مهندسی بیوسیستم ایران، دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۵ (ص ۳۰۶-۳۰۱)

تاثیر خشک‌کردن با هوای داغ بر مقدار هیپریسین استخراج شده از برگ گیاه دارویی علف‌چای *Hypericum perforatum* L.

حسین احمدی چناربن[1*]، سیده معصومه هاشمی‌نیا[2]

۱. استادیار،گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاداسلامی

۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رودهن، دانشگاه آزاداسلامی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۲۰- تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲)

چکیده

خشک‌کردن یکی از مهم ترین فرآیندهای پس از برداشت گیاهان محسوب می‌شود که نقش مهمی در حفظ کمیت و کیفیت مواد موثره‌ی آن‌ها دارد. در این تحقیق، تاثیر سه تیمار شامل دما در سه سطح ۴۰ ، ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس، سرعت جابجایی هوا در دو سطح ۰/۳ و ۱ متر بر ثانیه و عمق بستر در دو سطح ۱ و ۲ سانتی‌متر بر مقدار هیپریسین استخراج شده مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج، بیشترین مقدار هیپریسین طی فرآیند خشک‌کردن در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و در سرعت هوای داغ ۱ متر بر ثانیه و در عمق بستر ۱ سانتی‌متر و به میزان ۸۶۵/۴۱ میکروگرم در گرم وزن خشک و کمترین مقدار آن طی فرآیند خشک‌کردن در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و در سرعت هوای داغ ۰/۳ متر بر ثانیه و در عمق بستر ۲ سانتی‌متر و به میزان ۵۸۷/۳۱ میکروگرم در گرم وزن خشک به‌دست‌آمد.

واژه‌های کلیدی: خشک‌کردن، هیپریسین، علف‌چای، *Hypericum perforatum* L.

مقدمه

امروزه اکثر کشورهای پیشرفته دنیا مطالعات گسترده‌ای در زمینه ی شناخت فلور گیاهی سرزمین خود و گیاهان دارویی مورد استفاده در کشورهای دیگر به‌عمل آورده‌اند. مساله مهمی که بر سر راه این‌گونه تحقیقات قرارداشته و عامل انجام مطالعات گسترده در زمینه کاربرد گیاهان داروئی می‌گردد، مساله شناخت و حفظ مواد موثره گیاهان به ویژه در اشکال مختلف گیاهان دارویی می‌باشد. بی‌شک یکی از بزرگ‌ترین مزایای استفاده از گیاهان دارویی امکان استفاده از طیف وسیعی از عناصر ضروری مورد نیاز بدن انسان است که همگی به‌صورت طبیعی از گیاه زنده تهیه می‌شود. به‌طور خلاصه اهم دلایل رویکرد به گیاهان دارویی عبارتند از: بروز عوارض جانبی ناشی از مصرف داروهای سنتزی، مقرون به صرفه نبودن ساخت برخی از داروهای سنتزی، انحصاری بودن درمان برخی بیماری‌ها با گیاهان دارویی مانند جذام، سالک و برص که گفته می‌شود فقط درمان گیاهی دارند، وجود تجارب بالینی ارزشمند (Ahmadi Chenarbon *et al*., 2011c). یکی از مهم‌ترین انواع گیاهان دارویی، علف‌چای یا هوفاریقون، با نام علمی *H. perforatum* L. و از خانواده‌ی (Hypericaceae یاClusiaceae) می‌باشد که بومی اروپای غربی، شمال آفریقا و آسیاست. در دنیا بیش از ۴۶۹ گونه دارد که ۱۹ گونه از آن‌ها در ایران رویش می‌یابند. در ایران در نواحی شمالی به خصوص اردبیل، آستارا و گرگان به صورت خودرو در مراتع دیده می شود. برگ های این گیاه متقابل، ساده و بدون دمبرگ است. چنانچه برگ های این گیاه در مقابل نور قرار گیرند، نقاط روشنی بر روی آن ها قابل مشاهده می‌باشند که محل تجمع اسانس می باشند. این نقاط به طور یکنواخت در تمام سطح برگ گسترش دارند. علاوه بر نقاط مذکور لکه های تیره رنگی بر روی برگ ها مشاهده می شوند که محل ساخت و تجمع هیپرسین است. این لکه ها بر روی گلبرگ ها، کاسبرگ ها و خصوصا بساک ها نیز وجود دارند. تولید هیپرسین در برگ ارتباط نزدیکی با این غده ها داردو افزایش مقدار هیپرسین در گل ها نسبت به برگ ها احتمالا به علت وجود تعداد غده بیشتر در گل ها می باشد.تعداد غده ها روی برگ و ساقه گیاه تحت تاثیر شدت نور فتوسنتزی تغییر کرده و هرچه شدت نور فتوسنتزی افزایش یابد تعداد این غده ها نیز افزایش می یابد (Ahmadi Chenarbon *et al*., 2012a). از نظر خواص دارویی و درمانی، *H. perforatum* مهم‌ترین گونه‌ی این جنس به‌شمار می‌رود و امروزه کاربرد وسیعی در درمان افسردگی خفیف تا متوسط دارد. تاکنون طیف وسیعی از ترکیبات فعال بیولوژیک در گیاهان این جنس شناسایی و گزارش شده‌است که از جمله می‌توان به نفتودیانترون‌ها

