تغییرات میزان و ترکیبات اسانس آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak.) تحت تأثیر پیش خشک کردن و شرایط مختلف انبارداری

محمدرضا دهقانی مشکانی[1]، حسنعلی نقدی‌بادی[2]*، کامبیز لاریجانی[3]، علی مهرآفرین[2]

۱- گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران
۳ - گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
*آدرس مکاتبه: کرج، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی
صندوق‌پستی: ۱۳۶۹ - ۳۱۳۷۵
تلفن: ۱۹-۳۴۷۶۴۰۱۰ (۰۲۶)، نمابر: ۳۴۷۶۴۰۲۱ (۰۲۶)
پست الکترونیک: Naghdibadi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۹ **تاریخ تصویب:** ۹۷/۴/۲۴

چکیده

مقدمه: عملیات پس از برداشت نظیر عملیات خشک کردن و شرایط انبارداری تأثیر زیادی بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد.

هدف: بررسی اثر پیش خشک کردن و شرایط و زمان انبارداری بر میزان و اجزای اسانس گیاه دارویی آویشن دنایی از اهداف این تحقیق می‌باشد.

روش بررسی: این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل عملیات پیش خشک کردن (شامل پیش خشک کردن و عدم پیش خشک کردن)، فاکتور دوم شامل دو روش انبارداری (نگهداری در سایه و نگهداری در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) و فاکتور سوم شامل مدت زمان انبارداری (نگهداری اندام خشک گیاه به مدت ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز) می‌باشد. جهت استخراج اسانس، از دستگاه کلونجر و برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس از دستگاه GC/Mass و دستگاه GC استفاده شد.

نتایج: بیشترین مقادیر اسانس و مواد مؤثره لینالول، بورنئول، ترپینن-۴ ال، تیمول متیل اتر، ای- انتول، تیمول و کارواکرول در زمان نگهداری ۶۰ روز مشاهده شد. همچنین بیشترین مقادیر آلفا- پینن، کامفن، بتا- پینن، میرسن، آلفا فلاندرن، آلفا-ترپینن، لیمونن، سیس- سابینن هیدرات و ترانس سابینن هیدرات در گیاهان خشک شده در سایه بعد از عملیات پیش خشک و نگهداری در یخچال به مدت ۱۲۰ روز مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: خشک کردن گیاه آویشن دنایی در سایه بدون اعمال پیش خشک و نگهداری آنها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بهترین روش برای حصول حداکثر میزان اسانس و ترکیبات اصلی آن (تیمول و کارواکرول) بود.

گل‌واژگان: آویشن دنایی، اسانس، انبارداری، تیمول، عملیات خشک کردن، کارواکرول

مقدمه

آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak.) گیاهی دارویی چندساله از خانواده نعناعیان و بومی ایران می‌باشد. به دلیل اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی و ضد میکروبی آویشن دنایی در طب سنتی ایران، جوشانده و دم‌کرده اندام‌های هوایی این گیاه طور گسترده‌ای در درمان بیماری‌های التهابی و سرماخوردگی و همچنین درمان ناراحتی‌های گوارشی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲، ۱]. تیمول و کارواکرول از ترکیب‌های مهم و اصلی انواع آویشن می‌باشند که خواص درمانی متعددی به آنها نسبت داده می‌شود [۳]. لازم به ذکر است که مقدار تیمول در آویشن دنایی تا بیش از ۷۰ درصد گزارش شده است [۴]. به هرحال اسانس گیاه آویشن دنایی کاربرد وسیعی در تهیه دارو و درمان انسان در طب سنتی دارد، اثر ضد باکتریایی قوی این اسانس بر گونه‌های بیماری‌زای باکتری‌های *Helicobacter pylori* گزارش شده است [۵].

امروزه، بیشتر گیاهان دارویی به صورت فرآوری شده مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما یکی از مهم‌ترین مسائل در بحث فرآوری گیاهان دارویی، حفظ مواد مؤثره آنها می‌باشد. اندام‌های گیاهان دارویی شامل برگ‌ها، گل‌ها، ریشه‌ها و غیره، پس از برداشت یا جمع‌آوری به دلیل داشتن رطوبت بالا، قابل نگهداری حتی برای زمان کوتاه نیز نمی‌باشند. از طرف دیگر با توجه به عدم امکان فرآوری گیاهان بلافاصله پس از برداشت، باید راهکارهایی جهت نگهداری گیاهان بدون کاهش مواد مؤثره آنها مورد بررسی قرار داد [۶]. عملیات خشک کردن، شرایط و زمان انبارداری و عملیات فرآوری اثرات چشم چشم‌گیری روی کیفیت گیاهان دارویی می‌گذارند [۷]. خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری محصولات کشاورزی بعد از برداشت است. این فرایند شامل حذف رطوبت از محصول تا حد رسیدن به یک آستانه خاص است تا بتوان محصول را برای مدت طولانی انبار کرد و فعالیت‌های آنزیمی، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها را در آن متوقف نمود [۸]. علاوه بر خشک کردن، انبارکردن گیاهان نیز مرحله‌ی مهمی است که می‌تواند بیشترین تغییرات را در مواد مؤثره مواد گیاهی ایجاد نماید. در این راستا، گزارش شده است که اسانس گل محمدی بعد از ۳۶ ساعت انبارداری ۴۰ درصد کاهش یافته است [۹]. علاوه بر این، گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه ترکیبات اسانس نیز تحت تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن و انبارداری قرار می‌گیرند. در تحقیقی گزارش شده که با افزایش زمان انبارداری از ۱۰ به ۳۰ روز در ۴ درجه سانتی‌گراد مقدار ژرانیول در گیاه رز از ۱۹/۰۷ به ۲/۲۹ کاهش یافته است [۱۰].

حفظ و بهبود کیفیت یا حداقل کاهش مواد مؤثره از شرایط مهم و کلیدی بکارگیری یک عملیات پس از برداشت مانند خشک کردن، انبارداری و غیره می‌باشد. بهینه‌سازی شرایط خشک کردن و انبارداری به عوامل متعددی از جمله روش خشک‌کردن، دمای انبار و نوع مواد مؤثره موجود درگیاه بستگی دارد [۱۱]. با توجه به پتانسیل بالای تولید و ارزش دارویی گیاه آویشن دنایی و همچنین استفاده گسترده از این گیاه در طب سنتی و مدرن، انجام مطالعات علمی و کاربردی در جهت حصول حداکثر عملکرد کمی و کیفی و بویژه حفظ مواد مؤثره پس از برداشت با بکارگیری عملیات مناسب فرآوری و همچنین نگهداری آنها در شرایط مناسب انبار ضروری می‌باشد. در این راستا، در این تحقیق اثر عملیات پیش خشک کردن، روش و زمان انبارداری روی میزان و ترکیبات اسانس آویشن دنایی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه‌ی طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی در سال ۱۳۹۴ انجام شد. فاکتور اول شامل عملیات پیش خشک کردن (پیش خشک کردن و عدم پیش خشک کردن مواد گیاهی) فاکتور دوم شامل روش انبارداری (نگهداری در سایه و نگهداری در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) و فاکتور سوم شامل زمان انبارداری (نگهداری گیاهان خشک شده به مدت ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز) بود. بذور آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak.) با کد MPISB-108 از بانک بذر پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی تهیه شد. بذور هم شکل و هم اندازه جهت کاشت

در گلخانه انتخاب شدند. بذور گیاه آویشن دنایی در گلخانه تحقیقاتی کشت شد و پس از جوانه‌زنی و رشد کافی، با در نظر گرفتن اصول علمی، نشای تولید شده در اوایل پاییز همان سال به مزرعه اصلی منتقل شد. نشاءها در ردیف‌های کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند. عملیات کوددهی و آبیاری برای تمام کرت‌ها بر حسب نیاز انجام شد و وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. قبل از کاشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و نتایج حاصل از تجزیه خاک مزرعه در جدول شماره ۱ گزارش شده است.

