Eco-phytochemical
Journal of Medicinal Plants
Print ISSN: 2322-3235
Online ISSN: 2783-4697
Iranian Society of Medical Plants

Investigation of the effect of packaging film, temperature and storage time on biochemical characteristics of *Rosmarinus officinalis* L.

Feryal Varasteh[1*], Azim Ghasemnejad[1], Sahar Zamani[2]

[1]Department of Horticulture Science, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: f.varasteh@gau.ac.ir

[2] Department of Horticulture Science, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University, Rasht, Iran.

Article type:
Research article

Article history
Received: 17-02-2023
Revised: 27-03-2023
Accepted: 28-03-2023

Keywords
Antioxidant
Biochemical
Polyamide
Polyethylene
Rosemary

Abstract

Effects of packaging film, temperature, and storage time on the biochemical properties of dried leaves of *Rosmarinus officinalis* L. were investigated in a factorial experiment based on a completely randomized design at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources during 2017-2018. Plant samples were collected and shade-dried from the newly grown branches of eight-year-old plants in June. Then, the samples were packed in packaging films including control (without coating), polyamide 80, 90, and 120 µ, polyethylene 90 µ and common plastic, before they were stored at 4 ℃ and 25 ℃ for one year. The biochemical compounds of the plant were measured every three-months. Chlorophylls and carotenoids were measured using dimethyl sulfoxide method. Phenols, flavonoids, and antioxidant activity were assayed by Folin-Ciocalteu, aluminum-chloride, and DPPH method. Findings showed that chlorophylls and carotenoids decreased over time; however, 4 ℃ preserved the pigments better than 25 ℃. The highest phenol content (4.5 mg/g) was observed in common plastic after 6 months, and the highest flavonoids (2.87 mg/g) was observed in polyamide 90 µ and polyethylene 90 µ stored for 3 months at 4 ℃. Total phenols and flavonoids in treatments were 1.78 and 3 times higher than the samples without coating stored for 12 months at 25 ℃. The highest antioxidant activity was observed in all packages at the beginning of the experiment, and the antioxidant activity decreased by 30.8% after 12 months storage at 25 ℃ without coating. According to the findings of the study, in order to preserve the quality of dried rosemary leaves, they are recommended to be stored in polyamide 90 and 120 µ and polyethylene 90 µ at 4 ℃ for 3 months, because in these treatments, in addition to the increase in total phenols and flavonoids (1.2-1.3 times compared to the beginning of the experiment), the content of total chlorophylls, carotenoids, and antioxidant activity did not increase highly.

Cite this article as: Varasteh, F., Zamani, S. (2023). Investigation of the effect of packaging film, temperature and storage time on biochemical characteristics of *Rosmarinus officinalis* L. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*., 11(2): 65-80.

©The author(s) Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/ejmp.2023.1980460.1719 Dor: 20.1001.1.23223235.1402.11.2.4.7

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی
شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷
انجمن گیاهان دارویی ایران ثبت ۱۸۹۴۳
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

بررسی اثر فیلم بسته‌بندی، دما و مدت زمان نگهداری بر خصوصیات بیوشیمیایی گیاه دارویی *Rosmarinus officinalis* L.

فریال وارسته اکبرپور[1*]، عظیم قاسم نژاد[1]، سحر زمانی[2]

[1] گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: f.varasteh@gau.ac.ir

[2] گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۰۸

واژه‌های کلیدی:
آنتی‌اکسیدان
اکلیل‌کوهی
بیوشیمیایی
پلی‌آمید
پلی‌اتیلن

چکیده

بررسی اثر فیلم بسته‌بندی، دما و زمان نگهداری بر خصوصیات بیوشیمیایی برگ خشک گیاه اکلیل کوهی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. نمونه‌های گیاهی، خردادماه از سرشاخه‌های رشد جدید بوته‌های هشت ساله برداشت و سایه خشک شدند. سپس در فیلم مورد نظر (شاهد، پلی‌آمید ۸۰، ۹۰ و ۱۲۰، پلی‌اتیلن ۹۰ میکرون و پلاستیک معمولی)، بسته‌بندی و در دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی گراد یک سال نگهداری شدند. ترکیبات بیوشیمیایی هر سه ماه اندازه گیری گردید. میزان کلروفیل کل و کارتنوئید با استفاده از دی متیل سولفوکساید و فنل کل با معرف فولین- سیوکالیتو، محتوای فلاونوئید با روش آلومینیوم کلراید و فعالیت آنتی اکسیدانی با معرف DPPH اندازه‌گیری شد. در همه تیمارها با گذشت زمان، میزان کلروفیل و کاروتنوئید روند کاهشی داشت، هرچند در۴ درجه سانتی گراد نسبت به ۲۵ درجه سانتی گراد رنگدانه ها بهتر حفظ شد. بیشترین میزان فنل (۴/۵ میلی گرم بر گرم) پلاستیک معمولی پس از ۶ ماه و بیشترین فلاونوئید (۲/۸۷ میلی‌گرم بر گرم) در پلی آمید ۹۰ و پلی اتیلن ۹۰ میکرون ۳ ماه نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی گراد مشاهده شد. فنل کل و فلاونوئید در تیمارهای مذکور ۷۸/۱ و ۳ برابر بیشتر از شاهد ۱۲ ماه نگهداری شده در ۲۵ درجه سانتی گراد بود. بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در ابتدای آزمایش در همه بسته ها و پس از ۱۲ ماه در ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شاهد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۸/۳۰ درصد کاهش یافت. با توجه به یافته‌ها، جهت حفظ کیفیت برگ خشک اکلیل‌کوهی پیشنهاد می‌شود این گیاه در پلی‌آمید ۹۰ و ۱۲۰ و پلی‌اتیلن ۹۰ میکرون بسته بندی و در ۴ درجه سانتی‌گراد ۳ ماه نگهداری گردد، زیرا در این تیمارها علاوه بر افزایش فنل و فلاونوئید (۲/۱-۳/۱ برابر)، کلروفیل، کارتنوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش کمتری یافت.

استناد: وارسته اکبرپور، فریال؛ قاسم نژاد، عظیم؛ زمانی، سحر. (۱۴۰۲). بررسی اثر فیلم بسته‌بندی، دما و مدت زمان نگهداری بر خصوصیات بیوشیمیایی گیاه دارویی *Rosmarinus officinalis* L. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۱ (۲)، ۸۰-۶۵.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.
Doi:10.30495/ejmp.2023.1980460.1719
Dor: 20.1001.1.23223235.1402.11.2.4.7

مقدمه

گیاهان دارویی منابع طبیعی غنی هستند که به دلیل دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدمیکروبی، ضدالتهابی و غیره از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. امروزه در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، استفاده از گیاهان دارویی به دلیل افزایش اعتماد مردم به استفاده از این گیاهان به‌عنوان جایگزینی برای داروهای شیمیایی با عوارض جانبی، به‌شدت افزایش یافته است و تخمین زده می‌شود که حدود ۸۰ درصد از جمعیت جهان به فرآورده‌های دارویی گیاهی متکی هستند (Pant et al., 2021). یکی از گیاهان دارویی ارزشمند و پرکاربرد در صنعت، اکلیل‌کوهی می‌باشد. اکلیل کوهی یا رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) گیاهی همیشه سبز، معطر، بومی نواحی مدیترانه و متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است که به‌عنوان ادویه در آشپزی، به‌عنوان نگهدارنده طبیعی در صنایع غذایی، به‌عنوان گیاه زینتی در فضای سبز و به‌عنوان گیاه دارویی در صنایع داروسازی و بهداشتی استفاده می‌شود (De Oliveira et al., 2019; Jalili Heravi et al., 2011). اسانس و عصاره‌گیاه اکلیل کوهی حاوی ترکیبات ارزشمندی مانند آلفا پینن، کارنوسول، اکالیپتول، روزمادیال، روزمانول، اوژنول و اسید رزمارینیک، اسید کافئیک، اسید کارنوزیک، اسید کلروژنیک، اسید اولئانولیک، اسید اورسولیک، رزماکوئینون A و B و غیره می‌باشد (De Oliveira et al., 2019). اکلیل کوهی و اجزای آن دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدمیکروبی، ضد درد، ضد التهاب، ضد اسپاسم، ضدعفونی‌کننده، ضد افسردگی و محافظت کننده عصبی هستند. همچنین به منظور درمان اختلالات عاطفی، میگرن، بهبود خستگی ذهنی و حافظه، دردهای روماتیسمی، نفخ، ریزش مو و غیره استفاده می‌گردد (Al-Maharik et al., 2022).

