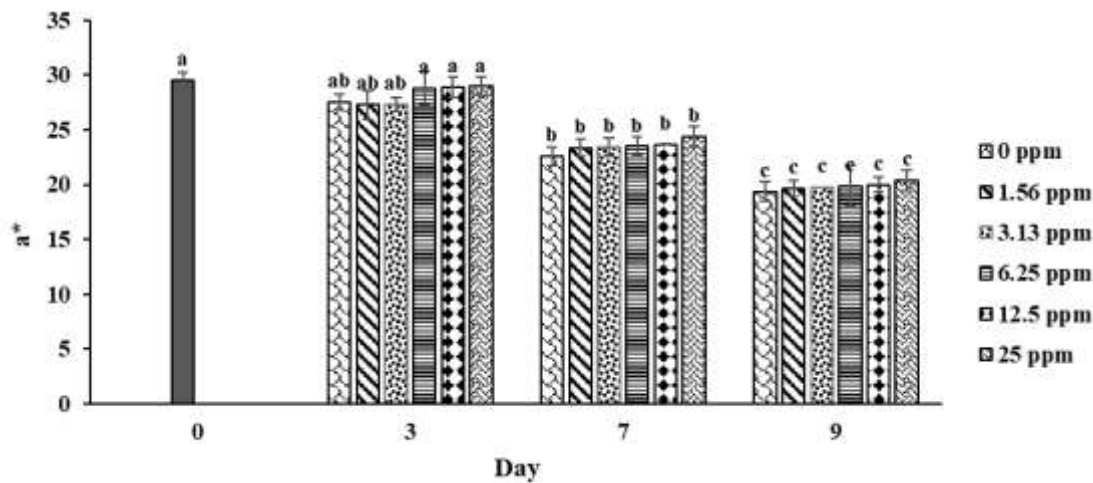
فعالیت آنزیم پراکسیداز: ۳۳ میکرولیتر از عصاره آنزیمی به یک میلی‌لیتر محلول واکنش پراکسیداز (حاوی ۱۳ میلی‌مول گواپیکول و پنج میلی‌مول هیدروژن پراکسید و ۵۰ میلی‌مول بافر فسفات پتاسیم با pH ۷) افزوده، جذب نوری عصاره‌ها در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده و برحسب میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه برگ گزارش شد (ضریب خاموشی $26/6 \text{ mM}^{-1}\text{Cm}^{-1}$) (Chance and Maehly, 1995).

فعالیت آنزیم کاتالاز: به ۵۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، یک میلی‌لیتر محلول واکنش کاتالاز (حاوی بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با pH ۷ و هیدروژن پراکسید ۱۵ میلی‌مولار) اضافه، جذب نوری عصاره‌ها در طول موج ۲۴۰ نانومتر خوانده و برحسب میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه برگ گزارش شد (ضریب خاموشی $39/4 \text{ mM}^{-1}\text{Cm}^{-1}$) (Dhindsa et al., 1981).

فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز: به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، یک میلی‌لیتر از محلول واکنش پیروگالول (حاوی ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار و ۲۰۰ میکرولیتر پیروگالول ۰/۰۲ مولار) افزوده، جذب نمونه در طول موج ۴۲۰ نانومتر خوانده و برحسب میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه برگ گزارش گردید (ضریب خاموشی



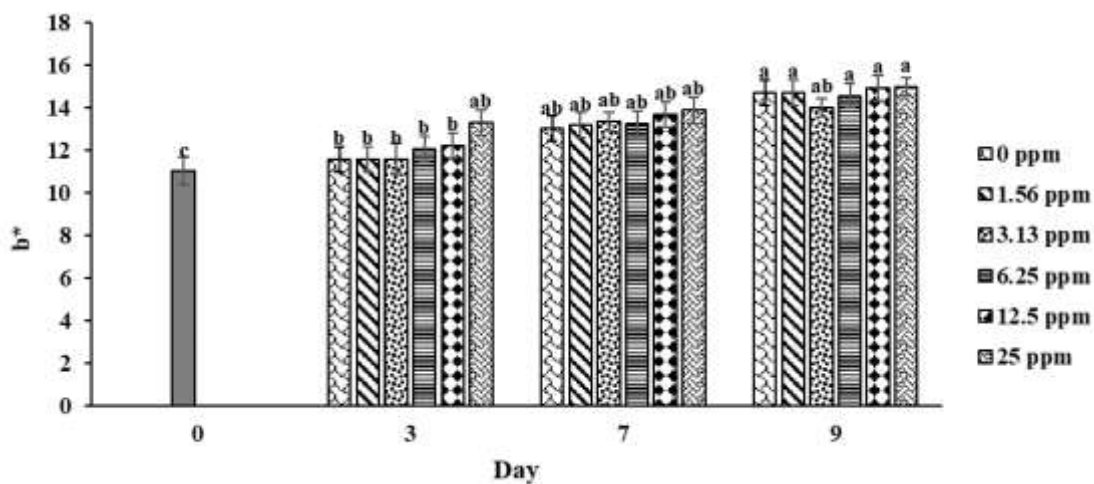
شکل ۱ - برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر مشخصه L^* غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.



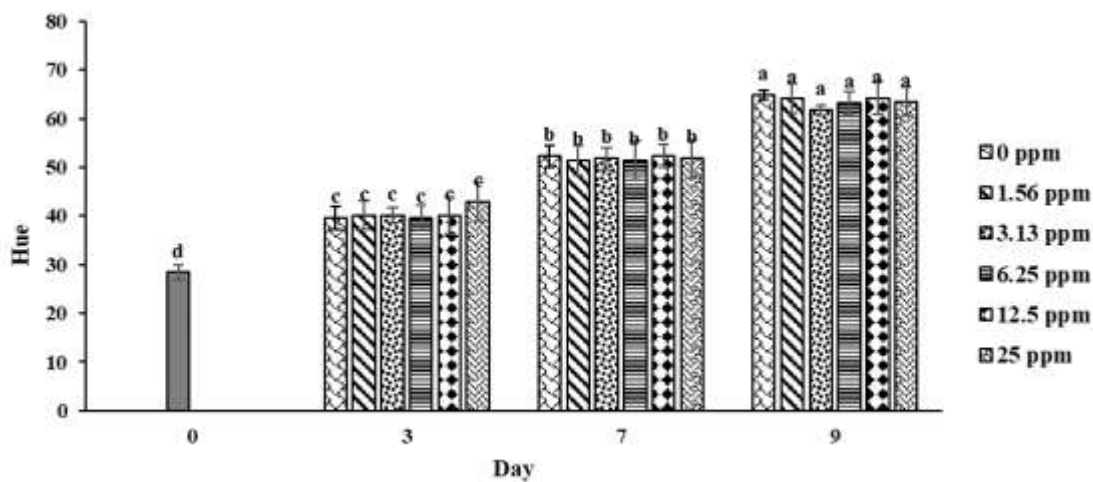
شکل ۲ - برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر مشخصه a^* غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