گیاهان آویشن دنایی در مرحله گلدهی کامل در ساعت ۹ تا ۱۱ صبح در اواخر تیر ماه سال ۱۳۹۴ به طور تصادفی برداشت شدند. به منظور اعمال پیش خشک، نمونه‌ها به دو گروه تقسیم شدند، یک گروه از این نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت جلوی خورشید قرار گرفته (پیش خشک)، اما گروه دوم بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس، نمونه‌های هر دو گروه در آزمایشگاه و در سایه و دمای اتاق خشک شدند. بعد از فرایند خشک شدن، نمونه‌های گیاهی در زمان‌های ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روزه در یخچال و یا در اتاق نگهداری شدند. بعد از سپری شدن زمان مربوط به هر تیمار، استخراج اسانس و شناسایی اجزای آن انجام شد.

مقدار و اجزاء اسانس

جهت استخراج اسانس، از دستگاه کلونجر استفاده شد و میزان اسانس بر اساس درصد حجم اسانس به وزن خشک گیاه بیان شد. همچنین جهت شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس از دستگاه GC/Mass و دستگاه GC استفاده شد.

روش استخراج اسانس

اسانس‌گیری از اندام خشک آویشن دنایی، به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر انجام پذیرفت. به این صورت که ۵۰ گرم از اندام خشک و خرد شده آویشن دنایی را به همراه ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب، در بالن ۲۰۰۰ میلی‌لیتری قرار داده و به مدت ۴ ساعت با این دستگاه اسانس‌گیری شد [۱۲]. اسانس به دلیل ترکیبات خود معمولاً دارای چگالی کمتر از آب است و به همین خاطر روی آب قرار می‌گیرد. اسانس توسط سولفات سدیم بدون آب، آب‌گیری شد و میزان آن بر حسب حجمی-وزنی (V/W) گزارش شده است.

مشخصات دستگاه GC/Mass

دستگاه گازکروماتوگرافی از نوع Agilent 6890 مجهز به طیف نگار جرمی مدل Agilent 5973 با ستونی از نوع BPX5 به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر بود. برنامه دمایی آون به این صورت تنظیم شد که دمای ابتدایی آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت ۲ دقیقه، افزایش دما تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد با گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه و نگهداری در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه بود. سپس دما با سرعت ۵ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه به ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و به مدت ۳ دقیقه در این دما توقف شد. دمای اتاقک تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان (فلو) ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. نسبت اسپیلت ۱ به ۱۰ بود. طیف نگارجرمی

جدول شماره ۱- برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

شوری Ec (dSm^{-1})	اسیدیته (pH)	کربنات کلسیم معادل (٪ TNV)	کربن آلی (٪ OC)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت
۲/۷۱	۸/۲	۸/۵	۰/۸۲	۰/۰۷۱	۳۳/۶	۴۸/۹	۸	۱۳	۷۹	LS

مورد استفاده مدل Agilent 5973 با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون‌ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. محدوده اسکن جرم‌ها از ۴۰ تا ۴۶۵ تنظیم شد. نرم‌افزار مورد استفاده chemstation بود. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آنها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع و مقالات و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری صورت گرفت [۱۴، ۱۳].

مشخصات دستگاه GC

دستگاه GC از مدل Younglin Acme6000 مجهز به دتکتور FID و با ستونی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع BP5 بود. برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس، نمونه که توسط n- هگزان رقیق شده بود به مقدار ۱ میکرولیتر به دستگاه GC تزریق شد. برنامه دمایی ستون شامل دمای ابتدای آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت ۲ دقیقه، افزایش دما تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد با گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه و نگهداری در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه. سپس دما با سرعت ۵ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه به ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و به مدت ۳ دقیقه در این دما توقف شد. دمای اتاقک تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان (فلو) ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. دمای شناساگر FID ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بود [۱۴، ۱۳].

تجزیه و تحلیل آماری

محاسبات آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. همچنین، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (Excel) استفاده شد.

نتایج

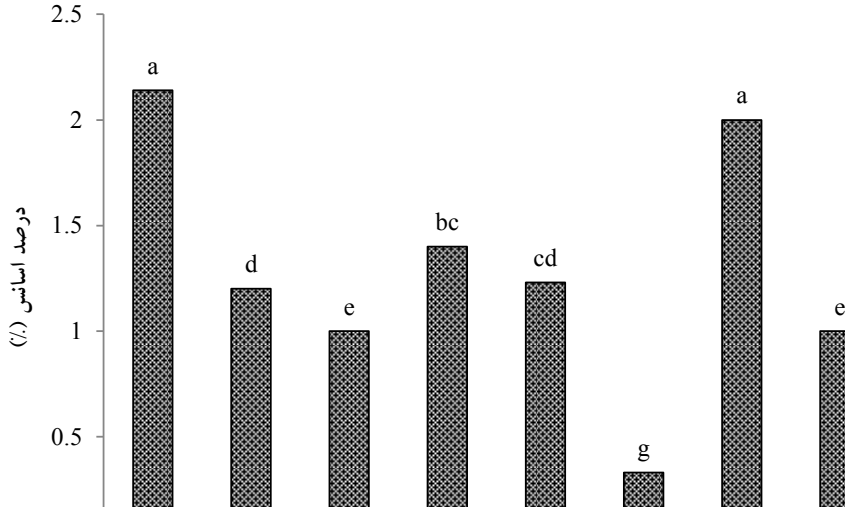
درصد اسانس

درصد اسانس گیاه آویشن دنایی به طور معنی‌داری تحت تأثیر روش انبارداری (A)، زمان نگهداری (B) و عملیات پیش خشک (C)، اثر متقابل (A×B)، (A×C)، (B×C) و (A×B×C) در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول شماره ۲). بیشترین میزان اسانس مربوط به گیاهان خشک شده در سایه و نگهداری شده در یخچال به مدت ۶۰ روز در دو شرایط پیش خشک (۲ درصد) و عدم پیش خشک (۲/۱۴ درصد) گیاهان بود (شکل شماره ۱). با افزایش زمان انبارداری، درصد اسانس سرشاخه کاهش یافت و کمترین مقادیر اسانس در ۱۸۰ روز بعد انبارداری مشاهده شد. درصد اسانس گیاهان نگهداری شده در یخچال بیشتر از نمونه‌های نگهداری شده در سایه بود. با این حال، در شرایط نگهداری در یخچال، با افزایش زمان انبارداری گیاهان از ۶۰ به ۱۲۰ روز، میزان اسانس به میزان قابل توجهی کاهش یافت (شکل شماره ۱).