* نویسنده مسئول: h.ahmadi@iauvaramin.ac.ir

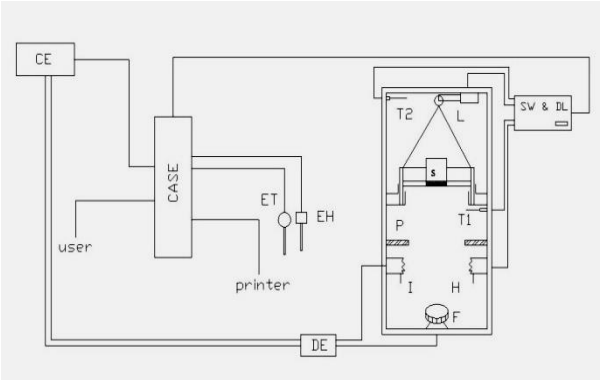
(هیپریسین و سودو هیپریسین)، آسیل و فلوروگلوسینول‌ها (هیپرفورین و ادهیپرفورین)، زانتون‌ها و فلاونوئیدها اشاره داشت (Crockett, 2010). اجزای اسانس علف‌چای نخستین بار در سال ۱۹۶۴ از فرانسه گزارش شده است، در مطالعه مذکور، ۲-متیل اکتان (۴۵ درصد) و آلفا پینن (۲۴درصد) به عنوان اجزای اصلی اسانس شناسایی شدند. بعد از آن گزارش هایی از اجزای اسانس در کشورهای هند، ترکیه و صربستان صورت گرفت. در این مطالعات نیز آلفا پینن به عنوان جز اصلی اسانس گزارش شده است. علاوه بر اسانس محتوای فنلی این گیاه نیز در طی مراحل رویشی دچار نوسانات زیادی می شود، به عنوان مثال مونوفلاونوئیدها در مرحله قبل از گلدهی و پروفلاونوئیدها در مرحله گلدهی در حداکثر مقدار خود هستند. از سوی دیگر بی آپیژین و هایپروزیدها در جوانه های در حال توسعه گل در حداکثر مقدار خود هستند و مقدار این ترکیبات بعد از مرحله ی گلدهی سریعا کاهش می یابد. نکته‌ی قابل توجه‌این‌که مهم‌ترین ویژگی گونه‌های ایرانی این گیاه، بالابودن درصد هیپریسین به عنوان مهم‌ترین ماده موثره در برگ و گل‌های آن است که نقش بسیار مهمی در درمان انواع بیماری‌ها دارد (Ahmadi Chenarbon *et al*.,2012b). در اهمیت توجه به این گیاه باید گفت که تجارت آن ۲۱۰ میلیون دلار در آمریکا و ۵۷۰ میلیون دلار در سراسر دنیا طی سه سال اخیر بوده است (Sirvent *et al*., 2012). زراعت این گیاه در اروپای غربی طی ۵ سال گذشته گسترش یافته، به طور مثال در آلمان سطح تولید در سال ۱۹۹۷ به ۳۰۰ هکتار رسید در حالی که در سال ۱۹۹۲ این میزان ۱۵ هکتار بوده‌است (Buter *et al*.,1998). فرآیندهای مختلف به‌کار رفته در صنایع تبدیلی می‌تواند محصول‌های فاسد شونده را به فرآورده‌هایی با پایداری بالا تبدیل کند. با استفاده از این فناوری‌ها، محصولات می‌توانند انبار شده و در تمام طول سال به بازارهای مصرف منتقل شوند و در نتیجه زمان دسترسی به آن ها افزایش یافته و ارزش غذایی و ویژگی‌های کیفی آن ها محفوظ می‌ماند. پایداری انباری فرآورده‌های کشاورزی تابع دو عامل فیزیکی دمای محیط و رطوبت محصول می‌باشد. با کاهش رطوبت یا دما و یا هر دو می‌توان به میزان قابل ملاحظه‌ای طول این دوره را افزایش داد. کاهش رطوبت به وسیله عملیات خشک کردن ممکن می‌باشد. در واقع خشک کردن، راهی مناسب و مطمئن برای نگهداری و ذخیره سازی محصولات است . خشک کردن فرآیندی است که طی آن فعالیت آبی ماده غذایی با کاهش میزان رطوبت آن، توسط عمل تبخیر یا تصعید کاهش می‌یابد و یا به عبارت دیگر عبارت است از خارج کردن رطوبت از محصولات به طوری که فعالیت آنزیم‌ها کاهش یافته و باکتری‌ها و عوامل بیماری‌زا قادر به رشد و نمو نبوده و از فساد ماده غذایی جلوگیری شود (Arabhosseini *et al*., 2009). در تحقیقی تاثیر درجه حرارت‌های ۴۰ ، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس برای خشک کردن برگ‌های نعناع فلفلی *Menta piperita* مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج، در درجه حرارت‌های بالاتر از ۶۰ درجه سلسیوس، مقدار اسانس کاهش یافت به گونه‌ای‌که مقدار سیترونلال و سینئول در ۸۰ درجه سلسیوس به یک هشتم رسید (Mahanom *et al*.,1999). در تحقیقی دیگر، تاثیر خشک‌کردن با هوای داغ بر میزان روغن‌های فرار موجود در برگ‌های گیاه ترخون در دو واریته‌ی فرانسوی و روسی مطالعه‌شد. برگ‌های گیاه در محدوده دمایی ۴۰ تا ۹۰ درجه سلسیوس و رطوبت‌های نسبی مختلف، خشک شدند. عمل خشک‌کردن، زمانی که محتوای رطوبتی نمونه‌ها به ۱۰ درصد رسید، متوقف شد. بر اساس نتایج، دو عامل زمان خشک‌شدن و دما از تاثیرگذارترین عوامل در حفظ اسانس موجود در برگ‌ها بودند اما تاثیر رطوبت نسبی معنی‌دار نبود. از سوی دیگر با طولانی شدن زمان خشک شدن، میزان روغن های فرار کاهش یافت و بیشترین کاهش در دمای ۶۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (Arabhosseini *et al*., 2005). Azizi *et al* (2009) تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن را بر زمان خشک‌شدن، سرعت کاهش وزن، میزان اسانس و درصد کامازولن گل‌های بابونه (*Matricaria recutita* L.) بررسی نمودند. در تحقیق آنان شش توان مختلف میکروویو شامل ۱۰۰، ۱۸۰، ۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات، سه دمای مختلف آون شامل ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس و روش طبیعی (سایه) مورد مقایسه قرار گرفتند. با توجه به نتایج، تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک‌کردن، میزان اسانس و درصد کامازولن نمونه‌ها معنی‌دار بود. کمترین زمان خشک‌کردن (۶ تا ۱۰۲ دقیقه با توجه به توان مورد نظر) در روش میکروویو و بیشترین آن (۱۲۰ ساعت) در روش سایه حاصل شد. بالاترین درصد اسانس در دمای ۵۰ و ۶۰ درجه آون و روش خشک‌کردن در سایه به‌دست آمد و کمترین آن مربوط به خشک‌کردن در توان‌های بالای میکروویو و دمای بالای آون بود. بالاترین درصد کامازولن در روش طبیعی و میکروویو و کمترین درصد آن به‌وسیله خشک‌کردن در آون به‌دست آمد.