ترکیب‌های رنگ نظیر (ملانین) نسبت داده شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱). اسانس با کاهش متابولیسم، ممانعت از تولید اتیلن و ممانعت از تخریب رنگدانه‌ها، از رسیدن و تغییر رنگ فرآورده‌های خوراکی جلوگیری می‌کند (وصال‌طلب و غلامی، ۱۳۹۱). اسانس میخک با جلوگیری از تلفات آب، جلوگیری از قهوه‌ای شدن در میوه انگور را به همراه داشته است (Martinez-Romero *et al.*, 2007). البته تربچه‌های تیمار شده با اسانس تفاوتی از نظر میزان L^* نداشتند.

سوم به $63/48$ درجه در روز نهم رسید (شکل ۴). رنگ عاملی مهم در پذیرش فرآورده‌های خوراکی توسط مصرف‌کننده است. رنگ میوه با گذشت زمان در انبار تغییر می‌کند و میوه‌ها اغلب تیره‌تر شده و درخشندگی رنگ سطح میوه کمتر می‌شود (Hernandez-munos *et al.*, 2008). در تحقیق حاضر شاخص L^* که بیانگر میزان روشنایی رنگ سطح غده است با گذشت زمان کاهش معنی‌داری داشت. این کاهش به آب از دست‌دهی نمونه‌ها و قهوه‌ای شدن ناشی از افزایش



شکل ۳- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر مشخصه b^* غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

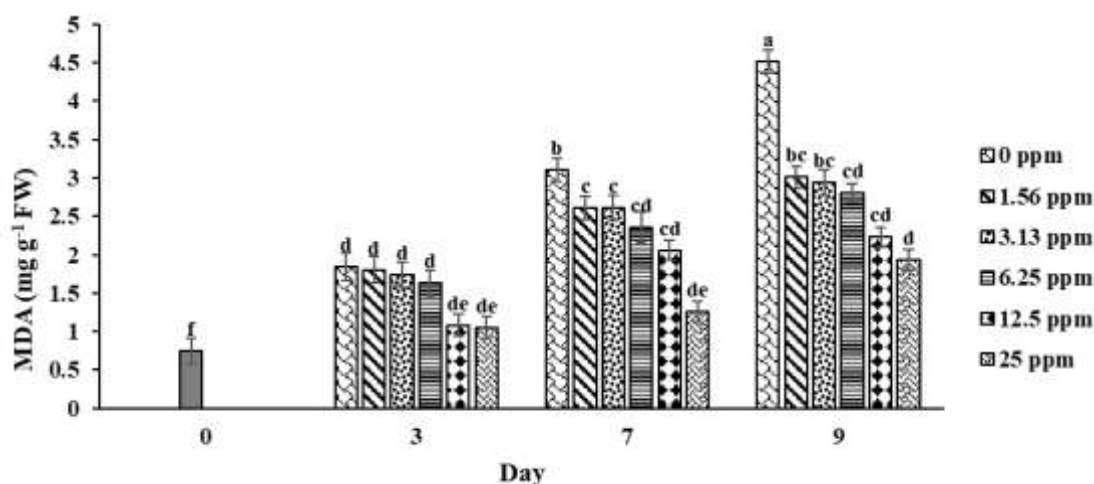


شکل ۴- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر مشخصه Hue غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

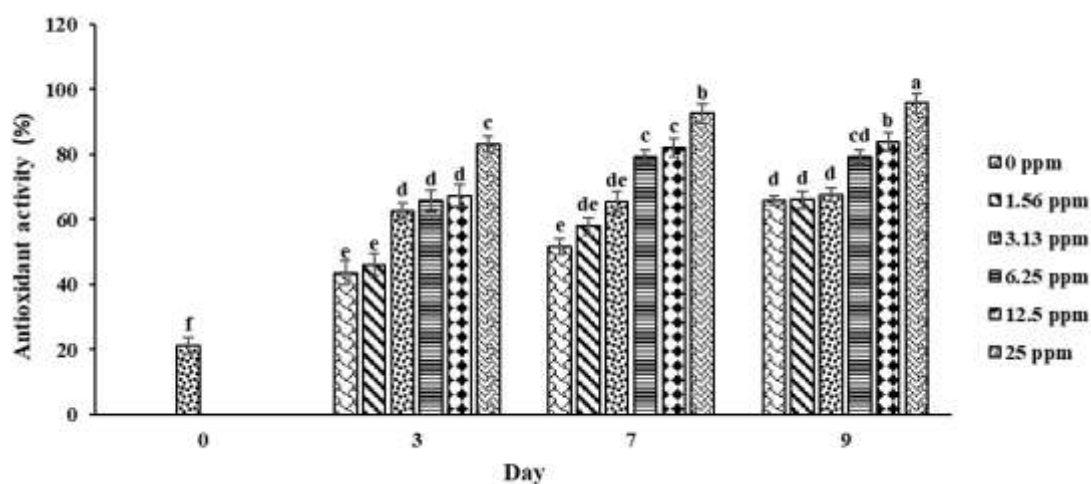
احتمالاً ناشی از تفاوت در نوع تیمار، بافت ذخیره شده مدت و دمای انبار است.