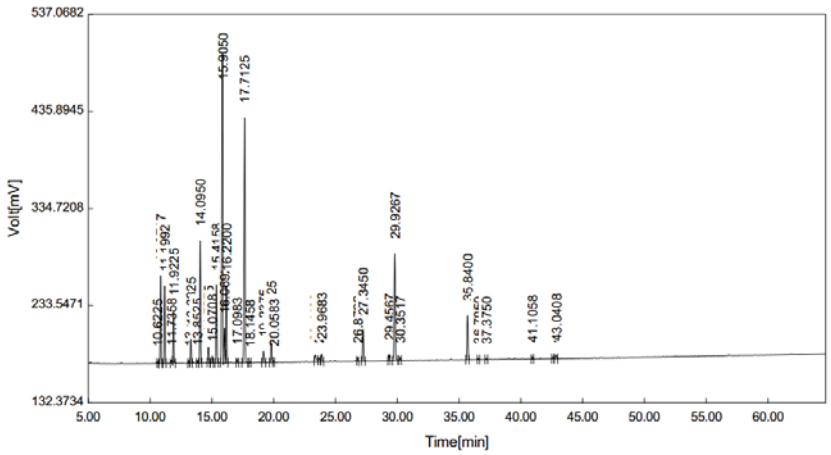
اجزای اسانس

در این آزمایش ۲۸ ماده مؤثره در اسانس گیاهان خشک شده تحت عملیات مختلف خشک کردن و روش و زمان نگهداری متفاوت مورد شناسایی قرار گرفت. این ترکیبات ۷۸/۴۹ تا ۹۸/۳۷ درصد از کل اسانس‌ها را تشکیل می‌دادند و تیمول و کارواکرول ترکیب‌های اصلی آنها بودند. شکل‌های شماره ۲، ۳ و ۴ به ترتیب کروماتوگرافی گازی اسانس نمونه‌های گیاهی بدون پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز را نشان می‌دهند.

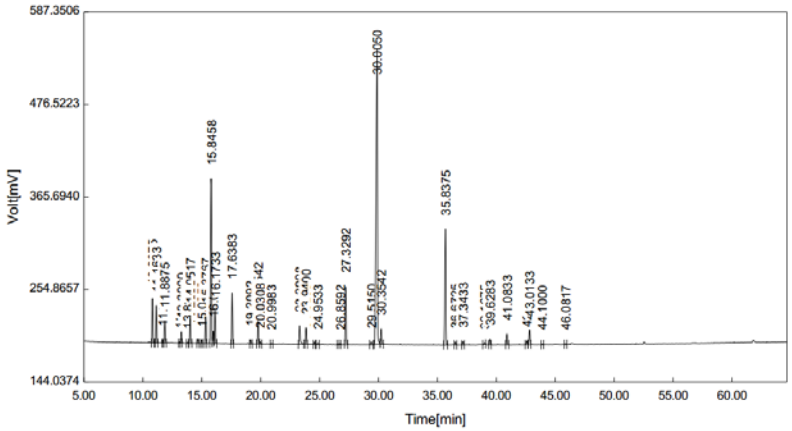
نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی نشان داد که روش انبارداری (A)، زمان نگهداری (B) و عملیات پیش خشک کردن (C)، و همچنین اثر متقابل آنها شامل (A×B)، (A×C)، (B×C) و (A×B×C) بر ماده مؤثره لینالول، تیمول



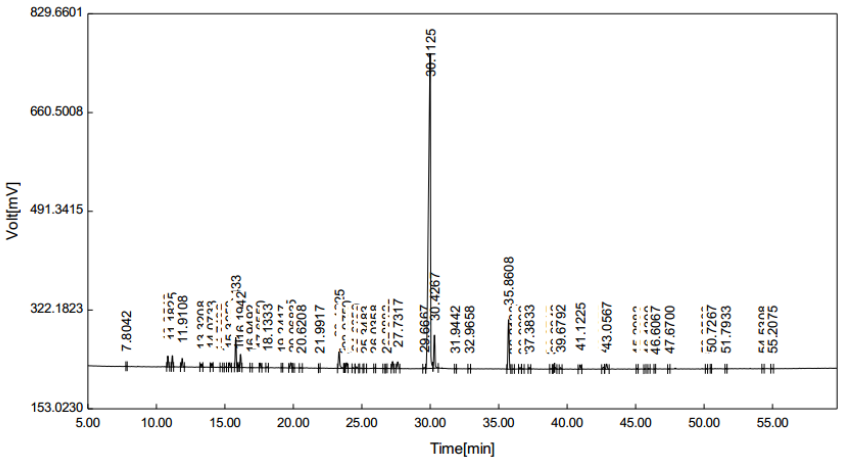
شکل شماره ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه عملیات پیش خشک، روش و زمان انبارداری بر میزان اسانس آویشن دنایی



شکل شماره ۲- کروماتوگرام‌های مربوط به کروماتوگرافی گازی اسانس نمونه‌های گیاهی بدون پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۶۰ روز



شکل شماره ۳- کروماتوگرام‌های مربوط به کروماتوگرافی گازی اسانس نمونه‌های گیاهی بدون پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۱۲۰ روز



شکل شماره ۴- کروماتوگرام‌های مربوط به کروماتوگرافی گازی اسانس نمونه‌های گیاهی بدون پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۱۸۰ روز

متیل اتر، گاما ترپینئول، ای- آنتول، کارواکرول، آلفا پینن، کامفن، بتا- پینن، میرسن، آلفا- فلاندرن، آلفا- ترپینن، لیمونن، سیس- سابینن هیدرات و بتا- بیسابولن تأثیر معنی‌داری داشته‌است (جدول شماره ۲). اگرچه روش انبارداری بر میزان ۱، ۸- سینئول، گاما- ترپینئول و تیمول تأثیر معنی‌داری نداشت ولی اثر سایر تیمارها بر میزان این سه ترکیب معنی‌دار بود. همچنین عملیات پیش خشک کردن بر میزان بورنئول، ترپینن-۴ ال، ای-کاریوفیلن، ترانس- سابینن هیدرات، آلوآرومادندرن و پارا- سیمن تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول شماره ۲).

در مورد میزان تیمول به عنوان ترکیب اصلی اسانس، بیشترین میزان آن (۷۸/۸ درصد) در گیاهان خشک شده در سایه بدون عملیات پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۶۰ روز حاصل شد. کمترین میزان این ماده مؤثره (۸/۷۳ درصد) نیز در شرایط نگهداری در یخچال به مدت ۱۲۰ روز در گیاهان خشک شده در سایه بعد از عملیات پیش خشک مشاهده شد (جدول شماره ۳). بیشترین میزان کارواکرول (۱۰/۰۹ درصد) در گیاهان خشک شده در سایه و نگهداری شده در یخچال به مدت ۶۰ روز مشاهده شد. کمترین میزان کارواکرول (۰/۲۲ درصد) نیز در شرایط نگهداری در یخچال به مدت ۱۲۰ روز در گیاهان خشک شده در سایه بعد از عملیات پیش خشک به دست آمد (جدول شماره ۳).

نتایج نشان داد که ۱، ۸- سینئول، لینالول، بورنئول، ترپینن ۴-ال، گاما- ترپینئول، تیمول متیل اتر، ای-انتول، تیمول و کارواکرول در ۶۰ و ۱۲۰ روز بعد از انبارداری در اسانس مشاهده شدند ولی در ۱۸۰ روز بعد از انبارداری فقط ترکیب ۱، ۸- سینئول در اسانس یافت نشد (جدول شماره ۳). بیشترین میزان ماده موثره ۱، ۸- سینئول (۲/۴۵ درصد) در گیاهان خشک شده در سایه بعد از عملیات پیش خشک همراه با نگهداری در یخچال به مدت ۱۲۰ روز حاصل شد و افزایش زمان نگهداری از ۱۲۰ به ۱۸۰ روز منجر به حذف این ماده مؤثره از اسانس شد (جدول شماره ۳). در مورد میزان ماده مؤثره لینالول، گیاهان خشک شده در سایه و نگهداری شده در فضای اتاق به مدت ۶۰ روز بیشترین میزان این ترکیب (۰/۸۹ درصد) را دارا بودند.