با توجه به اهمیت فرآیند خشک‌کردن در صنعت گیاهان دارویی و حفظ ترکیبات شیمیایی موثر در آن‌ها، تحقیق حاضر، به‌منظور تعیین مناسب‌ترین تیمار در فرآیند خشک‌کردن با هوای داغ برگ گیاه دارویی علف چای *H. perforatum* انجام شد.

مواد و روش‌ها

تجهیزات عملیات خشک‌کردن

برای خشک‌کردن، از سه دستگاه خشک‌کن آزمایشگاهی نوع کیلن که در مجتمع تحقیقاتی عصر انقلاب موجود است، استفاده گردید. این خشک‌کن که برای خشک کردن دانه‌ها، مواد غذایی، میوه ها و سبزیجات استفاده می‌شود، دو طبقه بوده که در طبقه اول مولد گرمایی و در طبقه دوم، صفحه‌ای است که محصول برای خشک کردن روی آن قرار می‌گیرد. در کف این طبقه سوراخ‌هایی برای عبور هوای داغ تعبیه شده است. طرح خشک کن، در شکل۱ نشان داده شده است. طول و عرض دستگاه ۴۰cm و ارتفاع آن ها ۱۶۵cm می‌باشد. محل قرار گرفتن نمونه‌ها حدود ۱۰۰ cm از کف دستگاه فاصله داشته و فاصله آن‌ها تا سقف خشک‌کن حدود ۶۰ cm است. در فاصله‌ای حدود ۴۰ cm بالاتر از محل قرارگیری نمونه‌ها، دریچه‌ای برای خروج هوای مرطوب تعبیه شده‌است. هرکدام از این خشک‌کن‌ها دارای دو المنت برقی مستقل برای تامین دمای مورد نیاز می‌باشند که یکی به وسیله ترموستات دیجیتالی و دیگری به صورت دستی کنترل می‌گردد. جریان هوا توسط یک دهنده که در زیر المنت‌ها قرار دارد، تامین می‌شود. میزان هوادهی این دمنده ها ۱۸۰-۲۲۰ m^3/h توسط یک دیمر قابل تنظیم می‌باشد. برای اندازه‌گیری دما دو حسگر دما، یکی در قسمت زیرین و دیگری در قسمت رویی ظرف تعبیه شده که دمای هوا را قبل و بعد از تماس با نمونه های آزمایشی اندازه گیری می کنند (Ahmadi Chenarbon *et al*., 2010).