گیاهان دارویی و ادویه‌ای همواره جزء مهمی از رژیم غذایی بشر بوده‌اند. این گیاهان معمولا به صورت خشک عرضه می‌شوند، چون در این حالت به‌آسانی قابل حمل‌ونقل و بازاررسانی بوده و می‌توانند به مدت بیشتری نگهداری شوند (Omidbaigi, 2006). تغییرات ترکیبات موثره گیاهان دارویی به ماهیت گیاهان، عوامل ژنتیکی، محیطی، مدیریت پس از برداشت، روش‌های خشک کردن، شرایط نگهداری و روش‌های استخراج بستگی دارد. همه این عوامل می‌توانند با تغییر این ترکیبات به‌طور مستقیم بر ایمنی و کارایی آن‌ها تأثیر بگذارند (Leao et al., 2019). فرآیند پس از برداشت گیاهان دارویی از اهمیت زیادی در زنجیره تولید برخوردار است، زیرا تأثیر مستقیم بر کمیت و کیفیت مواد موثره دارد. انبارداری نیز از مراحل مهم پس از برداشت است زیرا گیاهان دارویی قبل از اینکه به‌عنوان ماده اولیه برای تولید محصولات مختلف استفاده شوند اغلب برای دوره‌های طولانی نگهداری می‌شوند (Masand et al., 2014). انبارداری نامناسب به دلایل فیزیکی یا بیولوژیکی می‌تواند با تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی سبب کاهش ترکیبات موثره گیاهان شود (Lisboa et al., 2018). بنابراین، بهینه‌سازی شرایط نگهداری از نظر دما، مدت زمان و نوع بسته‌بندی در گونه‌های دارویی برای حفظ ترکیبات فیتوشیمیایی در سطح مطلوب به منظور استفاده در صنایع مختلف و تجاری‌سازی آن‌ها بسیار حائز اهمیت است. تحقیقات متعددی در زمینه بررسی بسته‌بندی‌های مختلف و نگهداری گیاهان در دماها و زمان‌های متفاوت انجام شده است. نتایج یک پژوهش نشان داد که نمونه‌های ریحان (*Ocimum basilicum*)

نگهداری شده در بسته‌بندی منفذدار در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، حداقل کاهش وزن و حداکثر کلروفیل و ویتامین C را دارا بودند. بسته‌بندی منفذدار استفاده شده در تمام دماها (۴، ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) کمترین میزان از دست‌دهی ویتامین C را در مقایسه با بسته‌بندی بدون منفذ نشان داد (Tay and Teo, 2019). بررسی شاخص‌های رنگ و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاهان دارویی *Lippia alba*، *Arrabidaea chica*، *Eucalyptus grandis*، Cymbopogon *citratus*، *Cymbopogon nardus* و *Lippia microphylla*. تحت تأثیر دماها و دوره‌های مختلف نگهداری (۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز) نشان داد که ذخیره‌سازی برگ‌ها در دمای صفر درجه سانتی‌گراد (نسبت به دمای ۱۷ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد) منجر به حفظ آنتوسیانین، کلروفیل، کارتنوئید، فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طول دوره نگهداری شد. دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد ترکیب شیمیایی برگ‌ها را در سطوح رضایت بخشی نگه می‌دارد، در حالی که در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد کاهش قابل توجهی در طول دوره‌های نگهداری وجود دارد (Leao et al., 2019). با گذشت زمان و افزایش دما، برخی از صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی علف‌چشمه (*Nasturtium officinale*) کاسته شد و بالاترین میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، فنلی و رنگدانه‌های گیاه در بازه زمانی ۷ تا ۱۴ روز ثبت شد (Hasandokht and Jafari, 2015). براساس گزارشی ویژگی‌های کیفی گیاه شوید از جمله رنگ، عطر، محتوای رنگدانه کلروفیل و تجمع آب با گذشت زمان ذخیره‌سازی پس از ۱۵ روز انبار، به‌طور قابل توجهی کاهش یافت اما در بسته‌بندی دارای تهویه و دمای صفر درجه سانتی‌گراد به‌دلیل تنفس کمتر و حفظ رطوبت، کیفیت ظاهری بهتر بود (Nand Tiwari and Yadav, 2014). بسته‌بندی گیاه دارویی بادرشبی با فیلم‌های پلی‌اتیلن- پلی‌آمید به‌دلیل غیرقابل نفوذ بودن نسبت به تبادلات گازی بهتر از بسته‌های پلی‌اتیلنی (قابل نفوذ) می‌باشد و شرایط تاریکی در برخی فاکتورها موجب حفظ مناسب مواد مؤثره گردید (Babalar et al., 2014). نتایج پژوهشی بر روی گل‌های زعفران نشان داد که نگهداری نمونه‌های گیاهی در دمای صفر درجه سانتی‌گراد مقدار کروسین، سافرانال و پیکروکروسین را به‌طور مؤثری در مقایسه با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد حفظ نمود. همچنین بررسی انواع بسته‌بندی بیانگر آن بود که نمونه‌های نگهداری شده در بسته‌های پلی‌اتیلن با چگالی پایین، مقدار کروسین، سافرانال و پیکروکروسین بیشتری در مقایسه با بسته‌های پلی‌اتیلن- پلی‌آمید داشتند (Shoormij et al., 2012). نظر به اهمیت شرایط پس از برداشت و نگهداری گیاهان دارویی در کیفیت محصول، بازارپسندی و امنیت غذایی، این پژوهش با هدف بررسی اثر چند نوع فیلم بسته‌بندی و دمای نگهداری در طول زمان بر کیفیت رنگ و خواص آنتی‌اکسیدانی برگ‌های خشک گیاه اکلیل‌کوهی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه و اعمال تیمار: پژوهش حاضر به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه عامل بسته‌بندی، دما و زمان نگهداری در سه تکرار در آزمایشگاه علوم باغبانی دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. نمونه‌های گیاهی از سرشاخه‌های رشد جدید ۱۵ بوته هشت ساله کشت شده در مجموعه گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در بهترین زمان تجمع ماده موثره (هنگام ظهور بیش از ۵۰ درصد گل در بوته) برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. سرشاخه‌ها و برگ‌های گیاه در محیطی سالم و عاری از عوامل

بیماری‌زا در محیط آزمایشگاه سایه خشک شدند و در طی روزهای خشک شدن اندازه‌گیری متوالی وزن چند نمونه تا زمان رسیدن به وزن خشک ثابت برای اطمینان از خشک شدن کامل گیاهان انجام شد. فیلم‌های بسته‌بندی از شرکت توان صنعت نوین زاگرس تهیه و به‌وسیله پرس حرارتی بسته‌های با ابعاد ۲۰×۱۵ سانتی‌متر تهیه شد. تیمارهای بسته‌بندی شامل فیلم پلی‌آمید با ضخامت‌های ۸۰، ۹۰ و ۱۲۰ میکرون، فیلم پلی‌اتیلن با ضخامت ۹۰ میکرون، پلاستیک معمولی و شاهد (بدون پوشش) بودند. پس از خشک شدن کامل، مقدار مساوی از برگ‌ها (حدود ۵۰ گرم) درون فیلم‌های بسته‌بندی قرار داده شد و درب بسته‌ها با پرس حرارتی مهروموم شد و بسته‌ها در دمای ۴ (در یخچال) و ۲۵ درجه سانتی‌گراد (در محیط آزمایشگاه) به مدت ۱۲ ماه نگهداری شدند. اندازه‌گیری خصوصیات کیفی نمونه‌ها در روز اول آزمایش و پس از ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماه نگهداری بسته‌ها در هر دو دما انجام شد.

