مقاله پژوهشی

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 مواجه با سرما انجام شد. تربچه‌های کشت‌شده در گلخانه بعد از مواجه با تیمار اسانس (صفر، ۱/۵۶، ۳/۱۳، ۶/۲۵، ۱۲/۵ و ۲۵ پی‌پی‌ام) در انبار سرد قرار داده شد. ارزیابی مشخصه‌های غده‌ها به‌مدت نه روز با فاصله زمانی سه روز یکبار (روزهای صفر، سوم، ششم و نهم) حاکی از آن بود که دمای کم باعث کاهش مشخصه‌های L^*، a^* 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، پلی‌فنل اکسیداز 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

تربچه (*Raphanus sativus* var. radicula)، متعلق به تیره چلیپائیان (Brassicaceae) است که هیپوکوتیل (در انواع نُقلی) 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 سولفورافن (Sulforaphane) و گلوکوزونولات‌ها (Glucosinolates) نظیر گلوکورافانین (Glucosinolates) گلوکواورسین (Glucoerucin) و گلوکوبراسیسین (Glucobrassicin) (Malik *et al*., 2010; Baenas *et al*., 2016; Ishida *et al*., 2015) 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

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]

دنیا است، گزارش شده که انبارکردن تربچه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد تا ۱۰ روز باعث پنج درصد افت وزن، ٤۳ درصد کاهش مواد جامد (del Aguila *et al*., 2006) و کاهش بازارپسندی 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 آنیزول بوتیله (Butylated hydroxyl anisole) یا BHA، هیدروکسی تولوئن بوتیله (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 می‌توان به فعالیت ضدمیکروبی و ضداکسایشی آنها اشاره نمود. فعالیت ضدمیکروبی اسانس‌ها بر باکتری‌های گرم مثبت به‌دلیل محتوای ترکیبات فنلی و تأثیر آنها بر باکتری‌های گرم منفی ناشی از حضور ترکیبات غیرفنلی (نظیر آلیل‌ایزوتیوسیانات، سینامالدهید، آلسین، اوژنول، سیترال، کاروکرول، بی‌سیمن و تیمول) است (Schutzendubel and Polle, 2002; Campos *et al*., 2011; Holley and Patel, 2005). 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). del Aguila و 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 قرارگرفته (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 مواجه با سرما انجام شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]

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 آب‌مقطر و ضدعفونی سطحی (هیپوکلرید سدیم ۰/۰۵ درصد به‌مدت ۱۵ دقیقه)، در ظروف حاوی اسانس (به‌مدت ۱۵ دقیقه) غوطه‌ور شدند. در خصوص تیمار شاهد (غلظت صفر اسانس)، غوطه‌وری به‌مدت ۱۵ دقیقه در آب‌مقطر انجام شد. پس از آن غده‌ها در معرض جریان هوا خشک شدند. غده‌های تیمارشده 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. درنهایت 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 TCA ۱٪ (تری‌کلرو استیک اسیدTrichloroacetic acid)، ساییده شد. پس از سانتریفیوژ (پنج دقیقه، ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه)، ۲۵۰ میکرولیتر از روشناور با یک میلی‌لیتر از محلول MDA، حاوی TCA ۲۰٪ 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)، آب‌مقطر (۴۹۰ میکرولیتر) و معرف فولین سیوکالچیو (۵۰۰ میکرولیتر)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]

جدول ۱- آنالیز فیتوشیمیایی و میکروبیولوژی اسانس اسطوخودوس

نام تجاری: اسطوخودوس	نام علمی: *Lavandula angustifolia* Chaix.	حالت: مایع
	تست	نتیجه
تست فیتوشیمیایی	ظاهر	مایع
	رنگ	زرد
	بو	تائید
	چگالی	۰/۹۱۵
	ضریب شکست	۱/٤۹۵
	محتوای لینولول	۱۹/۹۰ درصد
تست میکروبیولوژی	محتوای باکتری	< ۱۰۱cfu/mL
	محتوای قارچ و مخمر	< ۱۰ cfu/mL
	E.Coli	موجود نیست
	Salmonellae	موجود نیست

افزوده و به‌مدت سه دقیقه در تاریکی قرار داده شد. پس از آن ۵۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۱٪ افزوده و به‌مدت ۳۰ دقیقه دیگر در تاریکی قرار داده شد. درنهایت جذب نوری عصاره‌ها در طول‌موج ۷٦۵ نانومتر خوانده و میزان فنل کل براساس میلی‌گرم بر گرم گالیک اسید محاسبه شد (Spanos and Wrolstad, 1990; Yang and Gao, 2010).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH): بدین منظور، نیم گرم غده با ۱۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ در هاون چینی سائیده و به‌مدت ۲٤ ساعت در تاریکی و شرایط آزمایشگاه (دمای ۲٤ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد. سپس عصاره سانتریفیوژ (به‌مدت ۱۰ دقیقه و با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه) و پس از آن به ٦۰ میکرولیتر از روشناور ٤۰ میکرولیتر متانول (۸۰٪) افزوده شد. سپس ۳۵۰ میکرولیتر محلول ۲ و ۲ دی‌فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (l2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazy) ۰/۱ نرمال (حاوی ۰/۰۳۹٤ گرم DPPH و ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) و ۱۵۵۰ میکرولیتر متانول ۸۰٪ افزوده و به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی نگهداری شد. جذب نوری عصاره در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر خوانده و درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از رابطه زیر محاسبه شد.

درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی = (Acont – Asamp/ Acont) × 100

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

محتوای پروتئین: نیم گرم غده همراه با یک میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم (۵۰ میلی‌مولار با pH = ۷) ساییده و پس از سانتریفیوژ (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه، دمای چهار درجه سانتی‌گراد، به‌مدت ۱۵ دقیقه) روشناور جهت سنجش بعدی پروتئین مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور به ۵۰ میکرولیتر از روشناور، ۸۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم (pH= ۷/۱۵) و پنج میلی‌لیتر معرف کوماکسی‌بلو افزوده، سپس دو دقیقه به‌هم زده و پس از اینکه به‌مدت پنج دقیقه در شرایط آزمایشگاه (دمای ۲٤ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند، میزان جذب نوری عصاره‌ها در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. محتوای پروتئین برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ محاسبه شد (Bradford, 1976).

تهیه عصاره جهت سنجش فعالیت آنزیم‌ها: پس از توزین ۰/۵ گرم غده و پودرکردن آن با ازت مایع، یک میلی‌لیتر از بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (حاوی ۰/۳۷ گرم EDTA و یک گرم PVP با pH ۷) به آن اضافه گردید. مخلوط به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (۱۲۰۰۰ دور در دقیقه) گردید. درنهایت از روشناور به‌عنوان عصاره آنزیمی جهت تعیین میزان فعالیت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]

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

فعالیت آنزیم پروتئاز: ۵۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، ۳۵۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار (حاوی ۰/٤٤ گرم نمک فسفات سدیم، ۵۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر، با pH ۷/۵ و ٤۰۰ میکرولیتر کازئین (۱٪)، به‌مدت ۱۰ دقیقه در شرایط آزمایشگاه (دمای ۲٤ درجه سانتی‌گراد) انکوبه شد. بعد از افزودن ۸۰۰ میکرولیتر TCA (۱۰٪)، مجدداً ۲۰ دقیقه در شرایط آزمایشگاه نگهداری شد. پس از سانتریفیوژ (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت پنج دقیقه)، جذب نوری عصاره‌ها در طول‌موج ۲۸۰ نانومتر خوانده و برحسب میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه برگ گزارش شد (ضریب خاموشی ۲٦/٤۰ $mM^{-1}Cm^{-1}$) (Homaei and Samari, 2017).

فعالیت آنزیم پراکسیداز: ۳۳ میکرولیتر از عصاره آنزیمی به یک میلی‌لیتر محلول واکنش پراکسیداز (حاوی ۱۳ میلی‌مول گوایکول و پنج میلی‌مول هیدروژن پراکسید و ۵۰ میلی‌مول بافر فسفات پتاسیم با pH ۷) افزوده، جذب نوری عصاره‌ها در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر خوانده و برحسب میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه برگ گزارش شد (ضریب خاموشی ۲٦/٦ $mM^{-1}Cm^{-1}$) (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 طول‌موج ۲٤۰ نانومتر خوانده و برحسب میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه برگ گزارش شد (ضریب خاموشی ۳۹/٤ $mM^{-1}Cm^{-1}$) (Dhindsa *et al.*, 1981).

فعالیت آنزیم پلی‌فنل 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 طول‌موج ٤۲۰ نانومتر خوانده و برحسب میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه برگ گزارش گردید (ضریب خاموشی ۲٦/٤ $mM^{-1}Cm^{-1}$) (Kar and Mishra, 1976).

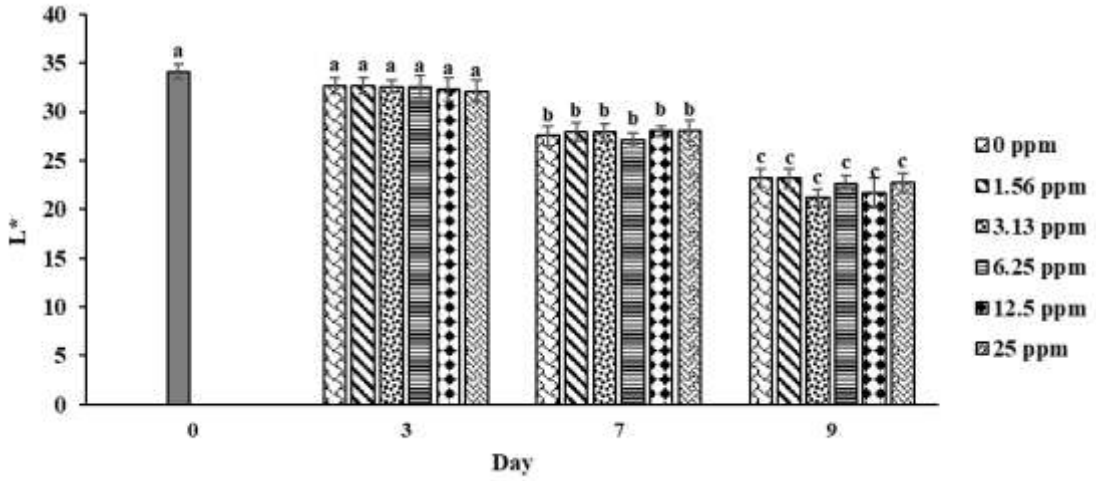
تجزیه و تحلیل داده‌ها: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. فاکتورها شامل غلظت اسانس (شش سطح) و دفعات ارزیابی (سه سطح) در شش تکرار بود. بعد از تأیید نرمال‌بودن داده‌ها با آزمون کولموگراف – اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov)، آنالیز واریانس چند متغیره انجام شد. تست پیلای (Pillai's trace test) هموژنی واریانس را تأیید کرد. به‌منظور 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