شکل ۱- طرح خشک کن آزمایشگاهی

در شکل مزبور: (F) فن (H) مولد گرما (S) صفحه مشبک حامل نمونه(T_1) دماسنج قبل از صفحه مشبک حامل نمونه (T_2) دماسنج بعد از صفحه مشبک حامل نمونه (SW) کلید های فرمان (DL) ثبات داده ها (CE) سیستم کنترل الکترونیکی (DE) سیستم راه انداز الکترونیکی(EH)حسگر اندازه گیر ی رطوبت محیط (ET) حسگر اندازه گیر ی دمای محیط

قبل از شروع هر آزمایش، دمای مورد نظر توسط ترموستات تنظیم می‌شد و خشک‌کن‌ها شروع به کار می‌کردند تا به دمای مورد نظر برسند. پس از خاموش شدن المنت حرارتی توسط سوئیچر، مشخص می‌شد که دستگاه با دمای مورد نظر به تعادل رسیده و آنگاه نمونه‌ها در آن قرار داده می‌شدند. عملیات داده برداری از طریق توزین نمونه‌ها در فواصل زمانی ۵ دقیقه به وسیله ترازوی دیجیتال (Saitorius مدل PT210) ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱± گرم انجام گرفت. این عمل تا رسیدن محتوای رطوبت نمونه‌ها به ۱۰ درصد بر پایه خشک، ادامه داشت. به‌طور کلی محتوای رطوبت نهایی گیاهان دارویی را برای این‌که دچار آلودگی‌های قارچی و آفلاتوکسین نشوند، ۱۰ درصد بر پایه خشک توصیه‌کرده‌اند از سوی دیگر کاهشی بیش از این مقدار سبب کاهش کیفیت و کمیت محصول نهایی شده همچنین هزینه‌ی فرآوری افزایش خواهد یافت (Azizi *et al*., 2009). در ضمن برای تعیین و تایید رطوبت نهایی، نمونه‌ها در آون خلاء (مدل Gallen Kamp) در دمای ۷۰ درجه سلسیوس و فشار ۱۵۰ میلی بار و به مدت ۸ ساعت قرار داده شدند. آن‌گاه توزین نمونه‌ها انجام و سپس رطوبت آنها بر پایه خشک محاسبه گردید (Tsami *et al*., 1990). برای اندازه گیری سرعت جابجایی هوای گرم در خشک کن، از دستگاه سرعت سنج هوا AM-4201 شرکت لوترون (Lutron) استفاده شد. این دستگاه قابلیت اندازه گیری سرعت عبور هوا تا ۲۰ m/s را با دقت ۰/۱ ± متر بر ثانیه دارا می‌باشد. برای تنظیم سرعت هوا، ابتدا پروانه دستگاه سرعت سنج هوا را در محل ورود هوا به بستر محصول قرار داده و سرعت عبور توسط دستگاه قرائت شد. پس از آن با استفاده از دیمر مربوط به دمنده ی دستگاه خشک کن، سرعت عبور هوا با تغییر دور موتور دمنده به میزان دلخواه تنظیم و کنترل می‌شد. در طول دوره انجام آزمایش‌ها، دما و رطوبت نسبی آزمایشگاه به ترتیب بین ۲۷ تا ۲۹ درجه سلسیوس و ۳۳-۳۱درصد، با استفاده از دماسنج-رطوبت سنج مدل HT 3003 شرکت لوترون با دقت از۰/۱ ± اندازه گیری شد. در طول دوره، به منظور استقرار نمونه‌ها در خشک‌کن‌ها، با توجه به کوچک بودن ابعاد نمونه‌ها از توری‌های ریز بافت فلزی به ابعاد ۳۵×۳۵ سانتی‌متر استفاده شد. سپس قاب های آلومینیومی به ارتفاع ۱ و ۲ و ۳ سانتی‌متر (عمق بسترهای مختلف) و ابعاد ۳۵×۳۵ ساخته و روی توری‌ها مستقر گردید. آنگاه نمونه‌ها داخل قاب‌های مختلف قرار داده شدند. به منظور جلوگیری از بادبردگی برگ‌ها، از توری فلزی استفاده می‌شد که بر روی قاب‌ها قرار می‌گرفتند.