نتایج نشان داد گیاهان خشک شده در سایه بعد از عملیات پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۶۰ روز دارای بیشترین میزان ماده مؤثره گاما ترپینئول (۰/۳۱ درصد) بودند. بدون در نظر گرفتن روش انبارداری و خشک کردن، افزایش زمان انبارداری به ۱۸۰ روز به طور معنی‌داری سبب کاهش میزان گاما ترپینئول در گیاه آویشن دنایی شد (جدول شماره ۳). همچنین اگرچه عملیات پیش خشک بر میزان ترپینن ۴- ال تأثیر معنی‌داری نداشت ولی گیاهان خشک شده

جدول شماره ۲- تجزیه واریانس اثر متقابل سه گانه عملیات پیش خشک، روش و زمان انبارداری بر میزان و ترکیبات اسانس آویشن دنایی

تیمارهای آزمایشی	میانگین مربعات					
	درصد اسانس	1,8-Cineol	Linalool	Borneol	Terpinene-4-ol	γ-Terpineol
روش انبارداری (a)	۸۸/۰۸**	۰/۰۲۴ns	۰/۰۶**	۰/۹۵**	۰/۲۶**	۰/۰۰۰۱ns
زمان نگهداری (b)	۲۹۵/۷**	۳/۳۲**	۰/۵۴**	۱/۲۰**	۰/۰۶۶**	۰/۱۲۹**
عملیات خشک کردن (c)	۹/۰۷**	۱/۷۰**	۰/۰۳۸*	۰/۰۷ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۱۴**
a × b	۱۳/۷**	۲/۵۰**	۰/۳۲**	۰/۸۲**	۰/۱۷۴**	۰/۰۲۳**
a × c	۸/۵۴**	۱/۵۰**	۰/۷۱**	۰/۰۰۰۶ns	۰/۰۰۰۴ns	۰/۰۰۲۵*
b×c	۱۱/۲**	۱/۱۹**	۰/۶۱**	۰/۰۳۱ns	۰/۰۱۲ns	۰/۰۱۵**
a × b ×c	۱۵/۹**	۱/۱۷**	۰/۰۴۳**	۰/۰۶۶ns	۰/۰۲۹*	۰/۰۱۳**
	Teymol methyl ether	E-Anethol	Thymol	Carvacrol	*para*-Cymene	y-Terpinene
روش انبارداری (a)	۰/۶۰۸**	۰/۴۶**	۱۴۸/۵ns	۴/۹۵**	۰/۳۳*	۰/۰۳۸ns
زمان نگهداری (b)	۳/۳۵**	۰/۳۳**	۴۳۳/۴**	۱۳/۰**	۹۷/۳۱**	۰/۰۶۲ns
عملیات خشک کردن (c)	۰/۰۶۲**	۰/۲۱**	۱۲۱۸**	۲۴/۸**	۰/۰۱ns	۴۷/۴**
a × b	۰/۹۱*	۰/۳۵**	۱۵۶۵**	۲۵/۸**	۰/۳۳**	۰/۳۷**
a × c	۰/۱۰۲**	۰/۱۴**	۱۳۵۳**	۲۵/۱**	۰/۰۰۲ns	۰/۰۶ns
b×c	۰/۰۴۷*	۰/۴۹**	۱۲۳۴**	۸/۱۲**	۰/۰۱۱ns	۰/۰۰۰۹ns
a × b ×c	۰/۰۹۹**	۰/۴۵**	۱۱۷۲**	۹/۲۷**	۰/۰۰۲ns	۰/۳۷**

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

ادامه جدول شماره ۲-

تیمارهای آزمایشی	میانگین مربعات					
	Camphene	β-Pinene	Myrcene	α-Phellandrene	α-Terpinene	α-Pinene
روش انبارداری (a)	۳/۳۳**	۰/۳۷۲**	۱۱/۵**	۰/۲۰۲**	۴/۳۸**	۲/۸۵**
زمان نگهداری (b)	۵/۲۶**	۰/۶۱۳**	۱۴/۷**	۰/۲۳۴**	۷/۶۴**	۵/۶۸**
عملیات خشک کردن (c)	۴/۲۶**	۰/۵۳۲**	۱۲/۲**	۰/۲۸**	۶/۶۲**	۳/۹۲**
a × b	۴/۱۲**	۰/۳۹۰**	۱۰/۸**	۰/۲۱۶**	۴/۸۴**	۴/۳۴**
a × c	۴/۶۸**	۰/۵۰۴**	۱۳/۲**	۰/۲۰۲**	۵/۶۸**	۴/۳۲**
b×c	۴/۹۴**	۰/۶۴۹**	۱۵/۲**	۰/۳۱۳**	۶/۳۲**	۵/۱۹**
a × b ×c	۴/۶۵**	۰/۵۷۰**	۱۳/۴**	۰/۲۱۶**	۵/۶۸**	۴/۶۱**
	Limonene	cis-Sabinene hydrate	α-Thujene	Terpinolene	trans-sabinene hydrate	Spathulenol
روش انبارداری (a)	۸۵/۷**	۵۷/۵**	۰/۰۶**	۰/۰۵۵**	۰/۰۴**	۰/۰۶۵**
زمان نگهداری (b)	۲۵۸/۰**	۱۱۱/۹**	۱/۸۶**	۰/۱۵۲**	۲/۷۲**	۰/۱۰۹**
عملیات خشک کردن (c)	۱۳۳/۱**	۸۴/۵**	۰/۰۵۵**	۰/۰۲۴**	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۲**
a × b	۹۸/۰۹**	۶۰/۰**	۰/۰۶**	۰/۰۲**	۰/۱۶**	۰/۰۸۱**
a × c	۱۱۴/۹**	۸۰/۹**	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۰۲ns	۰/۷۲**	۰/۰۰۰۲ns
b×c	۱۱۹/۹**	۸۶/۷**	۰/۰۵۵**	۰/۰۰۷۵**	۰/۴۲**	۰/۰۱۲**
a × b ×c	۱۲۸/۰۸**	۷۹/۵**	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۲**	۰/۱۸**	۰/۰۰۰۵ns

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

ادامه جدول شماره ۲-

تیمارهای آزمایشی	میانگین مربعات				
	E-Caryophyllene	Alloaromadendrene	Caryophyllene Oxide	γ-Gurjunene	β-Bisabolene
روش انبارداری (a)	۹/۰۹**	۰/۰۰۱**	۰/۳۴**	۰/۰۱۶**	۰/۰۰۸**
زمان نگهداری (b)	۵/۱۰**	۰/۱۱۹**	۰/۰۱۴ns	۰/۰۹۶**	۰/۳۲۶**
عملیات خشک کردن (c)	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۰۴ns	۰/۸۴**	۰/۰۳۶**	۰/۰۹۶**
a x b	۹/۹۹**	۰/۰۱۳**	۰/۸۶**	۰/۰۱۶**	۰/۰۱۴**
a x c	۹/۱۰**	۰/۰۰۱**	۰/۱۵**	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۱۹**
bxc	۶/۰۸**	۰/۰۰۱**	۰/۴۳**	۰/۰۳۶**	۰/۰۳۳**
a x b xc	۲/۷۳**	۰/۰۰۰۴ns	۰/۷۰**	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۱۹

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

جدول شماره ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه عملیات پیش خشک، روش و زمان انبارداری بر میزان ترکیبات اسانس آویشن دنایی