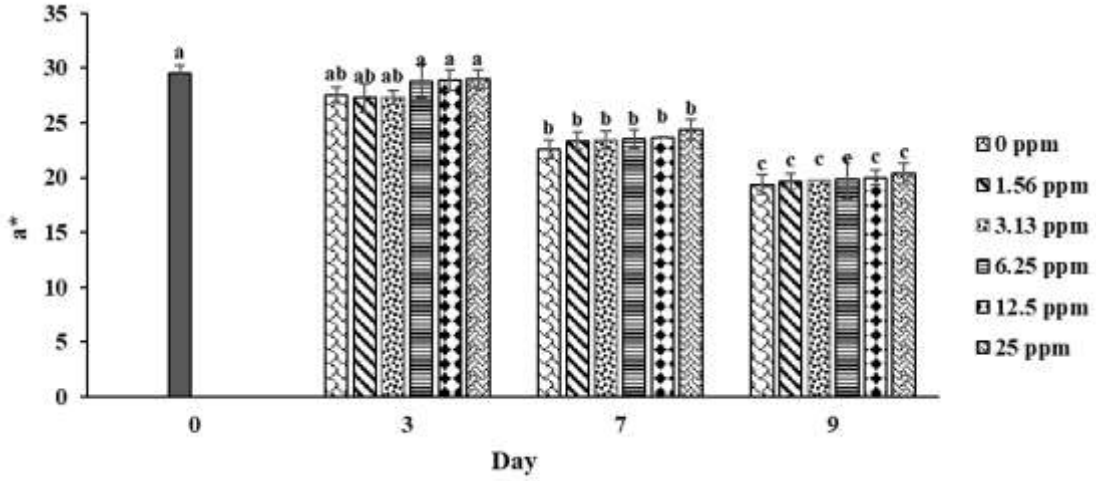
مؤلفه‌های رنگ: نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که هر چهار مشخصه رنگی غده تربچه تحت تأثیر زمان انبارمانی قرار گرفت. روندی کاهشی در مشخصه *L در نه روز انبارمانی تربچه مشاهده شد. بیشترین مقدار این مشخصه در روز اول (۳٤/۱) و پس از آن در روز سوم در تیمار شاهد (۳۲/۷۰) و کمترین آن در روز نهم (۲۱/۱۵) در غلظت ۳/۱۳ 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 (۲۰/۳٤) 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 ۱٤/٦۸ 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 ۲۸/٤ درجه در روز صفر به ۳۹/۷۲ درجه در روز سوم و درنهایت ٤۳/۰۲ درجه در روز نهم رسید. در تیمار اسانس در بالاترین غلظت نیز مقادیر از ٤۳/۰۲ درجه در روز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]



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 عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.



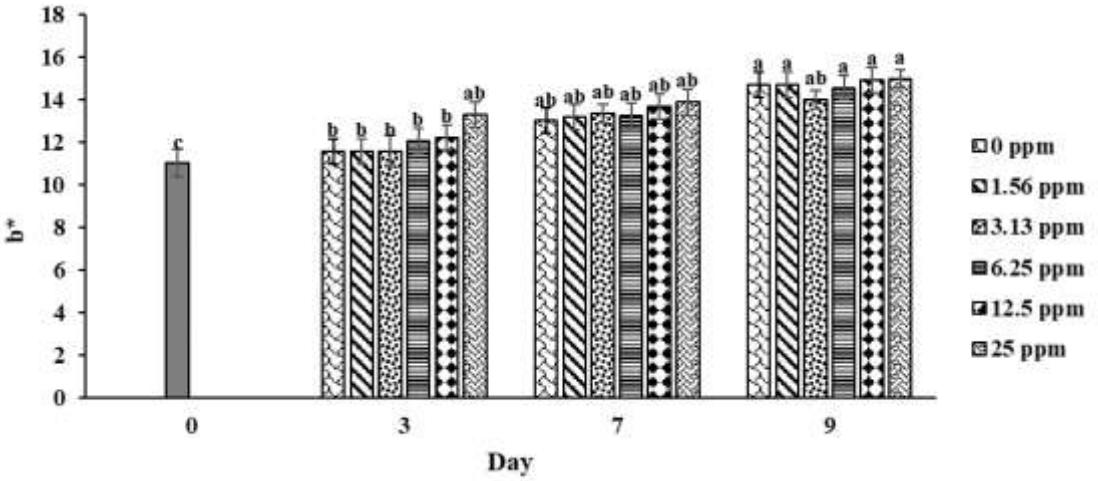
شکل ۲- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر مشخصه *a غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

سوم به ٦٣/٤٨ درجه در روز نهم رسید (شکل ٤).