محتوای مالون دی آلدئید، فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل: دو مشخصه مالون دی آلدئید و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل به طور معنی داری تحت تأثیر غلظت اسانسو زمان انبارمانی قرار گرفتند، درحالی که محتوای فنل تنها تحت تأثیر زمان انبارمانی قرار گرفت. محتوای مالون دی آلدئید در طول مدت نگهداری غده‌ها در انبار روندی افزایشی داشتند.

Hernandez-munos و همکاران (۲۰۰۸) نیز در نتایج خود اظهار داشتند که هر چند با گذشت زمان شاخص رنگ در میوه‌های توت‌فرنگی انبار شده کاهش یافت، اما تیمار با پوشش ارگانیک تأثیری بر این مشخصه نداشت (Hernandez-Munoz *et al.*, 2008). البته گزارش‌هایی حاکی از تأثیرپذیری مؤلفه‌های رنگ از تیمارهای ارگانیک موجود است (رویتوند و همکاران، ۱۳۹۷؛ اصغری مرجانلو و همکاران، ۱۳۸۸؛ میغانی و قاسم‌نژاد، ۱۳۹۵؛ Raybaudi-Massilia *et al.*, 2008) که



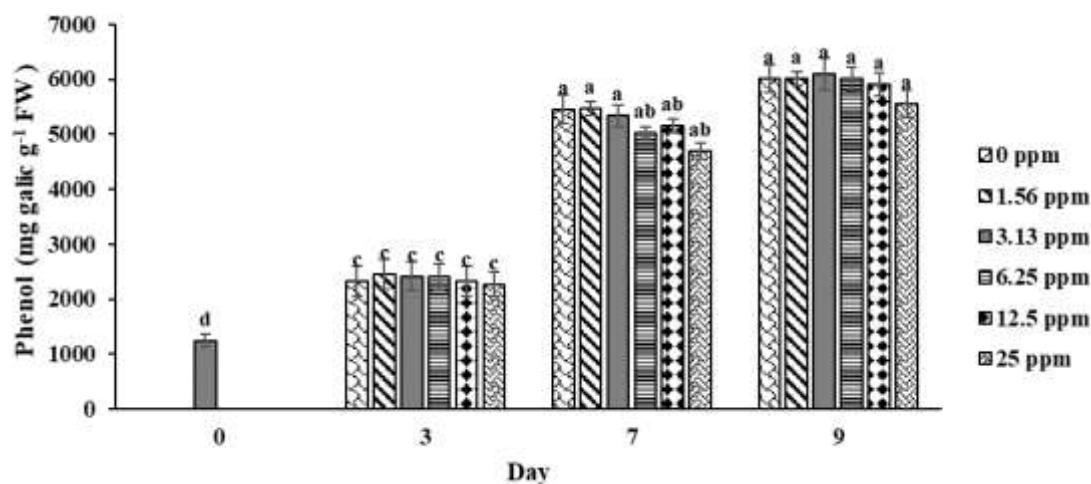
شکل ۵- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر محتوای مالون دی آلدئید غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.



شکل ۶- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر مشخصه توان آنتی اکسیدانی غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

۶۵/۸۴ درصد در روز نهم رسید. در تیمار ۲۵ پی پی ام از اسانس نیز با طی روندی مشابه از ۸۳/۰۷ در روز سوم به ۹۵/۷۸ درصد در روز نهم رسید (شکل ۶). هر چند تأثیر دوره انبار بر محتوای فنل معنی دار بود، اما این مشخصه تحت تأثیر غلظت اسانس قرار نگرفت. مقدار آن از ۱۲۴۳ میکروگرم گالیک اسید در گرم وزن تازه در روز صفر به ۲۲۷۰/۷۹ میکروگرم گالیک اسید در گرم وزن تازه در سومین روز انبارمانی و ۶۰۹۹/۱۴ میکروگرم گالیک اسید در گرم وزن تازه

غلظت اسانس نیز بر این دو مشخصه تأثیرگذار بود به طوری که افزایش غلظت اسانس به کاهش محتوای آنها منجر گردید. در روز صفر مالون دی آلدئید ۰/۷۵ میلی گرم در گرم وزن تازه بود که در روز سوم به ۱/۸۵ میلی گرم در گرم وزن تازه، در روز ششم به ۳/۱۱ میلی گرم در گرم وزن تازه و در روز نهم به ۴/۵۲ میلی گرم در گرم وزن تازه رسید (شکل ۵). در خصوص ظرفیت آنتی اکسیدانی مقادیر ۱۲/۲ درصد در روز صفر به ۴۳/۶۸ درصد در روز سوم، ۵۹/۶۹ درصد در روز ششم و

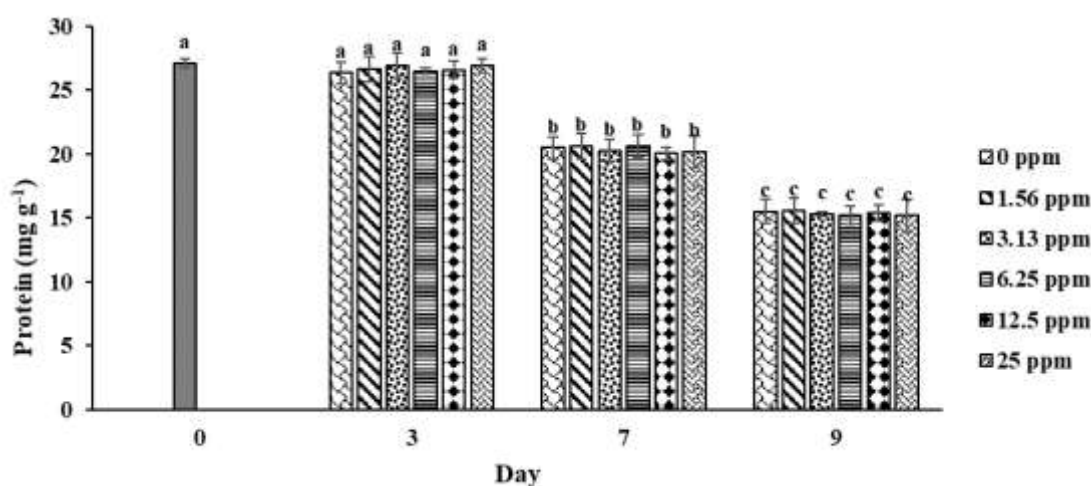


شکل ۷- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر محتوای فنل غده تریچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