اندازه‌گیری کلروفیل کل و کارتنوئید: جهت سنجش میزان کلروفیل کل و کارتنوئید ابتدا به ۰/۵ گرم از بافت گیاهی کوبیده شده ۱۰ میلی‌لیتر دی متیل سولفوکساید (DMSO) افزوده و سپس نمونه‌ها به مدت ۳ ساعت در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در ادامه، یک میلی‌لیتر از قسمت شفاف نمونه‌ها با DMSO به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شد و با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Shimadzu UV-160 در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت و با استفاده از روابط (۱) و (۲) میزان کلروفیل کل و کارتنوئید محاسبه شد (Barnes et al., 1992).

رابطه (۱):

$$Chl\ total\ (mg/g) = 20.2\ (A645) + 8.02\ (A663) \times V/1000 \times W$$

رابطه (۲):

$$Car\ (mg/g) = 7.6\ (A480) - 1.49\ (A510) \times V/1000 \times W$$

A= طول موج؛ V= حجم نهایی محلول؛ W= وزن نمونه

اندازه‌گیری ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (فنل کل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی): به‌منظور اندازه‌گیری فنل کل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ابتدا عصاره متانولی با نسبت ۱ به ۱۰ (یک گرم گیاه در ۱۰ میلی‌لیتر متانول) تهیه شد. نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت تاریکی به‌مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و قسمت شفاف عصاره‌ها برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی مورد نظر استفاده گردید (Azizian Shermeh et al., 2018).

جهت اندازه‌گیری فنل کل، ابتدا ۲۰ میکرولیتر عصاره متانولی با ۱۰۰ میکرولیتر فولین سیوکالتیو و ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و پس از ۵ الی ۸ دقیقه استراحت، ۳۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم یک مولار به آن افزوده شد. نمونه‌ها پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در تاریکی و حمام بخار ۴۰ درجه سانتی‌گراد، در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت و با استفاده از معادله خط استاندارد اسیدگالیک، میزان فنل کل بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم بدست آمد (Slinkard and Singleton, 1997).

محتوای فلاونوئید با روش رنگ‌سنجی روش آلومینیوم کلراید سنجش شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره متانولی تهیه شده با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم کلرید ۱۰٪ در اتانول، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و نیم ساعت در تاریکی قرار داده و سپس در طول موج ۴۱۵ نانومتر خوانده شد. میزان فلاونوئید بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر گرم محاسبه و گزارش شد (Chang et al., 2002).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با روش مهار رادیکال‌های آزاد DPPH اندازه‌گیری شد (Boudet, 2007). مخلوط واکنش حاوی دو میلی‌لیتر DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار و دو میلی‌لیتر عصاره متانولی پس از مدت

۱۵ دقیقه نگهداری در تاریکی، با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی با رابطه (۳) زیر بدست آمد:

رابطه (۳):

100 × [(Ac-As)/Ac]=درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی

Ac میزان جذب شاهد و As میزان جذب نمونه می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (9.2) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج

محتوی رنگدانه کلروفیل کل: اثر فیلم بسته‌بندی، مدت زمان، دمای نگهداری و اثر متقابل مدت زمان و دمای نگهداری بر میزان کلروفیل کل در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است کلروفیل کل با افزایش زمان و دمای انبارداری کاهش نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل در ابتدای آزمایش (۰/۴۶۸ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین میزان (۰/۱۱۵ میلی‌گرم بر گرم) در نمونه‌های نگهداری شده در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۱۲ ماه مشاهده شد. طبق بررسی اثر فیلم‌های بسته‌بندی، بیشترین میزان کلروفیل کل در بسته‌های پلی‌آمید ۱۲۰ میکرون (۳۲/۰ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین میزان نیز در نمونه‌های بدون پوشش (۲۸۸/۰ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر فیلم بسته‌بندی، دما و مدت زمان نگهداری بر صفات کیفی گیاه دارویی اکلیل‌کوهی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل کل	کاروتنوئید	فنل کل	فلاونوئید	فعالیت آنتی‌اکسیدانی
بسته‌بندی	۵	۴۸۴۵/۲۸**	۲۹۹/۸۷^{ns}	۰/۷۳۵*	۰/۲۰۸**	۳۲۵/۱۴۰**
زمان	۴	۶۰۰۸۲/۶۹**	۱۰۴۰۰/۰۵**	۰/۴۶۳**	۱/۰۶۲**	۳۹۹۶/۴۰۴**
دما	۱	۱۲۴۸۳۰**	۳۶۱۳۹/۴۵**	۰/۲۴۰^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۶۶۶/۱۲۰**
بسته‌بندی× زمان	۲۰	۶۹۰/۴۲^{ns}	۱۸۴/۸^{ns}	۰/۹۲۱**	۰/۱۷۴**	۱۰۵/۷۷۹**
بسته‌بندی× دما	۵	۱۵۵۶/۷۸^{ns}	۵۵۳/۸۵*	۰/۲۱۲^{ns}	۰/۱۲۱^{ns}	۳۰۶/۰۲۱**
زمان× دما	۴	۲۸۲۱۸/۳۹**	۳۰۶۰/۳۶**	۰/۰۸۴^{ns}	۰/۰۳۱^{ns}	۱۰۱/۹۹۲**
بسته‌بندی× زمان× دما	۲۰	۸۰۱/۱۸^{ns}	۵۹۱/۱۵**	۰/۳۵۰^{ns}	۰/۲۸۹**	۱۶۹/۱۸۵**
خطا	۱۱۵	۱۱۵۸/۱۴	۱۹۳/۷۱	۰/۲۵۲	۰/۰۵۷	۱۷/۵۸۰
ضریب تغییرات	–	۲۲۲/۱۱	۱۰/۲۹۹	۱۵/۲۶۳	۱۱/۲۳۹	۹/۹۴۵

**، * و ^{ns}به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌داری

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر ساده فیلم بسته‌بندی صفات کیفی گیاه دارویی اکلیل‌کوهی

