تاثیر روش های مختلف خشک کردن بر کمیت و کیفیت اسانس نعناع به کمک بینی الکترونیکی و کروماتوگرافی گازی/طیف سنجی جرمی

منصور راسخ [۱*]، حامد کرمی [۲]، علی خرمی فر [۱]، وحید عزیزی [۳]

۱*- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- گروه مهندسی نفت، دانشگاه نالج، اربیل، عراق

۳- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان

ایمیل نویسنده مسئول: m_rasekh@uma.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۴/۲۵ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۴/۱۱

چکیده

از آنجایی که برگ‌های نعناع دشتی سرشار از مواد فعال زیستی، به‌ویژه ترکیبات فرار و بسیاری از ترکیبات فنلی است، که فواید مثبت متعددی برای سلامتی انسان دارد و می توان از آن برای جلوگیری از ابتلا به بسیاری از بیماری ها استفاده کرد، بنابراین با توجه به اهمیت این گیاه نیازهای بیشتری برای محصولات دارویی خشک و نعناع معطر با کیفیت بالا وجود دارد. تغییرات پروفیل های بافتی و آروماتیک اسانس توسط روش GC-MS و تکنولوژی بینی الکترونیک مورد ارزیابی قرار گرفت. محتوای فرار اسانس نعناع در روش های مختلف خشک کردن متفاوت است که منجر به کیفیت متفاوت اسانس می شود. روش‌های سنتی ارزیابی کیفیت اسانس نسبتاً پیچیده، با کارایی پایین و عموماً مخرب هستند. یک روش آزمایش غیر مخرب کارآمد برای تضمین تولید کشاورزی و حقوق مصرف کننده ضروری است. بنابراین، این مقاله از فناوری آزمایش غیر مخرب یک بینی الکترونیکی کوپل شده با روش GC-MS ، همراه با روش کمومتریکس، برای تحقق بخشیدن به شناسایی کیفیت اسانس نعناع در روش های مختلف خشک کردن استفاده شد. اثر ۸ روش خشک کردن مورد بررسی قرار گرفت. بالاترین مقدار اسانس و ترکیبات ضروری اسانس در روش خشک کردن HAD به دست آمد اما با افزایش دما و سرعت هوای خشک شدن مقدار آن کاهش می یابد، همچنین بدترین روش خشک شدن روش خشک شدن آفتابی بود. سه ترکیب اصلی اسانس Carvone، Limonene و Carveol بودند. همچنین بالاترین درصد طبقه بندی مربوط به روش QDA و MDA برابر با ۱۰۰ درصد بود همچنین دقت روش ANN نیز برابر ۹۶.۷ درصد به دست آمد

کلمات کلیدی

"شناسایی کیفیت نعناع"، "آزمون غیرمخرب"، "بینی الکترونیک"، "تشخیص بو"

۱- مقدمه

استفاده از ترکیبات مشتق شده از گیاهان در پزشکی و مراقبت های بهداشتی پیشگیرانه رایج است، در حالی که دامنه استفاده از برخی از مواد به طور پیوسته در حال افزایش است. خانواده نعناع با بیش از ۲۰۰ جنس و ۳۰۰۰ گونه، از نظر اقتصادی و دارویی اهمیت بسیار زیادی دارد. جنس نعناع حاوی ۲۵ تا ۳۰ گونه است که در مناطق مختلف معتدله آسیا، اروپا، استرالیا و آفریقای جنوبی رشد می کند. تنوع بسیار زیادی از نظر ترکیب شیمیایی در بین گونه های جنس نعناع مشاهده میشود. اسانس نعناع دشتی (Mentha spicata L.) غنی از Carvone است که عطر مخصوص نعناع را تولید می کند (ژائو و همکاران، ۲۰۱۳). عملکرد اسانس entha spicata کمتر از Mentha piperita است. Carvone اجزای اصلی Mentha spicata و Mentha longlifolia است، در حالی که Carvone در Mentha piperita, Mentha aquatic، Mentha arvensis و Mentha pulegium وجود ندارد (محبوبی، ۲۰۲۱). اسانس و عصاره نعناع در صنایع دارویی، آرایشی و غذایی و صنایع غذایی در سراسر جهان استفاده می شود. اسانس و برگ Mentha spicata کاربردهای درمانی داشته و خاصیت کلی آن ضد درد، مقوی، مقوی معده، ضد سرفه، ضد تشنج، قابض، ضد درد و آرام بخش است (دارووییچ و همکاران، ۲۰۲۲). روغن نعناع از دوران باستان برای مقاصد پزشکی، بیشتر برای درمان سردرد، سرماخوردگی و نورالژی استفاده می شده است. همچنین می تواند تحریکات پوستی و مشکلات گوارشی را تسکین دهد و اثرات ضد اسپاسم دارد. اگرچه، اطلاعات ترکیبی در مورد ترکیب شیمیایی اسانس Mentha spicata وجود دارد، بسیاری از تحقیقات کارون و لیمونن را به عنوان اجزا اصلی آن تایید کردند. Carvone مسئول بوی اسانس نعناع است. قیمت بالای کاروُن در بازار، اصلاحگران را در جهت اصلاح گونه