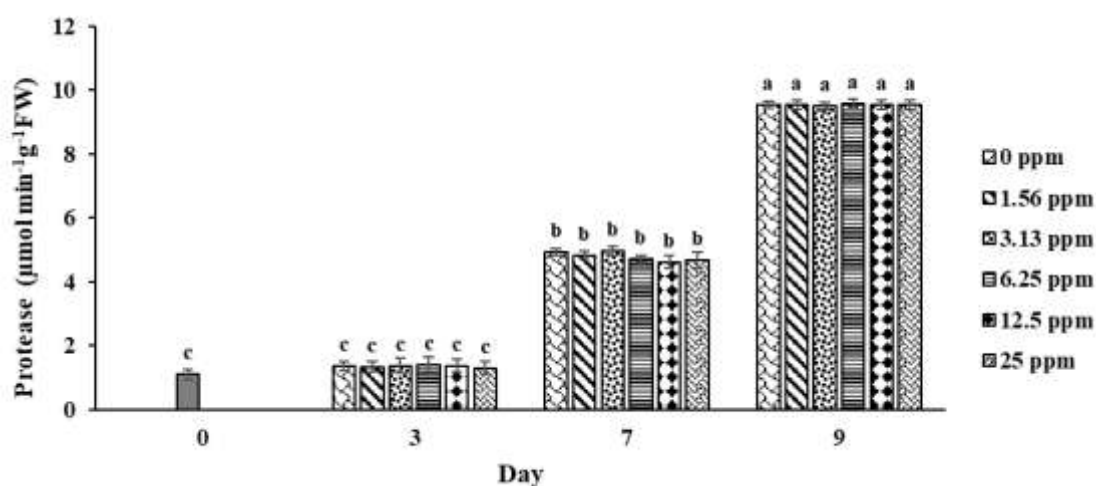
تیمار با اسانس های گیاهی با جلوگیری از پراکسید شدن لیپیدها باعث بهبود توان آنتی اکسیدانی فرآورده غذایی می گردد (Taghvaei and Jafari, 2015). اسانس دارچین باعث جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و نشت یونی در هلو گردید (Montero-Prado *et al.*, 2011). ظرفیت آنتی اکسیدان بیشتر در میوه های تمشک تیمار شده با اسانس گزارش شده است (Jin *et al.*, 2012). اسانس زیره تأثیری وابسته به دوز در جاروب کردن رادیکال های آزاد داشته که با نتایج این تحقیق همسو است (Dua *et al.*, 2012). پلی فنل ها با توجه به قابلیت جاروب کردن رادیکال های آزاد، به عنوان آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی مطرح هستند (Zrig *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2011). اسانس اسطوخودوس نیز با دارا بودن قابلیت آنتی اکسیدانی بالاتر، توان اکسیدانی غده ها در انبار را بهبود بخشید.

محتوای پروتئین کل و فعالیت آنزیم ها: نگهداری تریچه ها
در سرما روندی کاهشی در محتوای پروتئین کل به همراه افزایش در فعالیت آنزیم پروتئاز را به همراه داشت. سطوح مختلف اسطوخودوس در هر یک از زمان های ارزیابی تأثیر معنی داری بر دو صفت مذکور نداشت (شکل ۸ و ۹). پروتئین کل غده از ۲۷/۱ در روز صفر میلی گرم در گرم وزن تازه به ۲۶/۳۵ میلی گرم در گرم وزن تازه در روز سوم، ۲۰/۴۸

در روز آخر رسید (شکل ۷).
سرما با اختلال در فرآیند انتقال الکترون در میتوکندری و کلروپلاست و تولید رادیکال های فعال اکسیژن، موجب آسیب اکسیداتیو به غشا سلول و در نتیجه افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و تولید مالون دی آلدئید می گردد. محتوای مالون دی آلدئید، به عنوان یکی از شاخص های اصلی مورد سنجش در تنش سرما است که بسته به گونه گیاهی، شدت تنش و میزان خسارت به لیپیدهای غشایی متفاوت است. ارزیابی ظرفیت احیا رادیکال های آزاد DPPH نیز جهت غربالگری میزان خسارت در زمان بروز تنش های غیرزنده بکار گرفته می شود. از طرفی در گیاهان، تجمع ترکیبات فنلی در راستای ارتقای سیستم دفاعی بسیار ضروری است و به همراه دو مشخصه قبل در سنجش میزان بروز خسارت مؤثر است (Larkindale and Huang, 2004). نتایج تحقق حاضر نیز افزایش معنی دار در محتوای مالون دی آلدئید، محتوای فنل و تغییر در توان آنتی اکسیدانی در طول نه روز نگهداری در انبار سرد را نشان داد. کاربرد ترکیبات آلی، نظیر چیتوسان، کاهش در ترکیبات فنلی انار در انبار سرد (Sayyari *et al.*, 2016) و افزایش در محتوای فنل انبه در انبار سرد (Razzaq *et al.*, 2015) را از طریق تغییر در آنزیم های پلی فنل اکسیداز و فنیل آلانین آمونیلایز باعث گردیده اند (Wang and Lin, 2000). همچنین