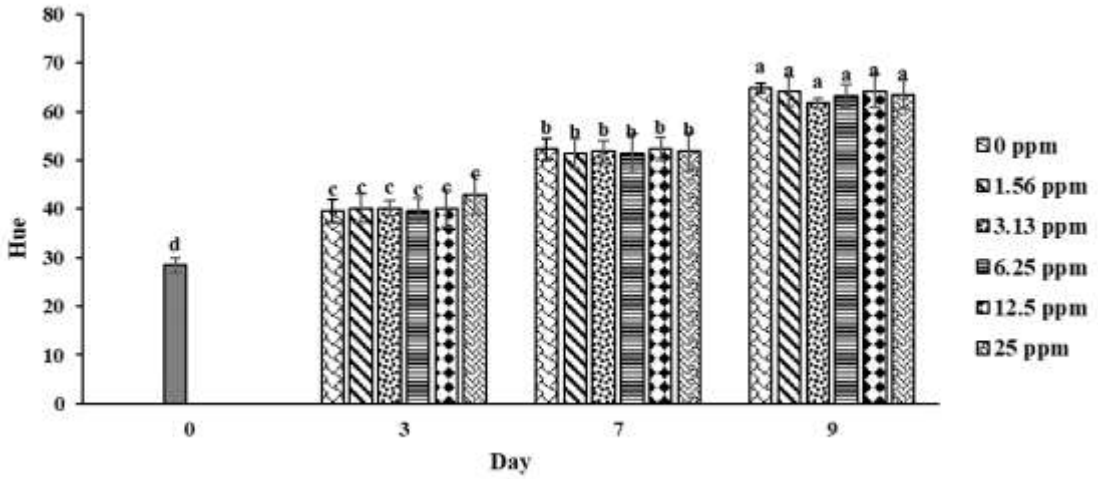
رنگ عاملی مهم در پذیرش فرآورده‌های خوراکی توسط مصرف‌کننده است. رنگ میوه با گذشت زمان در انبار تغییر می‌کند و میوه‌ها اغلب تیره‌تر شده و درخشندگی رنگ سطح میوه کمتر می‌شود (Hernandez-munos *et al.*, 2008). در تحقیق حاضر شاخص *L که بیانگر میزان روشنایی رنگ سطح غده است باگذشت زمان کاهش معنی‌داری داشت. این کاهش به آب از دست‌دهی نمونه‌ها و قهوه‌ای‌شدن ناشی از افزایش ترکیب‌های رنگ نظیر (ملانین) نسبت داده شده است (حسنی 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 وغلامی، ۱۳۹۱). اسانس میخک با جلوگیری از تلفات آب، جلوگیری از قهوه‌ای‌شدن در میوه انگور را به‌همراه داشته است (Martinez-Romero *et al.*, 2007). البته تربچه‌های تیمارشده با اسانس تفاوتی از نظر میزان *L نداشتند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]



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 عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

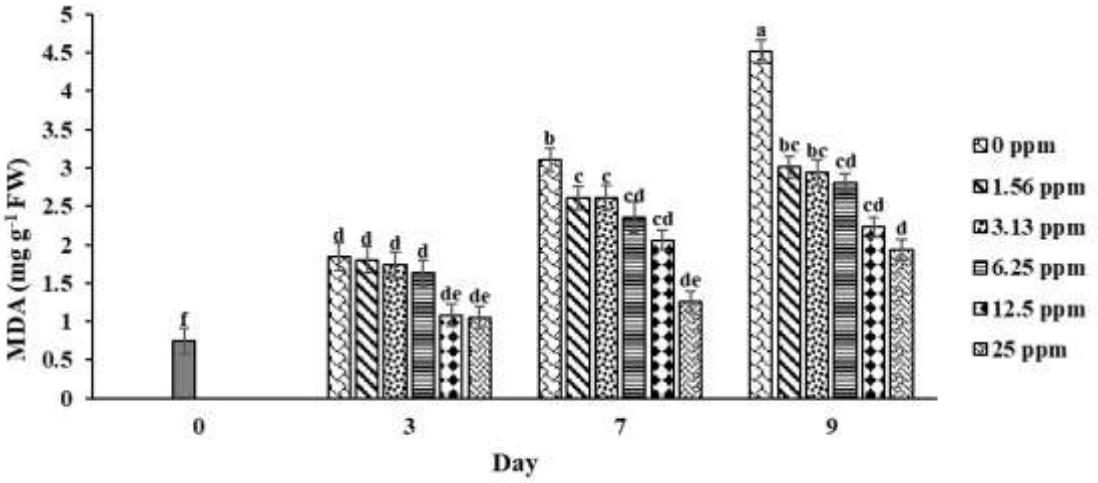


شکل ٤- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر مشخصه Hue غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