های نعناع با Carvone بالا سوق داده است. شیمی‌تیپ‌های مختلف با بوها و فعالیت‌های زیستی مشخص مشخص می‌شوند که نشان‌دهنده کاربردهای متفاوت در صنایع معطر و دارویی است. به عنوان مثال، اروپایی ها از رایحه Carvone لذت می برند. کاربرد گیاهان دارویی در صنایع غذایی و دارویی به مقدار مواد فعال بیولوژیکی و ترکیب شیمیایی آنها بستگی دارد (ولیچکا، ۲۰۲۲).تغییرات در غلظت ترکیبات فرار نعناع در طول خشک شدن نیز به عوامل متعددی از جمله شرایط خشک شدن (دما، سرعت هوا)، رطوبت، تنوع و سن گیاه، آب و هوا، خاک و روش برداشت بستگی دارد. فرآیند خشک کردن و شرایط نگهداری گیاه خشک شده می تواند تأثیر نامطلوبی بر خواص دارویی اسانس داشته باشد. خشک کردن یکی از روش های کارآمد برای حفظ محصولات کشاورزی و حفظ کیفیت مواد غذایی است. خشک کردن، به عنوان یک تکنیک مهم نگهداری مواد غذایی، در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. خشک کردن برای کاهش فعالیت آب محصول برای سرکوب رشد میکروارگانیسم ها و مهار واکنش های شیمیایی برای افزایش ماندگاری محصول در دمای اتاق مورد نیاز است. علاوه بر این، خشک کردن وزن حمل و نقل را سبک تر می کند و فضای ذخیره سازی را کاهش می دهد. روش های مرسوم خشک کردن شامل خشک کردن با هوای گرم (HAD)، خشک کردن خلاء (VD)، خشک کردن انجماد خلاء (VFD)، خشک کردن متناوب با مایکروویو-هوای گرم (MW-HAD) می باشد. HAD رایج ترین روشی است که مواد غذایی را در آون با جریان ثابت هوای گرم خشک می کند. این روش به عنوان یک رویکرد بهینه برای خشک کردن مواد غذایی خام گیاهی دارای عملکرد آسان و کم هزینه است، اما به زمان خشک شدن طولانی نیاز دارد و مصرف انرژی پایینی دارد (کرمی و همکاران، ۲۰۲۱). خشک کردن به دلیل انتقال همزمان جرم و گرما فرآیندی پیچیده است که باعث تغییرات نامطلوب شامل کاهش کیفیت محصول نهایی می شود. واکنش های آنزیمی و غیر آنزیمی ممکن است در طول فرآیند خشک کردن رخ دهد، زمانی که تحت شرایط مختلف انجام شود. شرایط، منجر به تنوع قابل توجهی در ترکیب متابولیت های ثانویه می شود. بنابراین، روش خشک کردن مناسب باید برای بهینه سازی بهره وری از فیتوکمیکال های هدف انتخاب شود، زیرا تمام روش های خشک کردن توسعه یافته برای مواد بیولوژیکی متنوع مناسب نیستند.