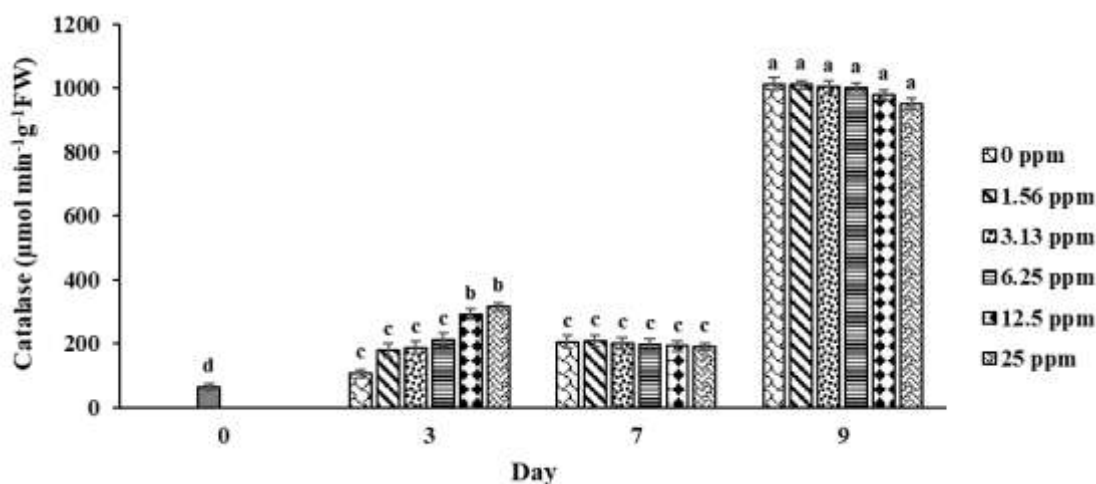
شکل ۸- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر محتوای پروتئین غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.



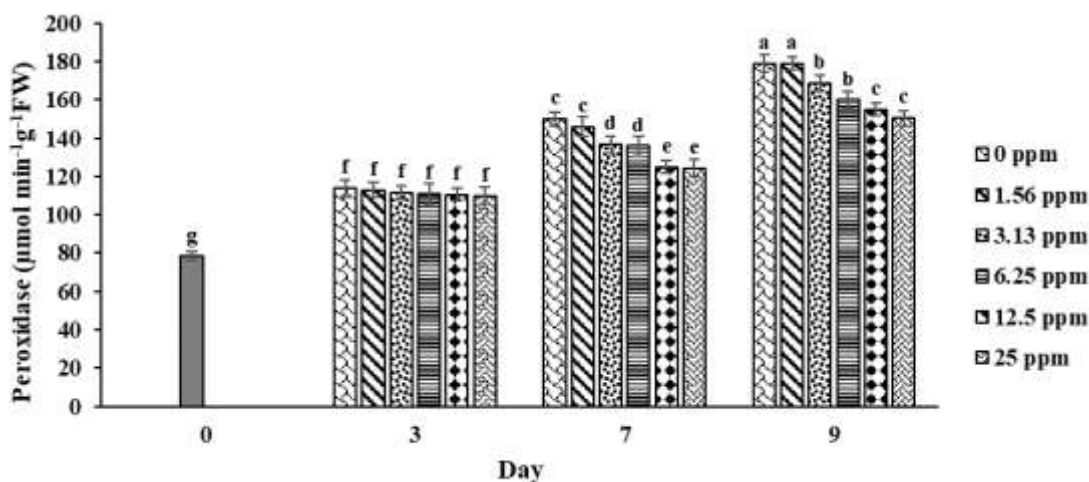
شکل ۹- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر فعالیت پروتئاز غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

و ۱۲). فعالیت کاتالاز در روز صفر (۶۵ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه) روندی افزایشی را در طول دوره انبار داشت. هر چند دو سنجش اول تفاوت چندانی در فعالیت کاتالاز با یکدیگر نداشت، اما در روز نهم به حداکثر فعالیت خود رسید. بین غلظت‌های اسانس در روز سوم انبار تفاوت معنی‌دار مشاهده شد، به طوری که فعالیت کاتالاز در غلظت ۲۵ و ۱۲/۵ پی‌پی‌ام (به ترتیب ۳۱۵/۶۴ و ۲۹۲/۹۲ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه) با سایر مقادیر تفاوت معنی‌داری نشان داد

میلی گرم در گرم وزن تازه در روز ششم و ۱۵/۴۸ میلی گرم در گرم وزن تازه در روز نهم رسید (شکل ۸). با گذشت زمان محتوای پروتئاز روند افزایشی را نشان داد. همچنین اثر تیمار اسانس اسطوخودوس بر فعالیت محتوای پروتئاز معنی‌دار نبود. فعالیت آنزیم پروتئاز در روزهای صفر، سوم، ششم و نهم به ترتیب ۱/۱، ۱/۳۵، ۴/۹۳ و ۹/۵۵ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه بود (شکل ۹). فعالیت هر سه آنزیم آنتی‌اکسیدانی در طول مدت انبارمانی روندی افزایشی نشان دادند (شکل ۱۰، ۱۱



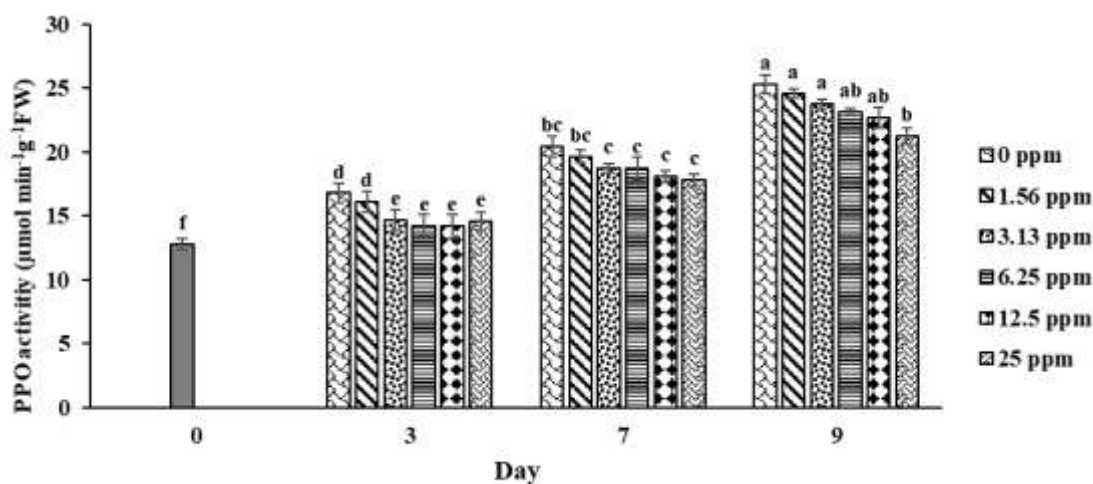
شکل ۱۰- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر فعالیت کاتالاز غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.