فرایند خشک‌کردن گیاه علف چای

گیاه مورد استفاده در این تحقیق از مزرعه کلکسیون تحقیقاتی گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی در اردیبهشت و خرداد ۹۲ تهیه گردید. عمل برداشت قبل از گل‌دهی انجام و بلافاصله برگ‌ها از ساقه جدا شدند. با توجه به پیوستگی انجام مراحل آزمایش، کل ماده گیاهی مورد نیاز برای انجام عملیات خشک‌کردن از مزرعه تهیه و سپس نمونه‌ها در پاکت‌های پلاستیکی مجزا بسته‌بندی شده و در دمای ۱±۴ درجه سلسیوس درون یخچال، به‌منظور جلوگیری از کپک‌زدگی قرار داده‌شدند. در این حالت رطوبت کل برگ‌ها۶۱ درصد بر پایه خشک محاسبه گردید. در این تحقیق، سه تیمار شامل دما در سه سطح ۴۰ ، ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس، سرعت جابجایی هوا در دو سطح ۰/۳ و ۱ متر بر ثانیه و عمق بستر در دو سطح ۱ و ۲ سانتی‌متر از نظر تاثیر بر مقدار استخراج هیپریسین مورد بررسی قرار گرفتند. تحقیق براساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی انجام و داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS14 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در پایان مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪=α انجام شد.

تعیین میزان هیپریسین برگ گیاه علف چای

استخراج اسانس گیاه

همان‌گونه که گفته‌شد، هدف از تحقیق، انتخاب مناسب‌ترین تیمار برای خشک کردن بود که این مهم با اندازه‌گیری بیشترین مقدار هیپرسین حفظ شده در گیاه توسط هر یک از تیمارها امکان پذیر شد. به منظور استخراج اسانس، یک گرم از پودرکاملا خرد شده گیاه (با مش ۲۵) در بالن ته‌گرد ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و با استفاده از ۸۰ میلی‌لیتر متانول به مدت ۲۰ دقیقه، عمل رفلاکس متانول و و استخراج اسانس انجام شد. اسانس حاصل با استفاده از پارچه‌ی کتانی، صاف و سپس عمل اسانس‌گیری از پودر گیاه با ۶۰ میلی‌لیتر متانول و به مدت ۲۰ دقیقه مجددا تکرار گردید. اسانس‌های حاصل با هم مخلوط و در نهایت با کاغذ صافی صاف گردیدند و به بالن ته‌گرد ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل شدند و تا حجم حدود ۳ میلی‌لیتر با دستگاه Rotary Evaporator تحت خلا تغلیظ گردیدند. اسانس تغلیظ شده به بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتری منتقل و با استفاده از متانول به حجم رسانده شد. آن‌گاه محلول‌های حاصل برای تعیین مهم‌ترین جزء اسانس یعنی هیپریسین، با استفاده از HPLC در شیشه‌های دودی رنگ و در یخچال قرار گرفتند (Naghdi *et al.*, 2004).

مشخصات و برنامه‌ی دمایی دستگاه HPLC

مدل دستگاه مورد استفاده، Well Chrom 2000 و ساخت شرکت آلمانی Knauer بود. از سوی دیگر مدل‌های پمپ و دتکتور به ترتیب، Maxi-star K-1000 و Spectrophotometer K-2500 بودند. قابل توجه این‌که دتکتور در۵۹۰ نانومتر تنظیم شد. ستون مورد استفاده Erospher 100 C18 به طول ۲۵ سانتی‌متر و قطر ۴ میلی‌متر، فاز متحرک متانول ۶۸ درصد، اتیل استات ۲۰درصد و سدیم هیدرو سولفات ۰/۱ مول ۱۲ درصد و با شدت جریان یک مبلی‌لیتر در دقیقه و مقدار نمونه تزریق شده ۲۰µl بود. مدت زمان انجام آزمایش ۳۰ دقیقه طول کشید. استاندارد هیپریسین با فرمول مولکولی $C_{30}H_{16}O_8$ و با جرم مولکولی ۵۰۴/۴۳ ، به مقدار ۱۰ میلی‌گرم از شرکت Roth آلمانی خریداری شد. سپس غلظت‌های متفاوتی از نمونه استاندارد تهیه (پنج نمونه با غلظت های ppm ۱۱۶ ، ۱۳۳ ، ۱۵۵ ، ۱۸۶، ۲۳۲) و به دستگاه تزریق گردید. آن‌گاه با داشتن مساحت سطح زیر طیف ماده مجهول و انطباق آن با نمودار کالیبراسیون، غلظت ماده مجهول به دست‌آمد Sirvent and (Gibson, 2000).