زمان نگهداری (روز)	عملیات خشک کردن	1,8-Cineol		Linalool		Borneol		Terpinene-4-ol		γ-Terpineol		Teymol methyl ether	
		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری	
		یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)
۶۰	بدون پیش خشک	۰/۴۵^{d}	۱/۳۸^{b}	۰/۴۵^{c}	۰/۸۹^{a}	۲/۰۴^{a}	۲/۰۶^{a}	۰/۴۸^{d}	۱/۰۱^{a}	۰/۲۶^{b}	۰/۲۲^{bc}	۰/۳۴^{c}	۱/۵۵^{a}
۶۰	با پیش خشک	۰/ ۶۹^{c}	۱/۴۲^{b}	۰/۷۲^{b}	۰/۸۷^{a}	۲/۰۶^{a}	۱/۹۱^{a}	۰/۵۲^{cd}	۰/۸۸^{a}	۰/۳۱^{a}	۰/۲۳^{bc}	۰/۸۳^{b}	۱/۴۱^{a}
۱۲۰	بدون پیش خشک	۰/۱۶^{ef}	۰/۳۰^{de}	–	۰/۱۴^{de}	۰/۸۹^{c}	۱/۸۸^{a}	۰/۵۳^{cd}	۰/۶۹^{bc}	۰/۲۱^{c}	۰/۲۲^{bc}	۰/۰۹^{de}	–
۱۲۰	با پیش خشک	۲/۴۵^{a}	۰/۳۲^{de}	۰/۸۶^{a}	۰/۲۵^{d}	۰/۹۶^{c}	۱/۸۱^{ab}	۰/۵۸^{bcd}	۰/۶۱^{bcd}	–	۰/۲۰^{c}	۰/۲۵^{cd}	۰/۱۱^{de}
۱۸۰	بدون پیش خشک	-	-	۰/۷۸^{ab}	۰/۸^{ab}	۱/۸۴^{a}	۱/۷۸^{ab}	۰/۶۱^{bcd}	۰/۵۰^{cd}	۰/۰۷^{d}	۰/۰۶^{d}	۰/۱۶^{de}	۰/۱۴^{de}
۱۸۰	با پیش خشک	-	-	۰/۶۹^{b}	۰/۰۶^{ef}	۱/۴۶^{b}	۱/۷۶^{ab}	۰/۵۹^{bcd}	۰/۶۹^{b}	–	۰/۰۶^{d}	۰/۰۸^{de}	۰/۱^{de}

زمان نگهداری (روز)	عملیات خشک کردن	E-Anethol		Thymol		Carvacrol		*para*-Cymene		γ-Terpinene		*α*-Pinene	
		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری	
		یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)
۶۰	بدون پیش خشک	۱/۳۵^{a}	۰/۱۸^{c}	۷۸/۸^{a}	۶۱/۷^{b}	۱۰/۰۹^{a}	۲/۷۵^{c}	–	–	–	–	–	–
۶۰	با پیش خشک	۰/۱۷^{c}	۰/۴۶^{b}	۷۶/۱^{ab}	۶۳/۰^{b}	۳/۴۸^{bc}	۲/۷۹^{c}	–	–	–	–	–	–
۱۲۰	بدون پیش خشک	۰/۱۱^{c}	۰/۱۶^{c}	۷۸/۷^{a}	۷۳/۱^{ab}	۳/۷۹^{b}	۳/۵۹^{bc}	–	–	–	–	۰/۳۵^{d}	۰/۱۷^{de}
۱۲۰	با پیش خشک	۰/۱۰^{c}	۰/۱۶^{c}	۸/۷۳^{c}	۷۳/۱^{ab}	۰/۲۲^{d}	۳/۷۵^{b}	–	–	–	–	۰/۴^{d}	۴/۴۷^{a}
۱۸۰	بدون پیش خشک	۰/۱۳^{c}	۰/۱۲^{c}	۶۷/۸^{ab}	۶۵/۹^{ab}	۳/۰^{bc}	۳/۳۰^{bc}	۴/۵۷^{b}	۵/۱۹^{a}	۳/۸۹^{a}	۰/۳۸^{a}	۰/۹۱^{bc}	۱/۱۲^{b}
۱۸۰	با پیش خشک	۰/۱۴^{c}	۰/۱۷^{c}	۶۸/۸^{ab}	۶۶/۵^{ab}	۳/۱۸^{bc}	۳/۱۳^{bc}	۴/۷۲^{b}	۵/۲۵^{a}	۳/۲۵^{b}	۰/۲۸^{cd}	۰/۶۷^{c}	۰/۹۷^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمالی ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

ادامه جدول شماره ۳-

زمان نگهداری (روز)	عملیات خشک کردن	Camphene		β-Pinene		Myrcene		α-Phellandrene		α-Terpinene		زمان نگهداری (روز)	عملیات خشک کردن	Limonene		cis-Sabinene hydrate		α-Thujene		Terpinolene		trans-sabinene hydrate	
		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری				روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری	
		یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)			یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)
۶۰	بدون پیش خشک	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۶۰	بدون پیش خشک	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۶۰	با پیش خشک	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۶۰	با پیش خشک	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۲۰	بدون پیش خشک	۰/۱۴^{de}	۰/۳۴^{cd}	-	-	۰/۱۶^{de}	۰/۴۹^{cd}	-	۰/۱۲^{d}	-	۰/۲۲^{de}	۱۲۰	بدون پیش خشک	۲/۰۶^{c}	۳/۴۹^{b}	۰/۱۱^{c}	۱/۳۶^{b}	۰/۱۸^{b}	۰/۳۲^{a}	-	-	۰/۵۸^{c}	۰/۲۰^{c}
۱۲۰	با پیش خشک	۴/۴۷^{a}	۰/۳۵^{cd}	۱/۵۲^{a}	۰/۱۶^{cd}	۷/۵۸^{a}	۰/۶^{c}	۱/۰۱^{a}	۰/۰۹^{c}	۵/۱۲^{a}	۰/۰۹^{c}	۱۲۰	با پیش خشک	۲۴/۳۴^{a}	۳/۵۲^{b}	۱۸/۳۳^{a}	۱/۶۹^{b}	-	۰/۱۲^{c}	۰/۰۹^{c}	۰/۲۰^{c}	۱/۳۸^{a}	۰/۲۲^{bc}
۱۸۰	بدون پیش خشک	۰/۶۶^{b}	۰/۸^{b}	۰/۳^{b}	۰/۲۸^{b}	۱/۴۴^{b}	۱/۳۵^{b}	۰/۱۹^{b}	۰/۱۹^{b}	۰/۹^{b}	۰/۱۹^{b}	۱۸۰	بدون پیش خشک	۰/۴۶^{d}	۰/۴۹^{d}	۰/۱۳^{c}	۰/۲۹^{c}	-	۱/۱۱^{b}	۰/۱۵^{d}	۰/۲۰^{c}	۰/۸^{d}	۰/۲۰^{c}
۱۸۰	با پیش خشک	۰/۵۶^{bc}	۰/۶۹^{b}	۰/۲۲^{bc}	۰/۲۶^{b}	۱/۱۶^{b}	۱/۱۱^{b}	۰/۱۶^{b}	۰/۱۸^{b}	۰/۹۰^{b}	۰/۱۸^{b}	۱۸۰	با پیش خشک	۰/۴۶^{d}	۱/۲۸^{cd}	۰/۱۰^{c}	۰/۱۶^{c}	-	-	۰/۲۳^{a}	۰/۳۲^{a}	۰/۰۷^{d}	۰/۰۷^{d}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمالی ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