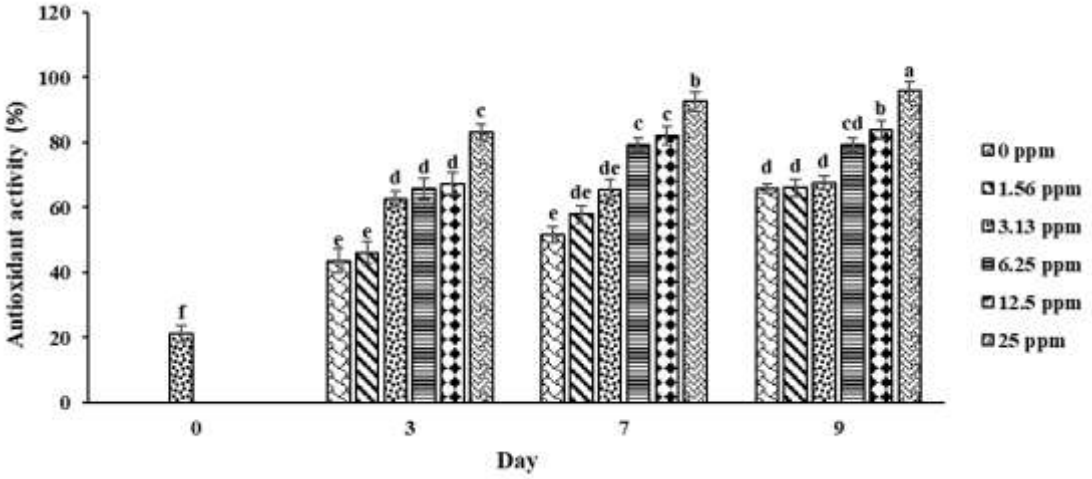
Hernandez-munos و همکاران (۲۰۰۸) نیز در نتایج خود اظهار داشتند که هر چند با گذشت زمان شاخص رنگ در میوه‌های توت‌فرنگی انبارشده کاهش یافت، اما تیمار با پوشش ارگانیک تأثیری بر این مشخصه نداشت (Hernandez-Munoz *et al.*, 2008). البته گزارش‌هایی حاکی از تأثیرپذیری مؤلفه‌های رنگ از تیمارهای ارگانیک موجود است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

محتوای مالون دی‌آلدئید، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل: دو مشخصه مالون دی‌آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت اسانسو زمان انبارمانی قرار گرفتند، درحالی‌که محتوای فنل تنها تحت تأثیر زمان انبارمانی قرار گرفت. محتوای مالون دی‌آلدئید در طول مدت نگهداری غده‌ها در انبار روندی افزایشی داشتند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]



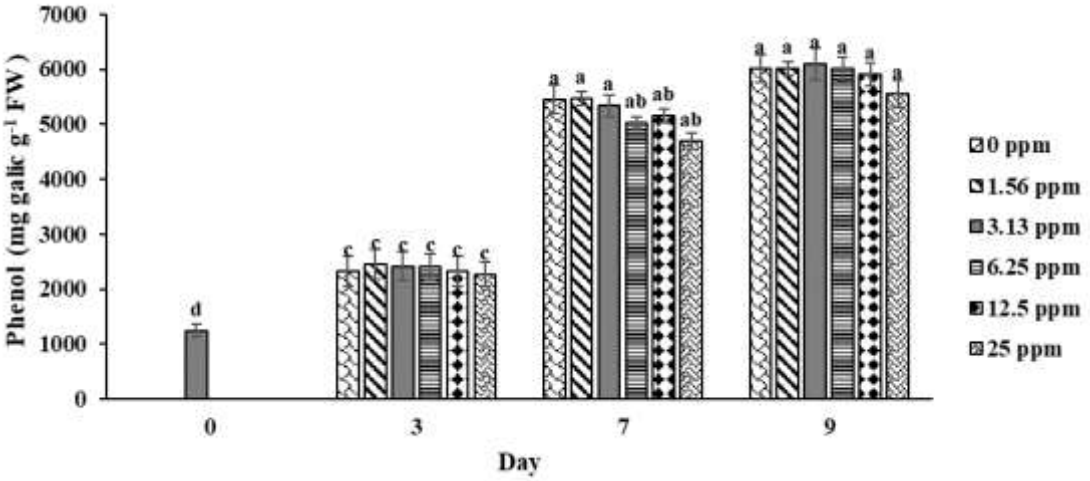
شکل ۵- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر محتوای مالون دی‌آلدئید غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.



شکل ٦- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر مشخصه توان آنتی‌اکسیدانی غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

غلظت اسانس نیز بر این دو مشخصه تأثیرگذار بود به‌طوری‌که افزایش غلظت اسانس به کاهش محتوای آنها منجر گردید. در روز صفر مالون دی‌آلدئید ۰/۷۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه بود که در روز سوم به ۱/۸۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه، در روز ششم به ۳/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن تازه و در روز نهم به ٤/٥٢ میلی‌گرم در گرم وزن تازه رسید (شکل ٥). در خصوص ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مقادیر ۱۲/۲ درصد در روز صفر به ٤٣/٦٨ درصد در روز سوم، ٥٩/٦٩ درصد در روز ششم و ٦٥/٨٤ درصد در روز نهم رسید. در تیمار ۲۵ پی‌پی‌ام از اسانس نیز با طی روندی مشابه از ۸۳/۰۷ در روز سوم به ۹۵/۷۸ درصد در روز نهم رسید (شکل ٦). هر چند تأثیر دوره انبار بر محتوای فنل معنی‌دار بود، اما این مشخصه تحت تأثیر غلظت اسانس قرار نگرفت. مقدار آن از ۱۲٤۳ 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 ٦۰۹۹/١٤ میکروگرم گالیک اسید در گرم وزن تازه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]