نتایج و بحث

با توجه به جدول ۱، تاثیر عامل‌های دما، سرعت جریان هوای داغ ، عمق بستر و اثرهای متقابل آن‌ها بر مقدار هیپریسین استخراج شده از برگ گیاه خشک شده و در سطح احتمال ۱٪= α معنی‌دار بودند.

جدول ۱.تجزیه واریانس داده های حاصل از تاثیر سه عامل سرعت جریان هوای داغ ، عمق بستر و دما بر مقدار هیپریسین

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
دما (A)	۲	۱۸۴۱۸/۲۷	۹۲۰۹/۱۳	۱۳۶/۲۵**
سرعت (B)	۱	۱۱۲۹۹/۶۹	۱۱۲۹۹/۶۹	۱۶۷/۱۸**
A×B	۲	۱۳۳۲۳/۳۴	۶۶۶۱/۶۷	۹۸/۵۶**
عمق (C)	۱	۹۹۱۷/۴۸	۹۹۱۷/۴۸	۱۴۶/۷۳**
A×C	۲	۱۲۶۸۵/۲۹	۶۳۴۲/۶۴	۹۳/۸۴**
B×C	۱	۵۶۴۱/۷۳	۵۶۴۱/۷۳	۸۳/۴۷**
A×B×C	۲	۱۰۲۲۳/۶۶	۵۱۱۱/۸۳	۷۵/۶۳**
خطا	۲۴	۱۶۲۲/۱۶	۶۷/۵۹	-

**وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪= α

جدول۲.مقایسه میانگین تاثیر متقابل دما × عمق بستر بر مقدار هیپریسین (میکروگرم در گرم وزن خشک)

	دما (°C)		
عمق بستر (cm)	۴۰	۵۰	۶۰
۱	۸۲۷/۱۹[a]	۸۳۵/۰۳[a]	۶۴۲/۸۷[c]
۲	۷۳۹/۷۱۵[b]	۷۵۹/۱۳[b]	۵۹۰/۳۶[d]

با توجه به جدول ۲، بیشترین مقدار هیپریسین در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و در عمق بستر ۱ سانتی‌متر و به میزان ۸۳۵/۰۳ میکروگرم در گرم وزن خشک و کمترین مقدار آن در دمای ۶۰ درجه سلسیوس ودر عمق بستر ۲ سانتی‌متر و به میزان ۵۹۰/۳۶ میکروگرم در گرم وزن خشک حاصل شد.

جدول۳.مقایسه میانگین تاثیر متقابل دما × سرعت هوای داغ بر مقدار هیپریسین (میکروگرم در گرم وزن خشک)

سرعت هوای داغ (m/s)	دما (°C)		
	۴۰	۵۰	۶۰
۰/۳	۷۶۷/۲۳^{b}	۷۶۶/۸۳^{b}	۵۹۹/۹۱^{c}
۱	۷۹۹/۶۷^{a}	۸۲۷/۳۳^{a}	۶۳۳/۳۲^{c}

با توجه به جدول ۳، بیشترین مقدار هیپریسین در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و در سرعت هوای داغ ۱ متر بر ثانیه و به میزان ۸۲۷/۳۳ میکروگرم در گرم وزن خشک و کمترین مقدار آن در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و در سرعت هوای داغ ۰/۳ متر بر ثانیه و به میزان ۵۹۹/۹۱ میکروگرم در گرم وزن خشک به‌دست آمد.

جدول۴. مقایسه میانگین تاثیر متقابل عمق بستر × سرعت هوای داغ بر مقدار هیپریسین (میکروگرم در گرم وزن خشک)

سرعت هوای داغ (m/s)	عمق بستر (cm)	
	۱	۲
۰/۳	۷۳۸/۴۳^{b}	۶۸۴/۲۱^{c}
۱	۷۹۸/۲۹^{a}	۷۰۸/۵۹^{bc}

طبق جدول ۴، بیشترین مقدار هیپریسین در عمق بستر ۱ سانتی‌متر و در سرعت هوای داغ ۱ متر بر ثانیه و به میزان ۷۹۸/۲۹ میکروگرم در گرم وزن خشک و کمترین مقدار آن در عمق بستر ۲ سانتی‌متر و در سرعت هوای داغ ۰/۳ متر بر ثانیه و به میزان ۶۸۴/۲۱ میکروگرم در گرم وزن خشک حاصل شد.