ادامه جدول شماره ۳-

زمان نگهداری (روز)	عملیات خشک کردن	E-Caryophyllene		Alloaromadendrene		Caryophyllene Oxide		y-Gurjunene		β-Bisabolene		Spathulenol	
		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری		روش انبارداری	
		یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال	فضای آزاد (سایه)	یخچال
۶۰	بدون پیش خشک	۱/۵۲^{d}	۵/۴^{ab}	-	-	۱/۴۲^{a}	۰/۳۹^{de}	-	-	-	-	-	۰/۳۶^{a}
۶۰	با پیش خشک	۳/۶۸^{c}	۵/۹۱^{a}	-	-	-	۰/۳۲^{e}	-	-	-	-	-	۰/۲۸^{b}
۱۲۰	بدون پیش خشک	۵/۹۲^{a}	۵/۳۳^{ab}	۰/۲۱^{b}	۰/۱۱^{d}	۰/۱۸^{f}	۱/۱۵^{b}	۰/۳۲^{bc}	-	-	-	-	۰/۰۹^{e}
۱۲۰	با پیش خشک	۳/۴۴^{c}	۴/۸۰^{b}	۰/۱۸^{c}	۰/۱۱^{d}	۰/۳۱^{e}	۰/۷۷^{c}	۰/۲۵^{d}	-	-	-	-	-
۱۸۰	بدون پیش خشک	۵/۳۵^{ab}	۵/۳۹^{ab}	۰/۱۶^{c}	۰/۱۸^{c}	۰/۴۷^{d}	۰/۷۳^{c}	۰/۳۶^{ab}	۳/۶۱^{a}	۰/۹۵^{a}	۰/۶۵^{b}	۰/۱۲^{d}	۰/۱۲^{d}
۱۸۰	با پیش خشک	۵/۹۴^{a}	۵/۰۳^{ab}	۰/۱۷^{c}	۰/۲۴^{a}	۰/۴۵^{d}	۰/۶۵^{c}	۰/۲۶^{d}	۳/۰۳^{b}	۰/۶۶^{b}	۰/۴۷^{c}	۰/۱۸^{c}	۰/۱۲^{d}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمالی ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در سایه و نگهداری شده در فضای آزاد (سایه) به مدت ۶۰ روز دارای بیشترین میزان این ماده بودند. در حالی که نگهداری همین گیاهان در یخچال به مدت ۶۰ روز میزان این ترکیب را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول شماره ۳).

با توجه به جدول ۳، مواد موثره پارا-سیمن، گاما-ترپینن، آلفا- پینن، بتا- پینن، کامفن، میرسن، آلفا- فلاندرن، آلفا-ترپینن، لیمونن، سیس-سابینن هیدرات، ترانس- سابینن هیدرات، آلفا-توجن و ترپینولن در نمونه‌های نگهداری شده به مدت ۶۰ روز وجود نداشتند. بیشترین میزان آلفا-پینن (۴/۴۷ درصد)، بتا-پینن (۱/۵۲ درصد)، کامفن (۴/۴۷ درصد)، میرسن (۷/۵۸ درصد)، آلفا- فلاندرن (۱/۰۱ درصد)، آلفا-ترپینن (۵/۱۲ درصد)، لیمونن (۲۴/۳۲ درصد)، سیس- سابینن هیدرات (۱۸/۳۳ درصد) و ترانس- سابینن هیدرات (۱/۳۸ درصد) در گیاهان خشک شده در سایه بعد از عملیات پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۱۲۰ روز مشاهده گردید (جدول شماره ۳). در مورد ترپینولن، بیشترین میزان این ترکیب (۰/۳۲ درصد) در گیاهان خشک شده در سایه بعد از عملیات پیش خشک و نگهداری شده در فضای آزاد (سایه) به مدت ۱۸۰ روز مشاهده شد (جدول شماره ۳). همچنین مواد مؤثره پارا- سیمن و گاما- ترپین عمدتاً در گیاهان انبار شده به مدت ۱۸۰ روز مشاهده شدند، بیشترین مقادیر این ترکیبات به ترتیب در گیاهان خشک شده در سایه بعد از عملیات پیش خشک و نگهداری شده در فضای آزاد و گیاهان خشک شده در سایه و نگهداری شده در یخچال مشاهده شد. ماده مؤثره آلفا-توجن در زمان انبارداری ۱۲۰ روز مشاهده شد و بیشترین مقادیر آن (۰/۳۲ درصد) مربوط به نمونه‌های خشک شده در سایه و نگهداری شده در فضای آزاد بود (جدول شماره ۳).

بیشترین میزان ای- کاریوفیلن (۵/۹۴ درصد) در گیاهان خشک شده در سایه بعد از عملیات پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۱۸۰ روز حاصل شد. بدون در نظر گرفتن روش خشک کردن و انبارداری، زمان نگهداری ۱۸۰ روز بهترین عملکرد را از لحاظ میزان ای- کاریوفیلن دارا بود (جدول شماره ۳). همچنین بیشترین میزان کاریوفیلن اکسید (۱/۴۲ درصد) در گیاهان خشک شده در سایه بدون عملیات پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۶۰ روز مشاهده شد (جدول شماره ۳). نتایج همچنین نشان داد که گیاهان خشک شده در سایه بدون عملیات پیش خشک و نگهداری شده در یخچال به مدت ۱۸۰ روز دارای بیشترین میزان ماده مؤثره بتا- بیسابولن (۰/۹۵ درصد) بودند. لازم به ذکر است که در این تیمارها پیش خشک کردن سبب کاهش این ترکیب شد. علاوه بر این. بیشترین مقدار ماده مؤثره گاما-گورجونن (۳/۶۱ درصد) مربوط به گیاهان خشک در سایه بدون عملیات پیش خشک و نگهداری شده در سایه به مدت ۱۸۰ روز بود (جدول شماره ۳).

بحث

نتایج نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارداری میزان اسانس و اجزای آن تغییر یافت. بیشترین میزان اسانس مربوط به نمونه‌های خشک شده در دمای اتاق بدون عملیات پیش خشک و نگهداری شده در شرایط یخچال (۴ درجه سانتی گراد) در مدت زمان کوتاه ۶۰ روزه می‌باشد و نگهداری نمونه گیاه در دمای پایین (یخچال) سبب حصول میزان اسانس بیشتری نسبت شرایط سایه شد. در طول انبارداری، وجود اکسیژن و نور می‌تواند سبب تغییرات اکسیداتیو در اسانس شود و سرعت تغییرات تحت تأثیر دما و زمان انبارداری تغییر می‌یابد. علاوه بر این ترکیباتی با پایداری کمتر به سرعت در واکنش شیمیایی با ترکیبات دیگر از بین می‌روند. در همین راستا، محمدی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که بیشترین میزان اسانس در گیاه گل محمدی زمانی مشاهده شد که گلبرگ‌ها در دمای پایین (۲۰- درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند، که با این روش گلبرگ‌ها به مدت سه هفته بدون هیچ تغییر چشمگیری در میزان اسانس نگهداری شدند [۱۵]. محمودی سورستانی و همکاران (۲۰۱۴) دریافتند که میزان اسانس گل مکزیکی (*Agastache foeniculum* Kuntze.) به شدت تحت تأثیر زمان انبارداری قرار گرفت و بعد از دو ماه

انبارداری میزان اسانس ۰/۶ درصد کاهش یافت [۱۶]. کاهش میزان اسانس تحت شرایط انبارداری می‌تواند به دلیل تبخیر ترکیبات فرار و واکنش‌های اکسیداتیو باشد [۱۶]. همچنین گزارش شده است که مقدار و ترکیبات اسانس گیاه گل محمدی به طور معنی‌داری تحت تأثیر زمان و شرایط انبارداری قرار گرفت [۱۷]. در تحقیقی، زمانی که سرشاخه‌های آویشن به مدت ۲۴ ساعت در ۴ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، مقدار اسانس به ترتیب ۸/۵ و ۲۷ درصد کاهش یافت [۱۸]. عبادی و همکاران (۲۰۱۷) نیز دریافتند که با افزایش مدت زمان انبارداری مقدار اسانس گیاه به‌لیمو به طور چشمگیری کاهش یافت [۱۹].