روش‌های مختلف خشک‌کردن به‌منظور بهبود کیفیت برگ‌های خشک نعناع با ارزیابی اثرات آن‌ها بر محتوای پلی‌فنل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و عملکرد اسانس‌های نعناع مورد مطالعه قرار گرفته است. گائو وهمکاران (۲۰۲۲) سینتیک خشک شدن، ویژگی‌های بافتی و عطری برگ‌های نعناع در طی فرآیند خشک کردن لایه نازک هوای گرم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کلی نشان داد که خشک شدن لایه نازک هوای گرم در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد به طور موثری کیفیت نهایی برگ های خشک شده Mentha haplocalyx را با حفظ خواص طعم بهبود بخشید. علاوه بر بازده اسانس و ترکیبات فرار آن، عطر یکی دیگر از ویژگی های ضروری است و تعیین عطر در سال های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. کروماتوگرافی گازی - طیف سنجی جرمی یک فناوری رایج مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل کمی و کیفی ترکیبات معطر در مواد غذایی است. در GC-MS قدرت جداسازی بالای سیستم GC را می توان با MS با حساسیت بالا تکمیل کرد. سیستم های GC-MS قادر به شناسایی ترکیبات بر اساس الگوهای تکه تکه شدن آنها با حساسیت یک قسمت در میلیارد هستند. ستون‌های کروماتوگرافی گازی با قطبیت‌های مختلف برای تجزیه و تحلیل ترکیبات با محدوده قطبی‌های متناظر طراحی شده‌اند. به منظور تعیین جامع ترکیب یک نمونه اسانس، باید از ستون های کروماتوگرافی با قطبیت های مختلف استفاده شود. به عنوان جایگزینی برای تکنیک GC-MS، بینی الکترونیک مبتنی بر حسگرهای الکترونیکی به طور فزاینده ای مورد استفاده قرار می گیرند. فناوری e-nose با قابلیت استفاده بهتر، حساسیت بالا، تشخیص بلادرنگ و ویژگی های غیر مخرب عملکرد بهتری در مقایسه با سایر تکنیک های تحلیلی مانند GC-MS از خود نشان داده است. بینی الکترونیک آنالیز کاملاً آروماتیک (ترکیبات فرار) را در فاز گاز انجام می دهد، بدون اینکه رایحه را به اجزای معطر جداگانه جدا کند. این سیستم از آرایه‌هایی از حسگرهای گاز تشکیل شده است و با سیستم تشخیص الگو قادر به شناسایی بوهای ساده یا پیچیده و پروفایل‌های معطر می باشد. بینی الکترونیک دارای کاربرد سریع و آسان می باشد، و بر نمونه تجزیه و تحلیل شده تأثیر نمی گذارند. E-nose در کاربردهای مختلفی برای شناسایی عطر در مواد غذایی و محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است.فرآیند تحقیق به دو مرحله تقسیم می شود. مرحله اول بررسی روش های مختلف خشک شدن و تاثیر آن بر روی کمیت اسانس را پوشش

می‌دهد. تکمیل موفقیت آمیز این کار شرط لازم برای شروع مرحله دوم پژوهش است. در مرحله دوم، کیفیت اسانس با دو روش GC-MS و e-nose مورد مطالعه قرار خواهد گرفت. علاوه بر این، و با توجه به اینکه دانش در مورد اثرات فرآیند خشک کردن بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان دارویی محدود است، این پژوهش همچنین روش جدیدی را برای بررسی کیفی اسانس مورد مطالعه قرار خواهد داد. اگرچه پیشرفت بسیار زیادی در تکنیک‌های E-Nose در کاربردهای دیگر وجود داشته است، گزارش‌های محدودی در مورد کاربرد بینی الکترونیک برای کنترل کیفیت گیاهان دارویی وجود دارد. بر اساس پیشرفت در فناوری بینی الکترونیک، بو ممکن است به یک شاخص کمی جدید برای کنترل کیفیت گیاهان دارویی و کشف دارو تبدیل شود.