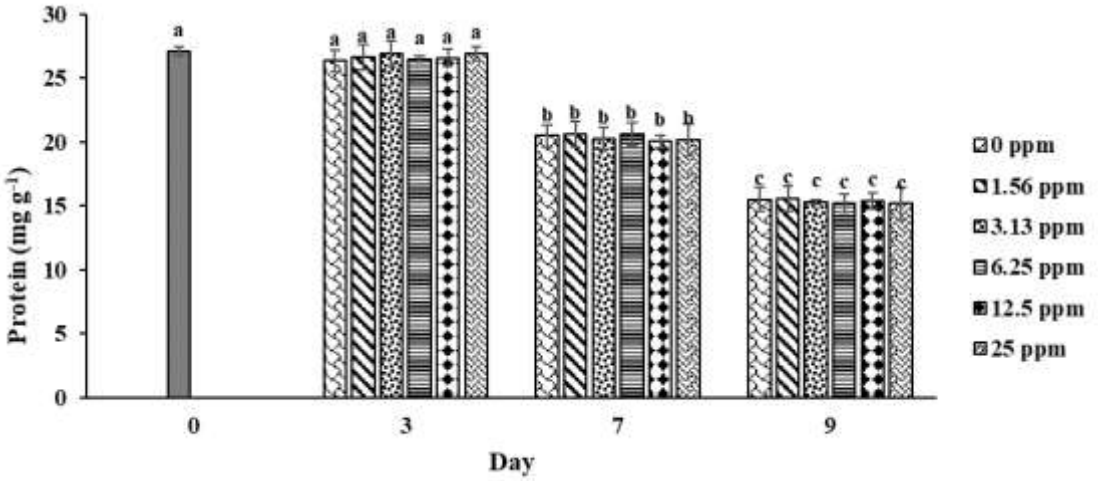
شکل ۷- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر محتوای فنل غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

در روز آخر رسید (شکل ۷).

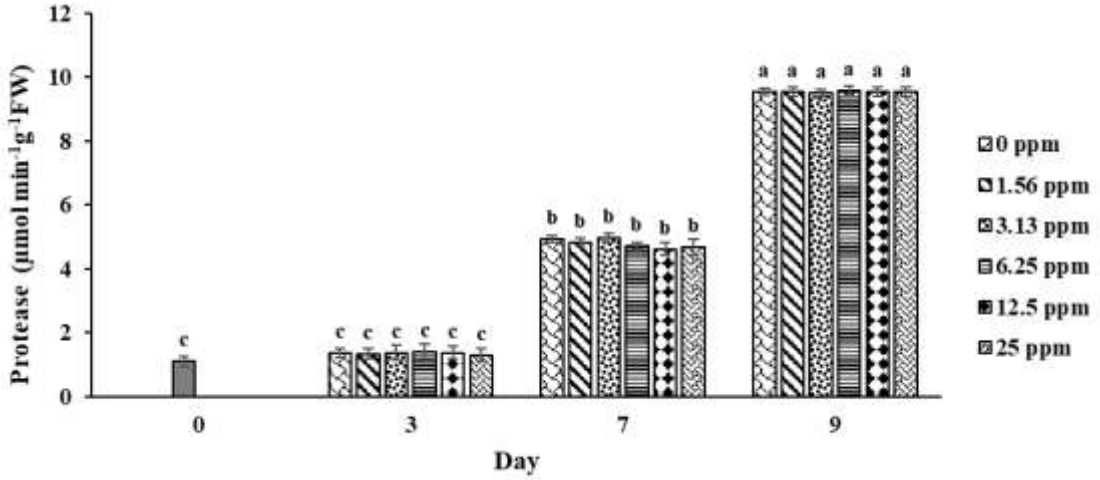
سرما با اختلال در فرآیند انتقال الکترون در میتوکندری و کلروپلاست و تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن، موجب آسیب اکسیداتیو به غشا سلول و درنتیجه افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و تولید مالون دی‌آلدئید می‌گردد. محتوای مالون دی‌آلدئید، به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی مورد سنجش در تنش سرما است که بسته به گونه گیاهی، شدت تنش و میزان خسارت به لیپیدهای غشایی متفاوت است. ارزیابی ظرفیت احیا رادیکال‌های آزاد DPPH نیز جهت غربالگری میزان خسارت در زمان بروز تنش‌های غیرزنده بکار گرفته می‌شود. از طرفی در گیاهان، تجمع ترکیبات فنلی در راستای ارتقای سیستم دفاعی بسیار ضروری است و به‌همراه دو مشخصه قبل در سنجش میزان بروز خسارت مؤثر است (Larkindale and Huang, 2004). نتایج تحقق حاضر نیز افزایش معنی‌دار در محتوای مالون دی‌آلدئید، محتوای فنل و تغییر در توان آنتی‌اکسیدانی 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 آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیداز و فنیل‌آلانین آمونیالیاز باعث گردیده‌اند (Wang and Lin, 2000). همچنین تیمار با اسانس‌های گیاهی با جلوگیری از پراکسیدشدن لیپیدها باعث بهبود توان آنتی‌اکسیدانی فرآورده غذایی می‌گردد (Taghvaei and Jafari, 2015). اسانس دارچین باعث جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و نشت یونی در هلو گردید (Montero-Prado *et al.*, 2011). ظرفیت آنتی‌اکسیدان بیشتر در میوه‌های تمشک تیمارشده با اسانس گزارش شده است (Jin *et al.*, 2012). اسانس زیره تأثیری وابسته به دوز در جاروب‌کردن رادیکال‌های آزاد داشته که با نتایج این تحقیق همسو است (Dua *et al.*, 2012). پلی‌فنل‌ها با توجه به قابلیت جاروب‌کردن رادیکال‌های آزاد، به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی مطرح هستند (Zrig *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2011). اسانس اسطوخودوس نیز با دارابودن قابلیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر، توان اکسیدانی غده‌ها در انبار را بهبود بخشید.