شکل ۱۱- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر فعالیت پراکسیداز غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

قرار گرفت و از ۱۲/۷۶ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه در روز صفر به ۲۵/۳۱ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه در روز نهم رسید (شکل ۱۲). به گزارشی غلظت‌های بالاتر اسانس مرزه نسبت به اسانس آویشن باغی و مورد (۱۰۰ و ۲۰۰ میکرولیتر)، فعالیت ضد-اکسایشی بالاتری در میوه‌های تیمار شده با آن داشت که در نتیجه اختلاف معنی‌داری در فعالیت آنزیم پراکسیداز را در دو مرحله سنجش باعث گردید (احتشام‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰).

(شکل ۱۰). در خصوص فعالیت آنزیم پراکسیداز با گذشت زمان نگهداری روندی افزایشی مشاهده شد و از ۷۸/۲۳ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه در روز صفر به ۱۱۳/۸۰ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه در روز سوم رسید. به‌علاوه افزایش غلظت اسانس از فعالیت این آنزیم کاست و کمترین فعالیت معنی‌دار در دو غلظت بالاتر اسانس مشاهده شد (شکل ۱۱). فعالیت پلی‌فنل اکسیداز با روندی مشابه دو آنزیم قبل در هر سه زمان ارزیابی تحت تأثیر غلظت اسانس



شکل ۱۲- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر فعالیت پلی فنل اکسیداز غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

رادیکال‌های آزاد شده، از تخریب سلول‌ها جلوگیری کرده و همچنین با دادن الکترون به رادیکال‌های آزاد مانع از اثرات مخرب آنها می‌شود (Zheng and Tian, 2006).

نتیجه‌گیری

ترکیبات زیستی قابل توجه در تربچه، آن را به یکی از محبوب‌ترین سبزی‌ها در بازار جهانی سبزی‌های خام‌خوری تبدیل کرده است. اما انبار کردن آن در دماهای کمتر از ده درجه سانتی‌گراد قهوه‌ای شدن و تغییر طعم را به همراه دارد. از طرفی دغدغه‌ها از اثرات جانبی مواد شیمیایی نگهدارنده منجر به استفاده بیشتر از ترکیبات با منشأ طبیعی نظیر اسانس‌ها گردیده است. اسانس‌های گیاهی، موهبتی از طبیعت برای انسان‌ها، راهبردی مناسب در حفظ کیفیت محصولات باغی خصوصاً در انبار سرد هستند. لذا در تحقیق حاضر غده‌های تربچه برداشت شده از گلخانه بعد از مواجه با تیمار اسانس در انبار سرد قرار داده شد. نه روز ارزیابی مشخصه‌های غده‌ها حاکی از آن بود که دمای کم باعث کاهش مشخصه‌های a^* ، پروتئین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و افزایش در b^* ، MDA، فعالیت آنزیم‌های پروتئاز، کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز گردید. تیمار با اسانس اسطوخودوس تعادل در سیستم اکسیدان و آنتی‌اکسیدان را از طریق کاهش در فعالیت

تیمار با کارواکرول و آنتول در تمشک کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را باعث گردید (Jin *et al.*, 2012). به کاهش فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز در هلوهای تیمار شده با اسانس دارچین نیز اشاره شده است (Montero-Prado *et al.*, 2011). طی تنش سرما گونه‌های فعال اکسیژن با لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌های سلولی واکنش داده و در نهایت باعث کاهش رشد یا حتی مرگ سلول می‌شوند. در واقع تأثیر منفی تنش‌ها بر سیستم‌های زیستی تا حد زیادی به تأثیر آنها در تخریب پروتئین‌ها مرتبط است (Srivastava *et al.*, 2011; De Almeida Melo *et al.*, 2005). هر چند گزارش‌هایی از تأثیر اسانس‌های گیاهی بر ممانعت از اکسید شدن پروتئین‌ها موجود است (Dua *et al.*, 2012) که به ترکیبات پلی‌فنل موجود در اسانس ربط داده شده است، اما در این تحقیق اسانس اسطوخودوس تأثیری بر روند اکسید شدن پروتئین در ارزیابی‌های مختلف نداشت. در گیاهان در شرایط تنش سرما رفتارهای فیزیولوژیکی متعددی فعال می‌شود که رادیکال‌های آزاد را جمع‌آوری کنند. از جمله آنها فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است (Wang, 1995; Mittler, 2002). کاتالاز در شرایط دمای پائین به عنوان سم‌زدا عمل کرده (Mittler, 2002) و رادیکال‌های آزاد را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند. اسانس به عنوان عامل دفاع آنتی‌اکسیدانی، مانع از عمل

آنزیم‌های پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و کاهش در محتوای MDA باعث گردید. همچنین دو غلظت ۱۲/۵ و ۲۵ پی‌پی‌ام بیشترین اثربخشی را داشتند.

سپاسگزاری: از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه هرمزگان به دلیل فراهم کردن امکانات این تحقیق، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