جدول ۵ . مقایسه میانگین تاثیر متقابل دما × سرعت هوای داغ× عمق بستر بر مقدار هیپریسین (میکروگرم در گرم وزن خشک)

عمق بستر (cm)	سرعت هوای داغ (m/s)	دما (°C)		
		۴۰	۵۰	۶۰
۱	۰/۳	۷۹۸/۱۵^{bc}	۸۰۴/۶۵^{b}	۶۱۲/۵۱^{f}
	۱	۸۵۶/۲۳^{a}	۸۶۵/۴۱^{a}	۶۷۳/۲۳^{e}
۲	۰/۳	۷۳۶/۳۲^{d}	۷۴۰/۰۱^{d}	۵۸۷/۳۱^{f}
	۱	۷۴۳/۱۱^{d}	۷۸۹/۲۵^{c}	۵۹۳/۴۱^{f}

با توجه به جدول ۵، بیشترین مقدار هیپریسین در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و در سرعت هوای داغ ۱ متر بر ثانیه و در عمق بستر ۱ سانتی‌متر و به میزان ۸۶۵/۴۱ میکروگرم در گرم وزن خشک و کمترین مقدار آن در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و در سرعت هوای داغ ۰/۳ متر بر ثانیه و در عمق بستر ۲ سانتی‌متر و به میزان ۵۸۷/۳۱ میکروگرم در گرم وزن خشک به‌دست‌آمد.

با توجه به نتایج، در هریک از سطوح دمایی و در هر یک از سطوح سرعت هوای داغ، با افزایش عمق بستر، میزان هیپریسین به‌دست آمده از گیاه خشک کاهش یافت. همچنین با افزایش دما از ۴۰ به ۵۰ درجه سلسیوس، در تمام سطوح سرعت هوای داغ و در تمام عمق‌ها، میزان هیپریسین استخراج شده از گیاه خشک افزایش یافت اما در اکثر موارد این افزایش معنی‌دار نبود اما با افزایش دما از ۵۰ به ۶۰ درجه سلسیوس، میزان هیپریسین استخراج‌شده کاهش نشان داد. در بیان علت نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت، فرآیند خشک‌کردن بر درصد و اجزای اسانس تاثیر قابل توجهی دارد و این تاثیر بر اساس دمای خشک‌کردن، طول مدت خشک‌کردن و گونه‌ی گیاهی متفاوت است. تحقیقات متعددی نشان داده‌است که روش خشک‌کردن بر درصد اجزای اسانس در گیاهان دارویی و معطر تاثیرگذاراست (Chan *et al*., 2011a Ahmadi Chenarbon *et al*., 2009, Lim *et al*., 2007, Doymaz, 2007, Ahmadi Chenarbon *et al*.,2011b , Arabhosseini *et al*., 2009). در تحقیق حاضر، از یک سو خشک شدن در دمای پایین سبب شد که غده‌های تیره رنگ حاوی هیپریسین مستقردر برگ‌های گیاه، در جریان خشک شدن دچار تغییرات قابل ملاحظه‌ای نگردد و از سوی دیگر افزایش سرعت جابه‌جایی هوا و همچنین ضخامت کم بستر، سبب تسریع و کاهش زمان خشک‌شدن گردید. در تحقیقی، بین مقدار اسانس خارج‌شده از گلبرگ‌های گل محمدی خشک شده در سایه و گلبرگ‌هایی که در آون و در دماهای ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس خشک‌شده بودند، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما در اسانس‌های حاصل از گلبرگ‌های خشک‌شده در سایه، ترکیبات سیترونلول و ژرانیول بیشتری مشاهده شد(Ahmadi *et al*., 2008). Mahanom *et al* (1999)، خشک‌کردن برگ‌های نعناع فلفلی را در دماهای ۴۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار دادند. با توجه به نتایج، درجه حرارت‌های بالای ۶۰ درجه سلسیوس، سبب کاهش مقدار اسانس شد به‌گونه‌ای که در دمای ۸۰ درجه سلسیوس، مقدار سیترونلال و سینئول، به یک هشتم مقدار اولیه (قبل از خشک‌کردن) رسید. Arabhosseini *et al* (2005)، برگ‌های گیاه ترخون دو واریته‌ی فرانسوی و روسی را در محدوده‌ی دمایی ۴۰ تا ۹۰ درجه سلسیوس خشک نمودند. بر اساس نتایج، دو عامل زمان خشک‌شدن و دما از تاثیر گذارترین عوامل در

حفظ اسانس موجود در برگ ها بودند. قابل توجه این‌که با گذشت زمان خشک‌شدن، میزان روغن‌های فرار کاهش یافت و بیشترین کاهش در ۶۰ درجه سلسیوس مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر تاثیر خشک کردن با هوای داغ بر مقدار هیپرسین به عنوان مهم ترین جز اسانس استخراج شده از برگ گیاه علف چای مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج، بیشترین مقدار هیپریسین طی فرآیند خشک‌کردن در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و در سرعت هوای داغ ۱ متر بر ثانیه و در عمق بستر ۱ سانتی‌متر و به میزان ۸۶۵/۴۱ میکروگرم در گرم وزن خشک و کمترین مقدار آن در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و در سرعت هوای داغ ۰/۳ متر بر ثانیه و در عمق بستر ۲ سانتی‌متر و به میزان ۵۸۷/۳۱ میکروگرم در گرم وزن خشک حاصل شد.