نتایج نشان داد که بیشترین مقادیر مواد مؤثره لینالول، بورنئول، ترپینن-۴ ال، تیمول متیل اتر، ای-انتول، تیمول و کارواکرول در زمان نگهداری ۶۰ روز مشاهده شد. به نظر می‌رسد که این ترکیبات به زمان انبارداری بسیار حساس بوده و با افزایش این دوره مقادیر آنها کاهش یافت. دلیل تغییر ترکیبات اسانس در طی انبارداری ممکن است به دلیل اکسیداسیون و یا سایر تغییرات شیمیایی باشد [۲۰]. در واقع بعد از فرایند خشک کردن، زمان انبارداری فاکتور مهم دیگر برای حفظ کیفیت گیاه است [۲۱]. در طول انبارداری گیاهان دارویی، دما یکی از مهم‌ترین عوامل در تجمع اسانس در نمونه‌ها می‌باشد [۲۲]. با افزایش زمان انبارداری غلظت ترکیبات با وزن مولکولی پایین در دمای اتاق کاهش یافت، که می‌تواند به دلیل تبخیر، اکسیداسیون و سایر تغییرات در طول دوره انبارداری باشد [۱۸]. گزارش شده است که با افزایش مدت زمان انبارداری مقدار ژرانیول [۲۳] و همچنین مقدار ترکیبات اصلی آویشن (کارواکرول و تیمول) به طور چشمگیری کاهش یافت [۱۸]. آسکون و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که مقدار ۱،۸ سینئول با پیش خشک کردن گیاهان در آفتاب افزایش یافت [۲۴].

با توجه به نتایج، بیشترین مقادیر مونوترپن‌های آلفا- پینن، کامفن، بتا- پینن، میرسن، آلفا فلاندرن، آلفا- ترپینن، لیمونن، سیس- سابینن هیدرات و ترانس سابینن هیدرات در خشک کردن در سایه بعد از عملیات پیش خشک و نگهداری در یخچال به مدت ۱۲۰ روز مشاهده شد. روشن و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که انبارداری در دمای اتاق به مدت ۳ ماه سبب کاهش شدید مقدار آلفا-پینن، گاما-ترپینن و پارا سیمن و افزایش مقدار تیمول و کارواکرول در گیاه آویشن شد [۱۸]. این پژوهشگران همچنین بیان کردند که گاما-ترپینن طی فرایندهایی ابتدا به پارا-سیمن و سپس کارواکرول یا تیمول تبدیل می‌شود که ممکن است تحت شرایط انبارداری اتفاق افتاده باشد [۱۸]. در همین راستا نتایج مطالعه‌ای نشان داد که آلفا توجن، میرسن، آلفا ترپینن، گاما ترپینن و کاریوفیلن اکسید در طی مدت انبارداری، تغییرات معنی‌داری را نشان دادند [۲۰]. گزارش شده است که بیشترین مقادیر مونوترپن‌های اکسیژن‌دار در گل‌های گل محمدی، زمانی مشاهده شد که نمونه‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز نگهداری شدند، در حالی که در این تیمارها کمترین هیدروکربن‌ها مشاهده شد [۱۰]. کاهش مقادیر آلفا-توجن، بتا-پینن، آلفا-پینن، میرسن که دمای جوش پایینی دارند توسط محتشمی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شده است [۲۵]. در طول انبارداری ترکیبات اسانس براحتی می‌توانند از طریق واکنش‌های شیمیایی یا آنزیمی اکسیداسیون، ایزومریزاسیون و دهیدروژناسیون به ترکیبات دیگر تبدیل شوند [۲۶]. اکسیدازها، پراکسیدازها، هیدرولازها و ایزومرازها مهم‌ترین آنزیم‌هایی هستند که سبب تغییرات ترکیبات اسانس در طول انبارداری می‌شوند [۲۵]. تورک و استینزینگ (۲۰۱۲) گزارش کردند که در بین اسانس‌های اسطوخودوس، کاج، رزماری و آویشن، بیشترین تخریب مونوترپن‌ها در اسانس رزماری مشاهده شد و شرایط دمای پایین و تاریکی سبب حفظ بیشتر مونوترپن‌ها شد [۲۷]. کاهش مونوترپن‌ها در طول انبارداری توسط مهدی‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شده است [۲۸].

در مورد سزکوئی‌ترپن‌های کاریوفیلن، اسپاتولینول، کاریوفیلن اکسید، بیسابولن، آللوآروماندرن و گورجونن، نمونه‌های نگهداری شده در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی گراد) دارای سزکوئی ترپن بیشتری نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در فضای آزاد بودند. افزایش سزکوئی‌ترپن‌ها در طول نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد می‌تواند به دلیل کاهش

مقدار تخریب در دمای پایین باشد. خانقلی و رضایی نودهی (۲۰۰۸) گزارش کردند که با افزایش دمای خشک کردن میزان مونوترپن‌ها (مانند لیمونن و ۱، ۸- سینئول) به تدریج کاهش یافت اما میزان سزکوئی ترپن‌ها (مانند گاما المن) افزایش یافت [۲۹]. آنها بیان کردند که مونوترپن‌ها به دلیل وزن مولکولی کمتر نسبت به سزکوئی ترپن‌ها سریع‌تر تبخیر شدند [۲۹]. هستوتی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که انبارداری سبب کاهش مقدار کاریوفیلن شد، در حالی که مقدار کاریوفیلن اکسید افزایش یافت، بنابراین فرایند اکسیداسیون یکی از عوامل مؤثر در تغییرات ترکیبات می‌باشد [۳۰]. علاوه بر این، گزارش کردند که در طول انبارداری افزایش اوگنول (Eugenol) با کاهش مقدار اوگنیل استات (Eugenyl acetate) همراه بود که نشان‌دهنده هیدرولیز و تغییر اوگنیل استات به اوگنول می‌باشد [۳۰]. نتایج ما با یافته‌های شارما و کومار [۱۰] و همچنین روشن و همکاران [۱۸] مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

مقدار اسانس و ترکیبات اسانس آویشن دنایی بسته به انجام یا عدم انجام عملیات پیش خشک کردن، شرایط و مدت زمان انبارداری به طور معنی‌داری متفاوت است. بیشترین میزان اسانس و ترکیبات اصلی اسانس (تیمول و کارواکرول) در خشک کردن گیاه آویشن دنایی در سایه بدون اعمال پیش خشک و نگهداری آنها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده شده است و با افزایش مدت زمان انبارداری، میزان اسانس و ترکیبات اصلی اسانس (تیمول و کارواکرول) به میزان قابل توجهی کاهش یافته است.

منابع

1. Pirbalouti AG, Hashemi M, Rahmani Samani M and Zeinali H. Salicylic acid affects growth, essential oil and chemical compositions of thyme (*Thymus daenensis* Celak.) under reduced irrigation. *Plant Growth Regul*. 2014; 72: 289 - 301.

2. Tohidi B, Rahimmalek M and Arzani A. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of Thymus species collected from different regions of Iran. *Food Chem*. 2017; 220 153 - 161.

3. Zarshenas MM and Krenn L. A critical overview on *Thymus daenensis* Celak. phytochemical and pharmacological investigations. *J. Integr. Med*. 2015; 13 (2): 91 - 98.