فیلم بسته‌بندی	کلروفیل کل (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)	فنل کل (mg/g)	فلاونوئید (mg/g)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٪)
پلی آمید ۸۰ میکرون	۲۹۵/۰ bc	۱۳۲/۰ ab	۱۸۲/۳ b	۲۳۸/۲ a	۲۱/۴۲ b
پلی آمید ۹۰ میکرون	۲۹۶/۰ bc	۱۳۴/۰ ab	۲۹۷/۳ ab	۱۱/۲ bc	۹۶/۴۷ a
پلی آمید ۱۲۰ میکرون	۳۲۱/۰ a	۱۳۹/۰ a	۲۵/۳ ab	۰۳۳/۲ c	۵۵/۴۲ b
پلی اتیلن ۹۰ میکرون	۳۱۵/۰ a	۱۳۸/۰ a	۰۷۳/۳ b	۲۲۹/۲ ab	۲۸/۴۲ b
پلاستیک معمولی	۳۰۶/۰ ab	۱۳۶/۰ ab	۴۸۹/۳ a	۰۹/۲ c	۰۷/۳۹ c
بدون پوشش	۲۸۸/۰ c	۱۳/۰ b	۴۴/۳ a	۰۸/۲ c	۸۶/۳۸ c

میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری ندارند ($P<0.05$).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ساده مدت زمان نگهداری بر صفات کیفی گیاه دارویی اکلیل‌کوهی

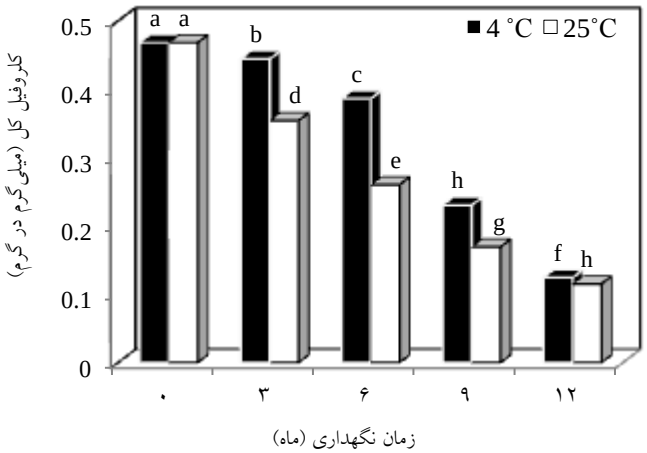
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٪)	فلاونوئید (mg/g)	فنل کل (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)	مدت زمان انبارداری
۵۷/۹۲ a	۲۲/۲ b	۱۰۳/۳ c	۱۸/۰ a	۴۷/۰ a	ابتدای آزمایش
۳۵/۴۷ b	۷۳/۲ a	۷/۳ a	۱۷/۰ ab	۴/۰ ab	۳ ماه
۹۶/۳۰ c	۲۷/۲ b	۵۶۵/۳ b	۱۴۷/۰b	۳۲/۰ b	۶ ماه
۷۸/۲۴ d	۹۵/۱ c	۱۲۴/۳ c	۱۰۷/۰ c	۲/۰ c	۹ ماه
۱۲/۱۵ e	۴۷/۱ d	۹۴۳/۲ d	۰۷/۰ d	۱۱/۰ c	۱۲ ماه

میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری ندارند ($P<0.05$).

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر ساده دمای نگهداری بر صفات کیفی گیاه دارویی اکلیل‌کوهی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٪)	فلاونوئید (mg/g)	فنل کل (mg/g)	کاروتنوئید(mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)	دمای انبار
۲۳/۴۰ b	۱۳/۲ a	۲۵/۳ a	۱۴۹/۰ a	۳۲۹/۰ a	۴ درجه سانتی‌گراد
۰۸/۴۴ a	۱۳/۲ a	۳۲/۳ a	۱۲۱/۰ b	۲۷۷/۰ b	۲۵ درجه‌سانتی‌گراد

میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری ندارند ($P<0.05$).



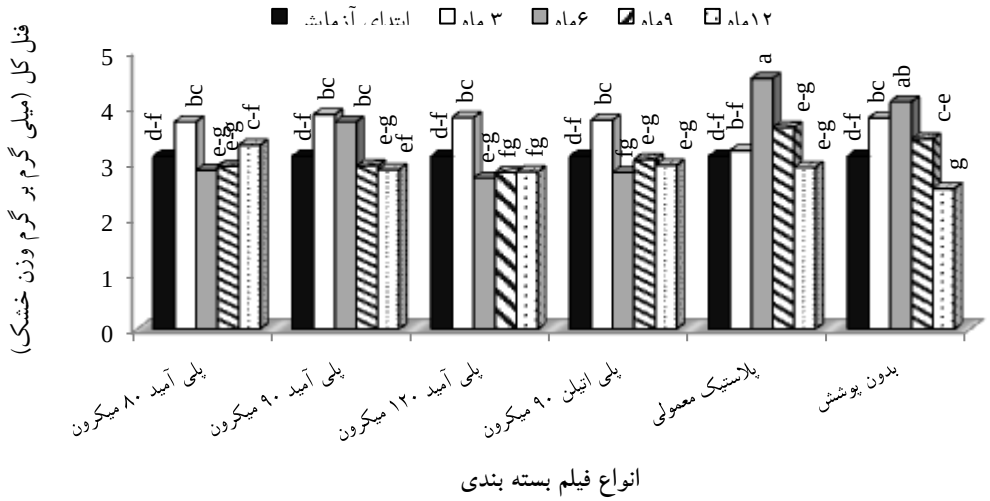
شکل ۱: اثر متقابل دما و مدت زمان نگهداری بر میزان کلروفیل کل گیاه دارویی اکلیل‌کوهی.

میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری ندارند ($P<0.05$).

محتوی رنگدانه کاروتنوئید: مطابق جدول ۱، اثر مدت زمان، دمای نگهداری، اثر متقابل آن‌ها و اثر متقابل سه عامل بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار بود ($P<0.01$). بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد، بیشترین محتوای کاروتنوئید (۰/۲۵۵ میلی‌گرم بر گرم) در ابتدای آزمایش بدست آمد. نمونه‌های بسته-بندی شده با پلی‌آمید ۱۲۰ میکرون و نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ماه نیز بالاترین محتوی کاروتنوئید را دارا بودند (۰/۲۴۳ میلی‌گرم بر گرم). با گذشت زمان انبارداری، محتوی کاروتنوئید نیز کاهش یافت به‌طوری‌که در تمامی نمونه‌های انبارشده به مدت ۱۲ ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، محتوای کاروتنوئید ۷/۳-۷/۴ برابر نسبت به ابتدای آزمایش کاهش یافت (جدول ۵).

محتوی فنل کل: اثر فیلم بسته‌بندی، مدت زمان نگهداری و اثر متقابل فیلم بسته‌بندی و مدت زمان

نگهداری بر میزان فنل کل در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در این آزمایش، ابتدا میزان فنل کل تا ماه سوم انبار به میزان ۱۹/۱ برابر افزایش یافت سپس تا پایان دوره نگهداری از میزان فنل کل کاسته شد. بیشترین میزان فنل کل (۴/۵ میلی‌گرم بر گرم) در نمونه‌های بسته‌بندی شده با پلاستیک معمولی پس از ۶ ماه مشاهده شد که ۷۸/۱ برابر بیشتر از نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) بعد از ۱۲ ماه انبارداری بود (شکل ۲).



شکل ۲: اثر متقابل فیلم بسته‌بندی و مدت زمان نگهداری بر میزان فنل کل گیاه اکلیل‌کوهی.
میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری ندارند ($P<0.05$).