- احتشام‌نیا، ع.، رضایی‌نژاد، ع.، علیخانی کوپایی، م. و موسوی‌زاده، ج. (۱۳۹۰) بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز در برخی میوه‌ها با کاربرد اسانس‌های گیاهی آویشن باغی، مورد و مرزه خوزستانی. فناوری تولیدات گیاهی ۱۱: ۴۲-۳۳.
- اصغری مرجانلو، ع.، مستوفی، ی.، شعبی، س. و فتاحی، م. (۱۳۸۸) تأثیر اسانس زیره سبز بر پوسیدگی پس از برداشت و برخی عوامل کیفی توت‌فرنگی. مجله گیاهان دارویی ۳: ۴۳-۲۵.
- حسنی، ع.، فتحی، ز.، غاستا، ی.، عبداللهی، ع.، مشکات السادات، م. و مرندی، ر. ج. (۱۳۹۱) ارزیابی اسانس‌های گیاهی برای کنترل علف‌های هرز قهوه‌ای و خاکستری بعد از گلدهی بر زردآلو. مجله ایمنی مواد غذایی ۳۲: ۱۰۱-۹۴.
- رویوند، س.، صداقت، ن.، وریدی، م. و محبی، م. (۱۳۹۷) بررسی تأثیر پوشش آلئوئورا و بسته‌بندی بر ویژگی‌های کیفی و زمان نگهداری زرشک بی‌دانه (*Berberis vulgaris*). علوم و صنایع غذایی ۱۵: ۱۵۰-۱۴۱.
- میغانی، ح.، قاسم‌نژاد، م. و بخش، د. (۱۳۹۵) تأثیر پوشش‌های مختلف پس از برداشت بر میزان رنگ و آنتوسیانین انار ملس ساوه در دوره انبارداری سرد. علوم باغبانی ایران ۴۷: ۷۶۳-۷۵۳.
- وصال طلب، ز. و غلامی، م. (۱۳۹۱) اثرات اسانس و عصاره میخک (*Eugenia caryophyllata*) بر برخی ویژگی‌های کیفی انگور طی دوره انبارداری. مجله علوم باغبانی ایران ۴۳: ۲۶۵-۲۵۵.
- Andre, C., Castanheira, A. I., Cruz, J. M., Paseiro, P. and Sanches-Silva, A. (2010) Analytical strategies to evaluate antioxidants in food: A review. Trends in Food Science and Technology 21: 229-246.
- Baenas, N., Piegholdt, S., Schloesser, A., Moreno, D., Garcia-Viguera, C., Rimbach, G. and Wagner, A. (2016) Metabolic activity of radish sprouts derived isothiocyanates in drosophila melanogaster. International Journal of Molecular Sciences 17: 1-10.
- Banihani, S. A. (2017) Radish (*Raphanus sativus*) and Diabetes. Nutrients. 9, 1-9.
- Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry 72: 248-254.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. (1995) Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 28: 25-30.
- Campos, C. A., Gerschenson, L. N. and Flores, S. K. (2011) Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. Food and Bioprocess Technology 4: 849-875.
- Abelson, J., Simon, M., Verdine, G. and Pyle, A. (1995) Assay of catalase and peroxidase. In: Methods in Enzymology. (eds. Chance, B. and Meahly, A. C.) Pp. 764-775. Academic press. Inc. New York.
- Danh, L. T., Triet, N. D. A., Zhao, J., Mammucari, R. and Foster, N. (2012) Antioxidant activity, yield and chemical composition of lavender essential oil extracted by supercritical CO₂. The Journal of Supercritical Fluids 70: 27-34.
- De Almeida Melo, E., Mancini Filho, J. and Guerra, N. B. (2005) Characterization of antioxidant compounds in aqueous coriander extract (*Coriandrum sativum* L.). LWT-Food Science and Technology 38: 15-19.
- del Aguila, J. S., Sasaki, F. F., Heiffig, L. S., Moises, E., Ortega, M., Trevisan, M. J. and Kluge, R. A. (2008) Effect of antioxidants in fresh cut radishes during the cold storage. Brazilian Archives of Biology and Technology 51: 1217-1223.
- del Aguila, J. S., Sasaki, F. F., Heiffig, L. S., Ortega, E. M. M., Jacomino, A. D. and Kluge, R. A. (2006) Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures. Postharvest Biology and Technology 40: 149-154.
- Dhindsa, R. S., Plumb-Dhindsa, P. and Thorpe, T. A. (1981) Leaf senescence: Correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental botany 32: 93-101.
- Dua, A., Gupta, S. K., Mittal, A. and Mahajan, R. (2012) A study of antioxidant properties and antioxidant compounds of cumin (*Cuminum cyminum*). International Journal of Pharmaceutical and Biological Archive 3: 1110-1116.

- Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photo peroxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 125: 189-198.
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D. and Gavara, R. (2008) Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry* 110: 428-435
- Holley, R. A. and Patel, D. (2005) Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology* 22: 273-292.
- Homaei, A. and Samari, F. (2017) Investigation of activity and stability of papain by adsorption on multi-wall carbon nanotubes. *International Journal of Biological Macromolecules* 105: 1630-1635.
- Ishida, M., Kakizaki, T., Morimitsu, Y., Ohara, T., Hatakeyama, K., Yoshiaki, H. and Nishio, T. (2015) Novel glucosinolate composition lacking 4-methylthio-3-butenyl glucosinolate in Japanese white radish (*Raphanus sativus* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 128: 2037-2046.
- Jin, P., Wang, S. Y., Gao, H., Chen, H., Zheng, Y. and Wang, C. Y. (2012) Effect of cultural system and essential oil treatment on antioxidant capacity in raspberries. *Food Chemistry* 132: 399-405.
- Kar, M. and Mishra, D. (1976) Catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology* 57: 315-319.
- Khattak, K. F. (2011) Nutrient composition, phenolic content and free radical scavenging activity of some uncommon vegetables of Pakistan. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* 24: 277-283.
- Khitam, J. H., Shahlah, J. A., Shaheen, A., Raad, A. K., Javed, A., Mohd, J. and Showkat, R. M. (2013) Essential oil composition and antioxidant activity of *lavandula angustifolia* from Iraq. *International Research Journal of Pharmacy* 4: 117-119.
- Larkindale, J. and Huang, B. (2004) Changes of lipid composition and saturation level in leaves and roots for heat-stressed and heat-acclimated creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Environmental and Experimental Botany* 51: 57-67.
- Lee, M. Y., Lee, M. K. and Park, I. (2007) Inhibitory effect of onion extract on polyphenol oxidase and enzymatic browning of taro (*Colocasia antiquorum* var. esculenta). *Food Chemistry* 105: 528-532.
- Ma, X., Wu, H., Liu, L., Yao, Q., Wang, S., Zhan, R. and Zhou, Y. (2011) Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. *Scientia Horticulturae* 129: 102-107.
- Mittler, R. (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* 7: 405-410.
- Malik, M. S., Riley, M. B., Norsworthy, J. K. and Bridges, J. W. (2010) Variation of glucosinolates in wild radish (*Raphanus raphanistrum*) accessions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 11626-11632.
- Martinez-Romero, D., Guillen, F., Valverde, J. M., Bailen, G., Zapata, P., Serrano, M., Castillo, S. and Valero, D. (2007) Influence of carvacrol on survival of *Botrytis cinerea* inoculated in table grape. *International Journal of Food Microbiology* 115: 144-148.
- Montero-Prado, P., Rodriguez-Lafuente, A. and Nerin, C. (2011) Active label-based packaging to extend the shelf-life of "Calanda" peach fruit: Changes in fruit quality and enzymatic activity. *Postharvest Biology and Technology* 60: 211-219.
- Nakamura, Y., Nakamura, K., Asai, Y., Wada, T., Tanaka, K., Matsuo, T. and Park, E. Y. (2008) Comparison of the glucosinolate-myrosinase systems among daikon (*Raphanus sativus*, Japanese white radish) varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 2702-2707.
- Nicola, S., Fontana, E., Hoeberechts, J. and Saglietti, D. (2004) *Raphanus sativus* production in soilless or traditional culture systems and postharvest packaging. *ISHS Acta Horticulturae* 682: V International Postharvest Symposium 1303-1310.
- Pawlik, A., Wala, M., Hac, A., Felczykowska, A. and Herman-Antosiewicz, A. (2017) Sulforaphene, an isothiocyanate present in radish plants, inhibits proliferation of human breast cancer cells. *Phytomedicine* 29: 1-10.
- Ramachandran, P., Parvathy, K., Raghuram, M. and Nagarajan, S. (2013) Chitosan based powder coating technique to enhance phyto-chemicals and shelf life quality of radish shreds. *Postharvest Biology and Technology* 86: 402-408.
- Raybaudi-Massilia, R. M., Mosqueda-Melgar, J. and Martin-Belloso, O. (2008) Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology* 121: 313-327.
- Razzaq, K., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M. and Ullah, S. (2015) Effect of oxalic acid application on Samar Bahisht Chaunsa mango during ripening and postharvest. *LWT-Food Science and Technology* 63: 152-160.
- Sayyari, M., Aghdam, M. S., Salehi, F. and Ghanbari, F. (2016) Salicylic chitosan alleviates chilling injury and maintains antioxidant capacity of pomegranate fruits during cold storage. *Scientia Horticulturae* 211: 110-117.
- Schutzendubel, A. and Polle, A. (2002) Plant responses to abiotic stresses: Heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. *Journal of Experimental Botany* 53: 1351-1365.
- Spanos, G. A. and Wrolstad, R. E. (1990) Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38: 1565-1571.

- Srivastava, R., Srivastava, S. P., Jaiswal, N., Mishra, A., Maurya, R. and Srivastava, A. K. (2011) Antidiabetic and antidiyslipidemic activities of *Cuminum cyminum* L. in validated animal models. *Medicinal Chemistry Research* 20: 1656-1666.
- Steinbrecher, A., Nimptsch, K., Husing, A., Rohrmann, S. and Linseisen, J. (2009) Dietary glucosinolate intake and risk of prostate cancer in the EPIC-Heidelberg cohort study. *International Journal of Cancer* 125: 2179-2186.
- Taghvaei, M. and Jafari, S. M. (2015) Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. *Journal of Food Science Technology* 52: 1272-1282.
- Walkowiak-Tomczak, D., Regula, J. and Lysiak, G. (2008) Physico-chemical properties and antioxidant activity of selected plum cultivars fruit. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 7: 15-22.
- Wang, C. Y. (1995) Effect of temperature preconditioning on catalase, peroxidase, and superoxide dismutase in chilled zucchini squash. *Postharvest Biology and Technology* 5: 67-76.
- Wang, S. Y. and Lin, H. S. (2000) Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 140-146.
- Yadikar, N., Bobakulov, K., Li, G. and Aisa, H. A. (2018) Seven new phenolic compounds from *Lavandula angustifolia*. *Phytochemistry Letters* 23: 149-154.
- Yang, J. and GAO, F. L. (2010) Study on antioxidant activities of total flavonoids from *Lavandula angustifolia* of Xinjiang. *China Food Additives* 2.
- Zheng, X. and Tian, S. (2006) Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. *Food Chemistry* 96: 519-523.
- Zrig, A., Tounekti, T., Vadel, A. M., Mohamed, H. B., Valero, D., Serrano, M. and Khemira, H. (2011) Possible involvement of polyphenols and polyamines in salt tolerance of almond rootstocks. *Plant Physiology and Biochemistry* 49: 1313-1322.

Effect of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) essential oil on the antioxidant and biochemical parameters of radish (*Raphanus sativus* L.) during cold storage

Sedigheh Dehghanpour, Mansoore Shamili* and Abdolmajid Mirzalaiyan-Dastjerdi

Horticulture department, Faculty of Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
(Received: 14/09/2019, Accepted: 09/03/2020)

Abstract

Temperature is one of the most important factors in maintaining the quality of stored horticultural products, which affects physiological and biochemical processes. There are no reports on the efficacy of lavender essence in regulating the antioxidant capacity of cold-stored food products. The aim of present study was to investigate different concentrations of lavender essence in improving biochemical quality of cold stored radish tuber. Greenhouse cultivated radishes were stored under cold condition after essence (0, 1.56, 3.13, 6.25, 12.5 and 25 ppm) dipping treatment. Evaluation of tuber characteristics during nine days, with three days' interval (days 0, 3, 6 and 9) indicated that low temperature decreased L*, a* and protein and increase in b*, MDA, protease, catalase, peroxidase, poly phenol oxidase activities and antioxidant capacity. Lavender essence caused a balance in the oxidant/antioxidant system through reduction in peroxidase and polyphenol oxidase activity and decreased MDA content. The essence concentrations of 12.5 and 25 ppm were most effective.

Key words: Antioxidant capacity, Antioxidant enzyme activities, Malondialdehyde, Protein assay, Total phenol

Corresponding author, Email: shamili@ut.ac.ir