۲- روش انجام تحقیق

- تهیه روغن های فرار (بخار شدنی)

بعد از فرایند خشک شدن محصول خشک شده اسانس گیری شد که برای این منظور از دستگاه کلونجر و با روش تقطیر با آب استفاده شد. تقطیر با آب روشی برای استخراج اسانس است. این روش ارزان است زیرا بیشتر از آب به عنوان حلال استفاده می کند. EO با حرارت دادن ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر و ۵۰ گرم از برگ های خشک نعناع و به دنبال آن مایع سازی بخارات در یک کندانسور استخراج شد. این راه اندازی شامل یک کندانسور و یک دکانتر برای جمع آوری میعانات و جداسازی EO از آب است. مدت زمان اسانس گیری برای هر تیمار پس از به جوش آمدن ۲ ساعت در نظر گرفته شد و میزان اسانس به دست آمده از هر تیمار به صورت حجم اسانس بر حسب میلی لیتر (V/W%) محاسبه گردید.اسانس جمع‌آوری شده، روی سولفات سدیم بدون آب خشک شد تا رطوبت آن از بین برود. در نهایت، آن را در یک بطری شیشه ای مهر و موم شده قرار داده و در دمای منفی ۱۸ درجه سانتیگراد تا تجزیه و تحلیل نگهداری می شود.

- تجزیه و تحلیل کیفی GC-MS

تجزیه و تحلیل کیفی GC-MS اسانس‌های استخراج‌شده با استفاده از کروماتوگرافی گازی ۶۸۹۰ HP همراه با آشکارساز انبوه انتخابی ۵۹۷۳ HP (Agilent Technologies، Foster City، CA، USA) که در حالت ۷۰ eV کار می‌کند، انجام شد. ۲۰ میکرولیتر نمونه (عصاره یا اسانس) با هگزان (≥۹۹٪)، سیگما آلدریچ، آلمان به ۱ میلی لیتر رقیق شد. ترکیبات روی یک ستون مویین به طول ۳۰ متر (HP-۵MS)، به قطر ۰.۲۵ میلی متر و با فیلم فاز ثابت ۰.۲۵ میکرومتر ((۵٪ فنیل) - متیل پلی سیلوکسان) جدا شدند. نرخ جریان گاز حامل هلیوم روی ۱.۲۳ میلی لیتر در دقیقه تنظیم شد .دمای فر به مدت ۲ دقیقه پس از تزریق در ۴۰ درجه سانتیگراد حفظ شد و سپس در دمای ۳ درجه سانتیگراد در دقیقه تا ۲۱۰ درجه سانتیگراد برنامه ریزی شد که در آن ستون به مدت ۱۰ دقیقه حفظ شد . نسبت تقسیم ۱:۱۰ بود. یونیزاسیون الکترون آشکارساز جرم ۷۰ eV بود.

- بینی الکترونیک

بینی الکترونیک به عنوان یک سیستم بویایی ماشینی، می تواند از بینی انسان تقلید کند و مانند سیستم بویایی انسان، الگوهای پیچیده ای را تشخیص دهد. این سیستم از سه بخش تشکیل شده است: (۱) یک سیستم حمل و نقل نمونه (۲) یک سیستم تشخیص که از مجموعه ای از حسگرهای گاز با ویژگی جزئی تشکیل شده و (۳) یک سیستم پردازش داده بو می باشد. ابزار e-nose می‌تواند وجود VOCs در ساختارهای مولکولی متنوع را با دقت و قابلیت اطمینان بالا بدون توجه به بوی بیشتر یا کمتر را تشخیص دهد.تجزیه و تحلیل نمونه ها با استفاده از e-nose قابل حمل انجام شد که از یک آرایه حسگر گازی چندگانه، یک واحد جمع‌آوری سیگنال و نرم‌افزار تشخیص الگو تشکیل شده است. نمونه های اسانس (۱ میلی لیتر) در یک ویال شیشه ای مهر و موم شده ۱۰ میلی لیتری قرار داده شد و در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه تحت هم زدن متعادل شد. هوای تمیز محیطی به عنوان گاز حامل برای انتقال مواد فرار در فضای بالای ویال های شیشه ای مهر و موم شده به محفظه حسگر با رطوبت و دمای کنترل شده استفاده شد. تغییر رسانایی در آرایه حسگر با پاسخ نرمال شده حسگر بیان می‌شود. هر چرخه اندازه گیری ۱۰۰ ثانیه به طول انجامید که باعث می شود حسگر به حالت پایدار برسد و فاصله زمانی جمع آوری داده ها با استفاده از رایانه ۱ ثانیه بود. بین چرخه اندازه گیری، سنسور به مدت ۲۰۰ ثانیه با گاز تمیز کننده که از طریق زغال اکتیو فیلتر شده بود تمیز شد تا سیگنال سنسور به خط پایه بازگردد. برای هر نمونه از اسانس نعناع ۱۵ اندازه گیری انجام شد.