محتوای پروتئین کل و فعالیت آنزیم‌ها: نگهداری تربچه‌ها در سرما روندی کاهشی در محتوای پروتئین کل به‌همراه افزایش در فعالیت آنزیم پروتئاز را به‌همراه داشت. سطوح مختلف اسطوخودوس در هر یک از زمان‌های ارزیابی تأثیر معنی‌داری بر دو صفت مذکور نداشت (شکل ۸ و ۹). پروتئین کل غده از ۲۷/۱ در روز صفر میلی‌گرم در گرم وزن تازه به ۲۶/۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه در روز سوم، ۲۰/۴۸

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]



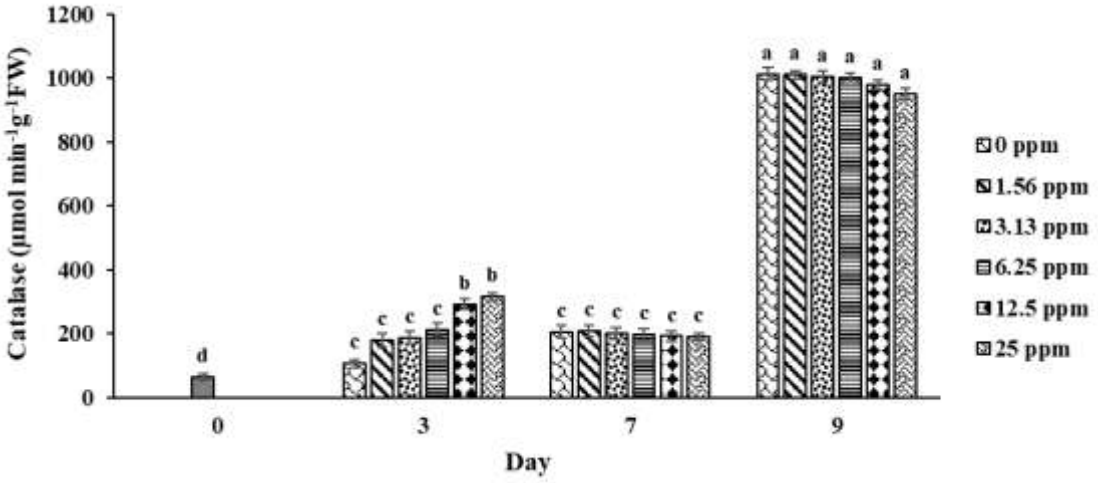
شکل ۸- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر محتوای پروتئین غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.



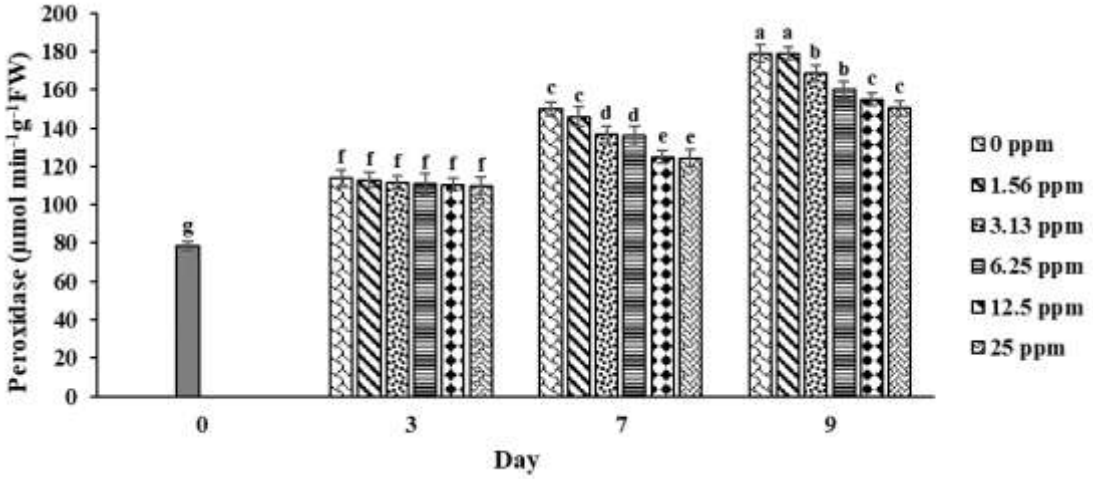
شکل ۹- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر فعالیت پروتئاز غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

میلی‌گرم در گرم وزن تازه در روز ششم و ۱۵/۴۸ میلی‌گرم 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 به‌ترتیب ۱/۱، ۱/۳۵، ٤/۹۳ 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 و ۱۲). فعالیت کاتالاز در روز صفر (٦٥ 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، به‌طوری‌که فعالیت کاتالاز در غلظت ۲۵ و ۱۲/۵ پی‌پی‌ام (به‌ترتیب ۳۱۵/٦٤ و ۲۹۲/۹۲ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تازه) با سایر مقادیر تفاوت معنی‌داری نشان داد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]



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 عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.