4. Nikavar B and Mojab F. Investigating the Essential oil constitutes of Thyme (*Thymus daenensis* L.) flowers. *J. Med. Plants*. 2005; 1 (12): 45-50.

5. Moradi P, Falsafi T, Saffari N, Rahimi E, Momtaz H and Hanedi B. Chemical composition and antimicrobial effects of *Thymus daenensis* on Helicobacter pylori. *Biosci. Biotech. Res. Comm*. 2017; 10 (1): 137-142.

6. Omidbaigi R. Production and processing of medicinal plants.1st ed. Astan Quds Razavi press. Iran. 2006, pp: 347-352.

7. Kunle OF. Egharevba HO and Ahmadu PO. Standardization of herbal medicines—A review. *Int. J. Biodivers. Conserv*. 2012; 4, 101–112.

8. Azizi M, Rahmati M, Ebadi T and Hasanzadeh Khayyat M. Effect of Different Drying Methods on Weight Loss Rate, Essential Oil and Camazulin Percentage of Chamomile (*Matricaria recutita* L.). *IJMAP*. 2010; 25: 182-192.

9. Baydar H and Gokturk Baydar N. The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascene* Mill.). *Ind. Crops Prod*. 2005; 21: 251–255.

10. Sharma S and Kumar R. Effect of temperature and storage duration of flowers on essential oil content and composition of damask rose (*Rosa*

damascena Mill.) under western Himalayas. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants*, 2015; http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.10.001.

11. Belghit A, Kouhila M and Boutaleb BC, Experimental study of drying kinetics by forced convection of aromatic plants. *Energy Convers Manag*. 2000; 41: 1303-1321.

12. European Pharmacopoeia. Council of Europe, Strasbourg. 5th ed, 2005; 2: Pp 2888.

13. Adams RP. Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry. 2001; Allured Publishing Corporation Carol Stream, IL.

14. McLafferty FW and Stauffer DB. The Wiley / Nbs registry of mass spectral data. Wiley. New York. 1989.

15. Mohamadi M, Mostafavi A and Shamspur T. Effect of Storage on Essential Oil Content and Composition of *Rosa damascene* Mill. Petals under Different Conditions. *JEOBP.* 2011; 14 (4): 430 – 441.

16. Mahmoodi Sourestani M, Malekzadeh, M and Tava A. Influence of drying, storage and distillation times on essential oil yield and composition of anise hyssop [*Agastache foeniculum* (Pursh.) Kuntze]. *JEOR.* 2014; 26: 177–184.

17. Kumar R, Shama S, Sood S, Agnihotri VK and Singh B. Effect of diurnal variability and storage conditions on essential oil content and quality of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) flowers in north western Himalayas. *Sci. Hort*. 2013; 154, 102 - 108.

18. Rowshan V, Bahmanzadegan A and Saharkhiz MJ. Influence of storage conditions on the essential oil composition of *Thymus daenensis* Celak. *Ind. Crops Prod*., 2013; 97 - 101.

19. Ebadi MT, Sefidkon F, Azizi M and Ahmadi N. Packaging methods and storage duration affect essential oil content and composition of lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth.). *Food Sci. Nutr*. 2017; 5: 588 - 595.

20. Venskutonis R, Poll L and Larsen M. Influence of drying and irradiation on the composition of volatile compounds of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Flavour Fragr. J.* 1996; 11: 123 - 128.

21. Martinazzo AP, Melo EC, Barbosa LCA, Soares NFF, Rocha RR, Radünz LL and Berbert PA Quality parameters of *Cymbopogon citratus* leaves during ambient storage. *Appl. Eng. Agric*. 2009; 25: 543-547.

22. Singh AK, Naqvi AA, Ram G and Singh K. Effect of hay storage on oil yield and quality in three cymbopogon species (*C. winterianus*, *C. martinii* and *C. flexuosus*) during different harvesting seasons. *J. Essent. Oil Res*. 1994; 6, 289 - 294.

23. Kumar R, Sharma S, Sood S and Agnihotri VK. Agronomic interventions for the improvement of essential oil content and composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) under western Himalayas. *Ind. Crops. Prod*. 2013; 48: 171 - 177.

24. Asekun OT, Grierson DS and Afolayan AJ. Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of *Mentha longifolia* L. subsp. Capensis. *Food Chem*. 2007; 101 (3): 995–998.

25. Mohtashami S, Rowshan V, Tabrizi L, Babalar M and Ghani A. Summer savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil constituent oscillation at different storage conditions. *Ind. Crops & Prod.* 2018; 111: 226 - 231.

26. Najafian Sh. Storage conditions affect the essential oil composition of cultivated balm mint herb (Lamiaceae) in Iran. *Ind. Crops Prod*. 2014; 52: 575 - 581.

27. Turek C. and Stintzing FC. Stability of essential oils: a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*. 2013; 12: 40 - 53.

28. Mehdizadeh L, Ghasemi Pirbalouti A. and Moghaddam M. Storage stability of essential oil of cumin (*Cuminum Cyminum* L.) as a function of temperature. *Int. J. Food Properties*. 2017; DOI: 10.1080/10942912.2017.1354018.

29. Khangholi S and Rezaeinodehi A. Sweet wormwood (*Artemisia annua*) growing wild in Iran. *Pak. J. Biol. Sci.* 2008; 11 (6): 934 - 937.

30. Hastuti LT, Saepudin E, Cahyana AH, Rahayu DUC, Murni VW and Haib J. The Influence of Sun Drying Process and Prolonged Storage on Composition of Essential Oil from Clove Buds (*Syzygium aromaticum*). *ISCPMS*. 2016; doi: 10.1063/1.4991196.

Changes in the Essential Oil Content and Composition of *Thymus daenensis* Celak. under Pre-drying and Different Storage Conditions

Dehghani Mashkani MR (Ph.D. Student)[1], Naghdi Badi H (Ph.D.)[2]*, Larijani K (Ph.D.)[3], Mehrafarin A (Ph.D.)[2]

1- Department of Horticulture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran
3- Department of chemistry, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
*Corresponding author: Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, P.O.Box: 31375/1369, Karaj, Iran
Tel: +98-26-34764010, Fax: +98-26-34764021
E-mail: Naghdibadi@yahoo.com

Abstract

Background: The post-harvesting process of medicinal plants such as drying operation and storage conditions has great influence on their quality and quantity of the active ingredients.

Objective: The aim of this experiment was to investigate the effect of pre-drying operation and also storage conditions and duration on the essential oil content and composition of *Thymus daenensis*.

Methods: A factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications. The first factor include drying operations (including pre-drying and without pre-drying), the second factor include storage method (shade storage and storage in a refrigerator at 4 °C), and the third factor was storage duration (storing the plant's organs for 60, 120 and 180 days). The essential oil was extracted by clevenger apparatus and its components were identified using GC and GC/Mass.

Results: The highest amounts of essential oil, linalool, borneol, terpinene-4-ol, thymol methyl ether, e-anethol, thymol and carvacrol were observed in plants stored for 60 days. Also, the highest amounts of *α*-pinene, camphen, *β*-pinene, myrcene, *α*-phellandrene, *α*-terpinene, limonene, cis-sabinene hydrate and trans-sabinene hydrate were observed in the plants dried in the shade after pre-drying operation and stored in the refrigerator for 120 days.

Conclusion: Drying of *T. daenensis* plants under shade without pre-drying operation and storing in 4 ° C was the best way to obtain the highest amounts of essential oil and its main components (thymol and carvacrol).

Keywords: *Thymus daenensis* Celak., Carvacrol, Drying operation, Essential oil, Storage, Thymol