محتوی فلاونوئید: مطابق جدول ۱ اثر فیلم بسته‌بندی، مدت زمان، اثر متقابل فیلم بسته‌بندی و مدت زمان نگهداری و نیز اثر متقابل سه عامل بر میزان فلاونوئید در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ($P<0.01$). میزان فلاونوئید طی سه ماه اول نگهداری افزایش یافت اما بعد از آن از میزان فلاونوئید کاسته شد. بیشترین میزان فلاونوئید (۲/۸۷ میلی‌گرم بر گرم) در فیلم پلی‌اتیلن ۹۰ میکرون انبار شده به مدت ۳ ماه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد ثبت شد که با تیمارهای پلی‌آمید ۹۰ میکرون و پلاستیک معمولی انبار شده به مدت ۳ ماه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری نداشت (به‌ترتیب ۸۴/۲ و ۸۲/۲ میلی‌گرم بر گرم). اکثر نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم‌های مورد بررسی در ماه سوم و ششم نیز میزان فلاونوئید بالایی داشتند. کمترین میزان فلاونوئید (۰/۹۳ میلی‌گرم بر گرم) نیز در نمونه‌های بدون پوشش نگهداری شده به مدت ۱۲ ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۵).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: اثر فیلم بسته‌بندی، زمان، دمای نگهداری و اثرات متقابل آن‌ها بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با گذشت مدت زمان نگهداری، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۵/۹۲ درصد) در ابتدای دوره نگهداری مشاهده شد. کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۳ درصد) در نمونه‌های بدون پوشش انبار شده به مدت ۱۲ ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد که کاهش ۸۳/۳۰ درصدی نسبت به ابتدای آزمایش نشان داد (جدول ۵).

جدول ۵: اثر متقابل فیلم بسته‌بندی، مدت زمان و دمای نگهداری بر میزان کاروتنوئید، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه اکلیل‌کوهی

فیلم بسته‌بندی	مدت زمان نگهداری	دمای نگهداری	کاروتنوئید (mg/g)	فلاونوئید (mg/g)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٪)
پلی‌آمید ۸۰ میکرون	ابتدای آزمایش	۴°C	۰/۲۵۵a	۲/۲۱۹ bc	۹۲/۵a
		۲۵°C	۰/۲۵۵a	۲/۲۱۹ bc	۹۲/۵a
	۳ ماه	۴°C	۱۹۶/۰ bc	۲/۷۴۰ ab	۳۶/۸۱h-k
		۲۵°C	۰/۱۴۰g-l	۲/۷۱۰ ab	۵۷/۵۳b
	۶ ماه	۴°C	۰/۱۷۰d-f	۲/۵۳۰ ab	۳۲/۰۶k-n
		۲۵°C	۰/۱۲۸j-n	۲/۶۲۵ ab	۳۴/۱۶k-m
	۹ ماه	۴°C	۰/۱۳۲h-m	۲/۳۸۰ bc	۱۷r-u
		۲۵°C	۰/۰۷۸q-s	۲/۰۷۲ bc	۳۴/۸۲j-m
	۱۲ ماه	۴°C	۰/۰۸۲p-r	۱/۰۱۹ e	۴/۶۱w
		۲۵°C	۰/۰۵۵s	۱/۸۶۳ cd	۲۰p-t
پلی‌آمید ۹۰ میکرون	ابتدای آزمایش	۴°C	۰/۲۵۵a	۲/۲۱۹ bc	۹۲/۵ a
		۲۵°C	۰/۲۵۵a	۲/۲۱۹ bc	۹۲/۵ a
	۳ ماه	۴°C	۱۷۳/۰ c-e	۲/۷۵۴ ab	۴۶/۳۴d-f
		۲۵°C	۰/۱۹۷bc	۲/۸۴۳ a	۵۵/۷۲bc
	۶ ماه	۴°C	۰/۱۵۲e-i	۲/۵۳۶ ab	۴۰/۹۷f-j
		۲۵°C	۰/۱۳۰i-m	۱/۹۸۰ cd	۳۵/۸۷i-l
	۹ ماه	۴°C	۰/۱۲۸i-n	۱/۷۶۰ cd	۱۹/۲۵q-u
		۲۵°C	۰/۰۸۰p-r	۲/۰۰۱ c	۳۲/۴۴k-n
	۱۲ ماه	۴°C	۰/۰۷۷q-s	۰/۹۷۹ e	۱۳/۸۵tu
		۲۵°C	۰/۰۵۸rs	۱/۸۰۶ cd	۵۰c-e
پلی‌آمید ۱۲۰ میکرون	ابتدای آزمایش	۴°C	۰/۲۵۵a	۲/۲۱۹ bc	۹۲/۵ a
		۲۵°C	۰/۲۵۵a	۲/۲۱۹ bc	۹۲/۵ a
	۳ ماه	۴°C	۰/۲۴۳a	۲/۷۶۱ab	۴۱/۵f-j
		۲۵°C	۰/۱۴۵f-l	۲/۷۵۸ab	۵۲/۱۷b-d
	۶ ماه	۴°C	۰/۱۵۷e-h	۲/۲۱۰bc	۲۵o-q
		۲۵°C	۰/۱۳۹g-l	۱/۴۰۲de	۳۷/۴۱g-k
	۹ ماه	۴°C	۰/۱۲۶k-n	۱/۶۲۸cd	۲۹/۳۱l-o
		۲۵°C	۰/۰۸۴p-r	۱/۸۴۰cd	۲۱/۹ p-r
	۱۲ ماه	۴°C	۰/۰۸۱p-r	۱/۶۱۳d	۱۵/۰۹s-u
		۲۵°C	۰/۰۶۸q-s	۱/۶۸۰cd	۱۸ r-u

ادامه جدول ۵

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٪)	فلاونوئید (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)	دمای نگهداری	مدت زمان نگهداری	فیلم بسته‌بندی
۹۲/۵ a	۲/۲۱۹ bc	۰/۲۵۵ a	۴°C	ابتدای آزمایش	پلی‌اتیلن ۹۰ میکرون
۹۲/۵ a	۲/۲۱۹ bc	۰/۲۵۵ a	۲۵°C		
۵۴/۸۹ bc	۲/۸۷۱ a	۰/۱۹۰ b-d	۴°C	۳ ماه	
۵۱/۰۱ b-d	۲/۶۴۵ ab	۰/۱۵۸ e-h	۲۵°C		
۱۸/۲۶ r-u	۲/۲۲۰ bc	۰/۱۶۶ d-f	۴°C	۶ ماه	
۴۲/۳۱ f-i	۲/۷۰۰ ab	۰/۱۳۵ g-m	۲۵°C		
۲۳/۴ o-r	۲/۱۱۹ bc	۰/۱۳۵ g-m	۴°C	۹ ماه	
۲۱/۱۵ p-s	۱/۸۵۰ cd	۰/۱۰۴ n-p	۲۵°C		
۱۲/۷۳ u	۲/۱۳۷ bc	۰/۰۹۰ o-q	۴°C	۱۲ ماه	
۱۳/۸۹ tu	۱/۳۰۶ de	۰/۰۵۴ s	۲۵°C		
۹۲/۵ a	۲/۲۱۹ bc	۰/۲۵۵ a	۴°C	ابتدای آزمایش	پلاستیک معمولی
۹۲/۵ a	۲/۲۱۹ bc	۰/۲۵۵ a	۲۵°C		
۴۳/۹۱ e-g	۲/۸۲۸ a	۲۱/۰ b	۴°C	۳ ماه	
۴۴/۰۹ e-g	۲/۶۱۹ ab	۰/۱۵۲ e-i	۲۵°C		
۲۱/۸۷ p-r	۱/۷۸۴ cd	۰/۱۵۶ e-i	۴°C	۶ ماه	
۲۵/۳۹ o-q	۲/۳۲۹ bc	۰/۱۳۵ g-m	۲۵°C		
۲۹ m-o	۲/۰۶۸ bc	۰/۱۲۹ i-n	۴°C	۹ ماه	
۱۸ r-u	۱/۹۷۰ cd	۰/۰۸۴ p-r	۲۵°C		
۱۹/۲۵ q-u	۱/۳۲۲ de	۰/۰۹۳ o-q	۴°C	۱۲ ماه	
۴/۰۵ w	۱/۵۷۱ d	۰/۰۵۴ s	۲۵°C		
۹۲/۵ a	۲/۲۱۹ bc	۰/۲۵۵ a	۴°C	ابتدای آزمایش	بدون پوشش
۹۲/۵ a	۲/۲۱۹ bc	۰/۲۵۵ a	۲۵°C		
۴۳/۴۰ e-g	۲/۶۰۷ ab	۰/۲۰۶ bc	۴°C	۳ ماه	
۴۰/۷۹ f-j	۲/۷۳۳ ab	۰/۱۴۸ e-i	۲۵°C		
۲۶/۵۴ n-p	۲/۴۲۳ b	۰/۱۶۱ e-g	۴°C	۶ ماه	
۳۱/۷ k-o	۲/۵۱۳ ab	۰/۱۳۱ i-m	۲۵°C		
۲۹/۵۲ l-o	۱/۸۲۹ cd	۰/۱۱۴ m-o	۴°C	۹ ماه	
۲۱/۵۶ p-s	۱/۸۹۳ cd	۰/۰۷۷ q-s	۲۵°C		
۷ w	۱/۴۶۵ d	۰/۰۶۸ q-s	۴°C	۱۲ ماه	
۳ w	۰/۹۳۴ e	۰/۰۵۸ rs	۲۵°C		

میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند ($P<0.05$).

بحث

ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های اندازه‌گیری است که در فرآوری گیاهان دارویی در صنعت غذا و دارو مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین ارزیابی شرایط و عوامل موثر بر تغییرات این شاخص‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این پژوهش به بررسی اثر فیلم‌های بسته‌بندی، مدت زمان و دمای انبارداری بر رنگدانه‌ها، فنل کل،

فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ‌های خشک اکلیل کوهی پرداخته شد. همانطور که پیشتر اشاره شد بیشترین محتوای رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنوئید (به‌ترتیب به میزان ۰/۴۶۸ و ۰/۲۵۵ میلی‌گرم بر گرم) در ابتدای آزمایش مشاهده شد. با افزایش زمان و دمای انبارداری، محتوای رنگدانه‌ها کاهش یافت و این کاهش در نمونه‌های بدون پوشش (شاهد) بیشتر از سایر تیمارها بود. کمترین میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید در نمونه‌های نگهداری شده در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۱۲ ماه مشاهده شد (شکل ۱ و جدول ۵).

رنگ سبز بسیاری از گیاهان که به دلیل حضور رنگدانه کلروفیل در گیاه می‌باشد، به‌عنوان شاخص کیفی تعیین کننده در بازارپسندی و کیفیت سبزی‌ها، میوه‌ها و گیاهان دارویی برگی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. تخریب رنگ در گیاهان خشک شده با تخریب رنگدانه‌هایی مانند کلروفیل و آنتوسیانین تحریک می‌شود (Thamkaew et al., 2021). بنابراین در نظرگرفتن شرایط نگهداری گیاهان به جهت حفظ رنگ گیاه از موارد مهم در ماندگاری یک محصول و بازدهی اقتصادی آن می‌باشد. کاهش محتوای کلروفیل در طول انبارداری در پژوهش حاضر را می‌توان با تخریب کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن و همچنین در نتیجه فعالیت آنزیم‌هایی مانند کلروفیلاز مرتبط دانست. به علاوه عوامل محیطی مانند دما، اکسیژن و اتیلن بر میزان تغییرات کلروفیل اثر گذارند (Heydarnezhad et al., 2019). عوامل متعددی بر تغییرات محتوای کارتنوئیدها مؤثر است. کاهش میزان رنگدانه‌های کارتنوئیدی در طول انبارداری احتمالا به دلیل پایداری کم این ترکیبات است (Indore et al., 2016). همچنین این ترکیبات ممکن است تحت فرآیند ایزومریزاسیون (ایجادشده با دما، نور و اسید) و اکسیداسیون (ناشی از دما، نور، فلزات و آنزیم‌ها) تجزیه شوند (Heydarnezhad et al., 2019).مشابه نتایج این آزمایش در پژوهش Ošťádalová و همکاران (۲۰۱۴) دیده شد که کمترین میزان کلروفیل در تمام نمونه‌های چای سبز در ماه دوازدهم پس از انبارداری ثبت گردید و بسته‌بندی اورجینال و فلزی بالاترین میزان کلروفیل را دارا بودند. میزان کارتنوئید گیاه علف چشمه طی انبارداری نسبت به ابتدای آزمایش کاهش یافت. هرچند نگهداری در دمای پایین باعث ماندگاری بیشتر رنگدانه‌های گیاه شد (Hasandokht and Jafari, 2015) که مشابه نتایج پژوهش حاضر بود. محتوای کلروفیل و کارتنوئید گیاهان دارویی بهلیمو، علف‌لیمو و اکالیپتوس در طول دوره‌های انبارداری در دمای صفر درجه سانتی‌گراد افزایش یافت در حالی‌که در دمای بالا (۱۷ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد) مقادیر رنگدانه‌ها در طول دوره انبار کاهش یافت (Leao et al., 2019). از دست دادن رنگدانه‌های گیاهی در دمای بالا ممکن است به عملکرد و فعالیت‌های آنزیمی مرتبط باشد که در دماهای بالاتر با سرعت بیشتری رخ می‌دهد (Leao et al., 2019). بررسی انواع بسته‌بندی و دما بر روی زعفران نشان داد که بسته‌های پلی‌اتیلنی با چگالی پایین در دمای صفر درجه سانتی‌گراد بیشترین میزان رنگدانه کاروتنوئیدی کروسین (۲۵۵/۴) را در مقایسه با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و سایر بسته‌ها دارا بودند (Shoormij et al., 2012). Indore و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهش خود بر روی بامیه مشاهده کردند که محتوای کلروفیل تحت تاثیر نوع بسته‌بندی و شرایط نگهداری تغییر یافت. بیشترین محتوی کلروفیل در دمای یخچال در پایان روز سوم نگهداری بدست آمد. در بین تیمارهای ترکیبی، بیشترین محتوای کلروفیل در نمونه‌های بسته‌بندی شده در کیسه‌های پلی‌اتیلن ۴۰۰ و ۳۰۰ با تهویه (منفذ) ۲٪، در پایان ۱۵ روز نگهداری در یخچال

وجود داشت. در پژوهش حاضر، نمونه‌های بسته‌بندی شده با پلی آمید ۱۲۰ میکرون و انبارشده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در ماه سوم دارای بالاترین محتوی رنگدانه‌های کاروتنوئید بودند.

در این آزمایش، بیشترین میزان فنل کل در نمونه‌های بسته‌بندی شده با پلاستیک معمولی پس از ۶ ماه دیده شد که ۷۸/۱ برابر بیشتر از نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) بعد از ۱۲ ماه انبارداری بود. بیشترین میزان فلاونوئید در فیلم پلی‌اتیلن ۹۰ میکرون انبارشده به مدت ۳ ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، پلی‌آمید ۹۰ میکرون و پلاستیک انبارشده به‌مدت ۳ ماه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد دیده شد که ۳ برابر بیشتر از نمونه‌های بدون پوشش نگهداری شده به‌مدت ۱۲ ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. کمترین میزان فنل کل و فلاونوئید در نمونه‌های بدون پوشش انبارشده به‌مدت ۱۲ ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد.

ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها متابولیت‌های ثانویه مهمی هستند و به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی نقش به‌سزایی در جذب و حذف رادیکال‌های آزاد تولید شده طی تنش اکسیداتیو دارند (Varasteh and Zamani, 2019). این ترکیبات دارای خواص ضددرد، ضدالتهاب، ضدعفونی‌کننده، ضدمیکروبی، ضدویروسی و ضدباکتریایی هستند (Twaij and Hasan, 2022). میزان فنل‌ها و فلاونوئیدها به عوامل زیادی نظیر ژنوتیپ، روش‌های تولید، عوامل محیطی، شرایط پس از برداشت و انبارداری (نور، دما، اکسیژن، مدت زمان و شرایط بسته‌بندی) بستگی دارد (Heydarnezhad et al., 2019 ;Varasteh and Zamani, 2019). کاهش میزان فنل کل و فلاونوئید در مقایسه با زمان برداشت در پژوهش حاضر می‌تواند به‌دلیل افزایش اکسیداسیون آنزیمی و آزادسازی آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (PPO) باشد که سبب تخریب ترکیبات فنولیک می‌شوند (Ghasemnezhad et al., 2011; Nguyen and Nguyen, 2021). به‌علاوه کاهش فلاونوئیدها طی انبارداری، نشانه افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در پاسخ به تنش‌های فیزیولوژیکی است که سبب تخریب و کاهش فلاونوئیدها می‌شوند (Varasteh and Zamani, 2019). در مطالعه‌ای بر روی ترکیبات گیاه دارویی علف چشمه مشاهده شد که میزان فنل گیاه در نمونه‌های بسته‌بندی شده در سلفون در روز چهاردهم انبارداری نسبت به ابتدای آزمایش افزایش یافت. زمان انبارداری بر میزان فلاونوئید گیاه اثر معنی‌داری داشته و با گذشت زمان از مقدار آن کاسته شد (Hasandokht and Jafari, 2015). Akshaya و همکاران (۲۰۱۷) بیان نمودند بیشترین میزان فلاونوئید کل گلبرگ‌های گل جعفری پس از ۶۰ روز نگهداری در دمای پایین (۲۰- درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد درحالی که کمترین محتوای فلاونوئیدی از نگهداری گیاهان در دمای بالا (۲۵ درجه سانتی‌گراد) بدست آمد. Zoric و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیان کردند که بیشترین ماندگاری محتوای فلاونوئیدها در آلبالوهای خشک انجماد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و پس از ۳ ماه نگهداری بدست آمد که با اثر مثبت دمای پایین در پژوهش حاضر مطابقت داشت. تاثیر دمای پایین برسنتز و تجمع ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی ممکن است به دلیل اثر دمای پایین بر تغییربیان ژن‌ها و تحریک آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PAL) به‌عنوان آنزیم کلیدی در ابتدای مسیر تولید فنیل‌پروپانوئیدها باشد که سبب افزایش سنتز و تجمع ترکیبات فنلی می‌گردد (Ghasemnezhad et al., 2011; Mohammad sohael and Babar, 2020).

بیشترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان خشک اکلیل کوهی (۵/۹۲ درصد) در ابتدای دوره نگهداری مشاهده شد. با گذشت مدت زمان انبارداری، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت

به‌طوری‌که کمترین فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه‌های بدون پوشش انبار شده به مدت ۱۲ ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد که کاهش ۸۳/۳۰ درصدی نسبت به ابتدای آزمایش نشان داد.

آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که از واکنش‌های اکسیداسیون ناشی از رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کنند. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان به ترکیبات آنزیمی و غیرآنزیمی (شامل ویتامین C، ترکیبات فنلی، کارتنوئید و غیره) مرتبط می‌باشد (Varasteh and Zamani, 2019). کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی مدت انبارداری ممکن است به‌دلیل فرآیند پیری، افزایش تنش اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد باشد (Meighani et al., 2018). همسو با پژوهش حاضر در پژوهش Babalar و همکاران (۲۰۱۴) بر روی گیاه دارویی بادرشبی مشاهده شد که میزان توانمندی آنتی‌اکسیدانی در ابتدای آزمایش و پیش از بسته‌بندی بیشتر بوده و با گذشت زمان نگهداری گیاه کاهش یافت. از نظر نوع بسته‌بندی، نمونه‌های بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن- پلی‌آمید نیز خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی داشتند که ممکن است به تبادل گازی و رطوبتی فیلم‌های بسته‌بندی مرتبط باشد که سبب تغییرات در ترکیبات موثره گیاه می‌گردد. کاهش محتوای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند ترکیبات فنلی، آنتوسیانین و کاروتنوئید در طول دوره انبارداری به‌ویژه در دماهای بالا (۲۴ درجه سانتی‌گراد) در گیاهان دارویی به‌لیمو، علف‌لیمو و اکالیپتوس گزارش شده است. ماندگاری بهتر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در دمای پایین (صفر درجه سانتی‌گراد) را می‌توان به تنش فیزیولوژیکی و تغییر بیان ژن‌ها و آنزیم‌های ناشی از دمای پایین مرتبط دانست که باعث سنتز و تجمع متابولیت‌هایی مانند اسیدهای آمینه، قندها و متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Leao et al., 2019). طبق مشاهدات Akshaya و همکاران (۲۰۱۷)، بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گلبرگ‌های خشک شده جعفری پس از ۶۰ روز نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد و کمترین میزان در دمای محیط مشاهده شد. در میوه رز و سنجدتلخ نگهداری شده در دمای ۴ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد، دمای بالای نگهداری سبب افزایش تغییرات در میزان ترکیبات فعال و کاهش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نسبت به دمای پایین شد (Anderson et al., 2015). با توجه به نتایج Gião و همکاران (۲۰۱۳)، اکسیداسیون ترکیبات فنلی در گیاهان معطر مختلف شامل مریم‌گلی، آویشن، مرزه موجب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها بیش از ۳۰ درصد در طی یک سال نگهداری در ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریک شد که با نتایج پژوهش حاضر همسو بود.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج این پژوهش به‌طورکلی نمونه‌های بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن ۹۰ میکرون و پلی‌آمید ۹۰ و ۱۲۰ میکرون کیفیت رنگ، محتوای فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری را نسبت به سایر بسته‌ها حفظ نمودند. هرچند در برخی تیمارها افزایشی در برخی صفات مورد بررسی مشاهده شد اما به‌طورکلی، همان‌طورکه در پژوهش‌های بسیاری مشاهده شده است با افزایش مدت زمان و دمای انبار خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی گیاه کاهش یافت و پایین‌ترین میزان ترکیبات بیوشیمیایی گیاه در نمونه‌های بدون پوشش بعد از ۱۲ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد که نشان‌دهنده کاهش ۷۸/۱ تا ۸/۳۰ درصدی صفات کیفی گیاه نسبت به روز اول آزمایش بود. به‌طورکلی، جهت حفظ کیفیت، ارزش تغذیه‌ای و درمانی برگ خشک‌شده اکلیل‌کوهی پیشنهاد می‌شود این گیاه به‌صورت بسته‌بندی شده در فیلم‌های پلی‌آمید ۹۰ و

۱۲۰ میکرون و پلی‌اتیلن ۹۰ میکرون در دمای پایین (۴ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۳ ماه نگهداری گردد، زیرا در این تیمارها ضمن افزایش فنل کل و فلاونوئید به میزان ۱/۳-۱/۲ برابر نسبت به ابتدای آزمایش، محتوای کلروفیل، کارتنوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش کمتری نسبت به سایر دوره‌ها داشت.