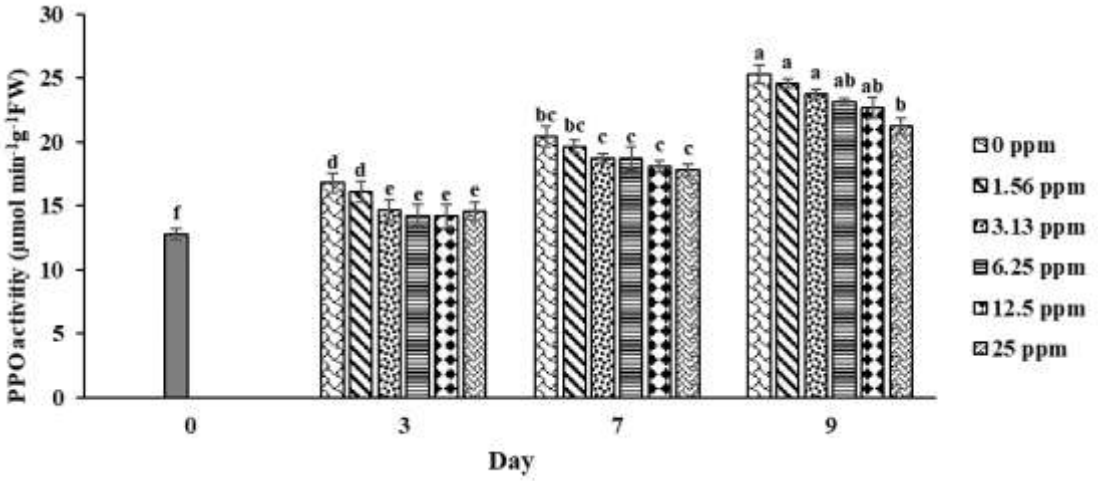
شکل ۱۱- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر فعالیت پراکسیداز غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

(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 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 تیمارشده با آن داشت که درنتیجه اختلاف معنی‌داری در فعالیت آنزیم پراکسیداز را در دو مرحله سنجش باعث گردید (احتشام‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]



شکل ۱۲- برهمکنش غلظت اسانس اسطوخودوس و زمان انبارمانی بر فعالیت پلی‌فنل اکسیداز غده تربچه در انبار سرد. مقادیر، میانگین شش تکرار و حروف یکسان بیانگر عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح یک درصد است.

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 تیمارشده 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 درنهایت باعث کاهش رشد یا حتی مرگ سلول می‌شوند. درواقع تأثیر منفی تنش‌ها بر سیستم‌های زیستی تا حد زیادی به تأثیر آنها در تخریب پروتئین‌ها مرتبط است (Srivsatava *et al*., 2011; De Almeida Melo *et al*., 2005). هر چند گزارش‌هایی از تأثیر اسانس‌های گیاهی بر ممانعت از اکسیدشدن 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 اکسیدشدن پروتئین در ارزیابی‌های مختلف نداشت. در گیاهان در شرایط تنش سرما رفتارهای فیزیولوژیکی متعددی فعال می‌شود که رادیکال‌های آزادِ مازاد را جمع‌آوری کنند. ازجمله آنها فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است (Wang, 1995; Mittler, 2002). کاتالاز در شرایط دمای پائین به‌عنوان سم‌زدا عمل کرده (Mittler, 2002) و رادیکال‌های آزاد را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند. اسانس به‌عنوان عامل دفاع آنتی‌اکسیدانی، مانع از عمل 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 جهانیِ سبزی‌هایِ خام‌خوری تبدیل کرده است. اما انبارکردن آن در دماهای کمتر از ده درجه سانتی‌گراد قهوه‌ای‌شدن و تغییر طعم را به‌همراه 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 برداشت‌شده 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 L^*، 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]

آنزیم‌های پراکسیداز، پلی‌فنل 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 به‌دلیل فراهم‌کردن 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.، شعیبی، 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.

رویتوند، س.، صداقت، ن.، وریدی، م. و محبی، م. (۱۳۹۷) بررسی تأثیر پوشش آلوئه‌ورا 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 انبارمانی. مجله علوم باغبانی ایران ۴۳: ۲۶۵-۲۵۵.

Andre, C., Castanheiraa, A. I., Cruzb, J. M., Paseirob, 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 CO_2. 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]

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 angustifolla* 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]

Srivsatava, R., Srivastava, S. P., Jaiswal, N., Mishra, A., Maurya, R. and Srivastava, A. K. (2011) Antidiabetic and antidyslipidemic 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]

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.

Kew words: Antioxidant capacity, Antioxidant eenzyme activities, Malondialdehyde, Protein assay, Total phenol

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-05-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.16.3]