REFERENCES

Ahmadi Chenarbon, H., Minaei, S., Bassiri, A. R., Almassi, M.& Arabhosseini A. (2010). Moisture desorption isotherms of St. John's wort (Hypericum perforatum L.) leaves at three temperatures. *International Journal of Food, Agriculture & Environment (JFAE)*, 8,132-135.

Ahmadi Chenarbon, H., Minaei, S., Bassiri, A. R., Almassi, M.& Arabhosseini A. (2011a). Modeling of drying of St. John's Wort (Hypericum perforatum L.) leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5,126-132.

Ahmadi Chenarbon, H., Minaei, S., Bassiri, A. R., Almassi, M.& Arabhosseini A. (2011b). Effective Parameters on drying of Hypericum perforatum L. leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5,4530-4536.

Ahmadi Chenarbon, H., Minaei, S., Bassiri, A. R., Almassi, M.& Arabhosseini A. (2011c).Moisture Sorption Isotherms inSt. John's Wort (*Hypericum Perforatum* L.) Flowers. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 12(4), 73-86.

Ahmadi Chenarbon, H., Minaei, S., Bassiri, A. R., Almassi, M., Arabhosseini, A. & A. Motevali. (2012a). Effect of drying on the color of St. John's wort (Hypericum perforatum L.) leaves. *International Journal of Food Engineering*, 8,452-463.

Ahmadi Chenarbon, H., Minaei, S., Bassiri, A. R., Almassi, M., Arabhosseini, A. & A. Motevali. (2012b).Determination of moisture adsorption isotherm of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.) leaves. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28, 142-152.

Ahmadi, K., Sefidkon, F. & Assareh, M.H. (2008). The effects of different drying methods on essential oil content and composition of three genotypes of *Rosa damascena* Mill. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 24(2), 162-176.

Arabhosseini, A., Huisman, W., van Boxtel, A. J. B. & Mueller, J.(2005). Modeling of the equilibrium moisture content (EMC) of tarragon(Artemisia dracunculus L.). *Journal of Food Engineering*, 1, art7.

Arabhosseini, A., Huisman, W., van Boxtel, A. J. B. & Mueller, J. (2009). Modeling of thin layer drying of tarragon (Artemisia dracunculus L.). *Journal of Industrial Crops and Products*, 29, 53-59.

Azizi, M., Rahmati, M. , Ebadi T. & Hasanzadeh khayyat M. (2009). The effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazolene contents of chamomile (*Matricaria recutita*) flowers. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25, 182-192.

Buter, B., Orlacchio, C., Soldati, A. & Berger, K. (1998). Significance of genetic and environmental aspects in the field cultivation of Hypericum perforatum L. *Journal of Planta Medica*, 64, 431- 437.

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, S. K., Tan, S. P., Lianto, F. S. & Yong, M. Y. (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 113, 166-172.

Crockett, S. 2010. Essential oil and volatile components of the genus Hypericaceae. *Natural Product Communications*, 5,493-506.

Doymaz, I. (2007). Air drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*,78, 1291-1297.

Lim, Y. Y. & Murtijaya, I. (2007). Antioxidant properties of *Phyllantus amarus* extracts as affected by different drying methods.LWT-Food Science Technology, 40, 1664-1669.

Mahanom, A., Walter R. S. & Dughty, R. M. (1999). A Guide to Medicinal Plants of Appalachia, USDA, Forest Service Research Paper. Washington, 291p.

Naghdi,H.A., Ziai, S. A., Mirjalili, M. H., Ahvazi, M., Khalighi Sigarodi, F., Habibi Khaniani, B.&Farahani, A. (2004). Changes in yeild and mass hypercin content of medicinal plant St. John's wort (Hypericum perforatum L.). *Journal of Medicinal Plants*, 11.

Sirvent, T. M., Walker, L., Vance, N. & Gibson, D. M. (2002). Variation in hypericins from wild populations of Hypericum perforatum L. In the Pacific Northwest of the U.S.A., *Economic Botany*, 56, 41- 48.

Sirvent, T. & Gibson, D. M. (2012). Rapid isocratic HPLC analysis of hypericins. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 23, 251-259.

Tsami, E., Maroulis, Z. B., Morunos-Kouris, D. & Saravacos G. D. (1990). Heat of sorption of water in dried fruits. *International Food Science Technology*, 25, 350-359.