References

Akshaya, H.R., Namita, Singh, K.P., Saha, S., Panwar, S. and Bharadwaj, C. 2017. Standardization of storage conditions of marigold (*Tagetes* sp.) petal extract for retention of carotenoid pigments and their antioxidant activities. Indian Journal of Agricultural Sciences, 87 (6): 765–775.

Al-Maharik, N., Jaradat, N., Hawash, M., Al-Lahham, S., Qadi, M., Shoman, I., Jaber, S., Rahem, R.A., Hussein, F. and Issa, L. 2022. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and anti-proliferative activities of essential oils of *Rosmarinus officinalis* from five different sites in Palestine. Separations, 9 (339): 1-15.

Anderson, S.C., Ekholm, A., Johansson, E., Olsson, M.E., Sjoholm, I., Nyberg, L., Nilsson, A. and Rumpunen, K. 2015. Effect of storage time and temperature on stability of bioactive compounds in aseptically packed beverages prepared from rose hips and sea buckthorn berries. Agricultural and food science, 24: 273-288.

Azizian Shermeh, O., Taherizadeh, M., Valizadeh, M. and Qasemi, A. 2018. Robial and antioxidant activities and determining phenolic and flavonoid contents of the extracts of five species from different families of the medicinal plants grown in Sistan and Baluchestan province. Journal of Fasa University of Medical Sciences, 7 (4): 465- 479.

Babalar, M., Mohtashami, S., Ebrahimzadeh Musavi, S.M. and Mirjalili, M.H. 2014. The effect of different packaging methods on quantitative and qualitative characteristics of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30 (1): 142-157.

Barnes, J.D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S. and Davison, A.W. 1992. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls *a* and *b* in the lichens and higher plants. Environmental and Experimental Botany, 32 (2): 85-100.

Boudet, A.M. (2007). Evolution and current status of research in phenolic compounds. Phytochemistry, 68: 2722-2735.

Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food Drug Anal, 10: 178-182.

De Oliveira, J.R., Camargo, S.E.A., and de Oliveira, L.D. 2019. *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. Journal of Biomedical Science, 26 (5):

Ghasemnezhad, M., Ashour -Nezhad, M. and Gerailoo, S. 2011. Changes in postharvest quality of loquat (*Eriobotrya japonica*) fruits influenced by chitosan. Horticulture, Environment and Biotechnology, 52 (1): 40-45.

Gião, M.S., Pereira, C.I., Pintado, M.E. and Malcata, F.X. 2013. Effect of technological processing upon the antioxidant capacity of aromatic and medicinal plant infusions: From harvest to packaging. LWT-Food Science and Technology, 50: 320–325.

Hasandokht, M.R. and Jafari, S. 2015. Effect of time, temperature and storage condition on the some of phyto-chemical and physicochemical traits of watercress (*Nasturtium officinale* L.) medicinal plant. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31 (5): 776-788.

Heydarnezhad, R., Ghahremani, Z., Barzegar, T. and Rabiei, V. 2019. The effects of harvesting stage and chitosan coating on quality and shelf-life of *Physalis angulata* L. Iranian Journal of Horticultural Science, 50 (1): 173-186.

Indore, H.D., Garande, V.K., Dhumal, S.S., Patgaonkar, D.R., Patil, V.S. and Sonawane, P.N. 2016. Effect of packaging materials and storage conditions on shelf life and quality of Okra. International Journal of Advanced Research, 4 (11): 257-265.

Jalili Heravi, M., Moazeni, R.S. and Sereshti, H. 2011. Analysis of Iranian rosemary essential oil: Application of gas chromatography-mass spectrometry combined with chemometrics. Journal of Chromatography, 1218: 2569-2576.

Leao, P.M.R., Neves, L.C., Colombo, R.C., Shahab, M., de Oliveira, J.M.F., de Freitas Luz, F.J. and Roberto, S.R. 2019. Temperature and storage periods on the maintenance of chemical composition of medicinal plants. Agronomy Science and Biotechnology, 5 (1): 40-51.

Lisboa, C.F., Melo, E.D.C. and Donzeles, S.M.L. 2018. Influence of storage conditions on quality attributes of medicinal plants. Biomedical Journal of Scientific and Technical Research, 4 (4): 4093-4095.

Masand, S., Madan, S. and Balian, S.K. 2014. Modern concept of storage and packaging of raw herbs used in Ayurveda. International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy, 5(2): 242 -245.

Meighani, H., Boroomand, N. and Moghbeli, E. 2018. Effect of chitosan coating and CaCl2 on maintaining postharvest quality and antioxidant compound of strawberry fruit. Journal of Food Science and Technology, 76 (15): 307-317.

Mohammad sohael, A. and Babar, M. 2020 Effect of temperature on secondary metabolites production and antioxidant enzyme activities in *Eleutherococcus senticosus* somatic embryos. Journal of Plant Cell Tissue and Organ Culture, 85: 219 -228.

Nand Tiwari, V. and Yadav, K.C. 2014. Effect of different packaging material on quality of green dill (Sowa) (*Anethum graveolens* L.) under storage conditions. Environment and Ecology, 32 (4A): 1583-1587.

Nguyen, V.T.B. and Nguyen, H.V.H. 2021. Postharvest quality of strawberry (*Fragaria*× *ananassa* Duch.) coated with calcium and nano-chitosan as affected by different storage temperatures. Journal of Horticulture and Postharvest Research, 4 (4): 413-426.

Omidbaigi, R. (2006). Production and processing of medicinal plants. Behnashr, 347 p.

Ošťádalová, M., Tremlová, B., Pokorná, J. and Král, M. 2014. Chlorophyll as an indicator of green tea quality, 83: 103-109.

Pant, P., Pandey, S. and Dall'Acqua, S. 2021. The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A Literature Review. Chemistry and Biodiversity, 18: e2100345.

Shoormij, M., Einafshar, S., Niazmand, R. and Sharayei, P. 2012. The effect of storage temperature and packaging material on the quantity, quality and microbial properties of modified atmosphere packaging of saffron flower. Research and Innovation in Food Science and Industry, 1 (4): 283-294.

Slinkard, K. and Singleton, V.L. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture, 28: 49-55.

Tay, F.R.X. and Teo, S.S. 2019. Interactive effects of storage temperatures and packaging methods on sweet basil. MOJ Food Processing and Technology, 7(1): 16-20.

Thamkaew, G., Sjöholm, I. and Galindo, F.G. 2021. A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(11): 1763-1786.

Twaij, B.M. and Hasan, M.N. 2022. Bioactive secondary metabolites from plant sources: types, synthesis, and their therapeutic uses. International Journal of Plant Biology, 13 (1): 4-14.

Vallejo, F., Tomás-Barberán, F.A. and García-Viguera, C. 2002. Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 1293-1297.

Varasteh, F. and Zamani, S. 2019. The effect of different packaging films on storability and qualitative properties of button mushroom (*Agaricus bisporus*). Iranian Journal of Horticultural Science, 49 (4): 1035-1044.

Zoric, Z., Pedisic, S., Kovacevic, D.B., Jezek, D. and Dragovic-Uzelac, V. 2016. Impact of packaging material and storage conditions on polyphenol stability, colour and sensory characteristics of freeze-dried sour cherry (*Prunus cerasus var. Marasca*). Journal of Food science and technology, 53 (2): 1-13.