- پردازش داده ها

داده های به دست آمده از تجزیه و تحلیل GC-MS ابتدا توسط MSD Chemstation داخلی پردازش شد و شناسایی ساختاری از طریق تحقیقات کتابخانه ای NIST ۲۰۱۴ همراه با retention index (RI) validation

انجام شد. مجموعه داده شامل سیگنال های پیش پردازش شده حاصل از ۹ حسگر گاز MOS است که در e-nose در طی ۱۲۰ سنجش مربوط به ۸ نمونه مستقل ارزیابی شده با ۱۵ تکرار به دست آمده است.عملکرد e-nose برای ارزیابی نمونه های اسانس نعناع ، با استفاده از سه روش آماری نظارت شده، یعنی QDA، MDA و ANN ارزیابی شد. اسانس های نعناع به یک مجموعه کالیبراسیون که شامل ۷۰ درصد کل نمونه‌ها بود و یک مجموعه اعتبارسنجی که شامل نمونه‌های باقی مانده (۳۰ درصد) بود، تقسیم شدند. تجزیه و تحلیل داده های بینی الکترونیک با استفاده از نرم افزار TheUnscrambler انجام شد.آنالیز واریانس به صورت طرح ۱-ANOVA برپایه کاملا تصادفی و آزمون دانکن برای ایجاد تفاوت های آماری معنی دار بین نمونه های اسانس نعناع در شرایط مختلف خشک شدن انجام شد ($p \geq ۰/۰۱$). برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار Mstatc استفاده شد.

۳- نتایج

تقطیر با آب شاخه های برگ خشک نعناع با بازدهی از ۰.٦٦۳ تا ۱.۳۸۰ درصد تولید کرد (جدول ۱). نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که عملکرد اسانس بطور معنی‌داری تحت تأثیر روش‌های خشک‌کردن قرار دارد ($p \geq ۰/۰۱$).

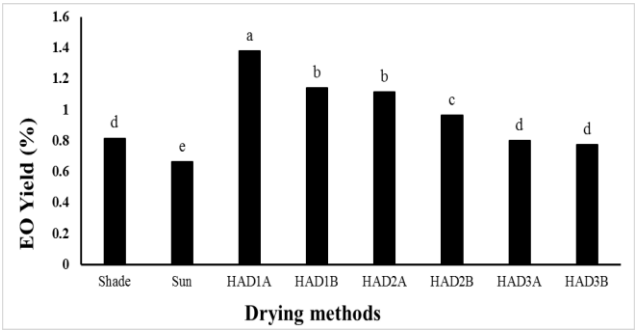
جدول ۱- تجزیه و تحلیل واریانس اسانس عصاره نعناع

	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
روش‌های خشک کردن	۷	۱.۲۱۰	۰.۱۷۳*
خطا	۱٦	۰.۰۰۸	۰.۰۰۰۵
کل	۲۳	۱.۲۱۷	

* معنی داری در سطح ۱ درصد

ضریب تغییرات = ۲.۳۱ درصد

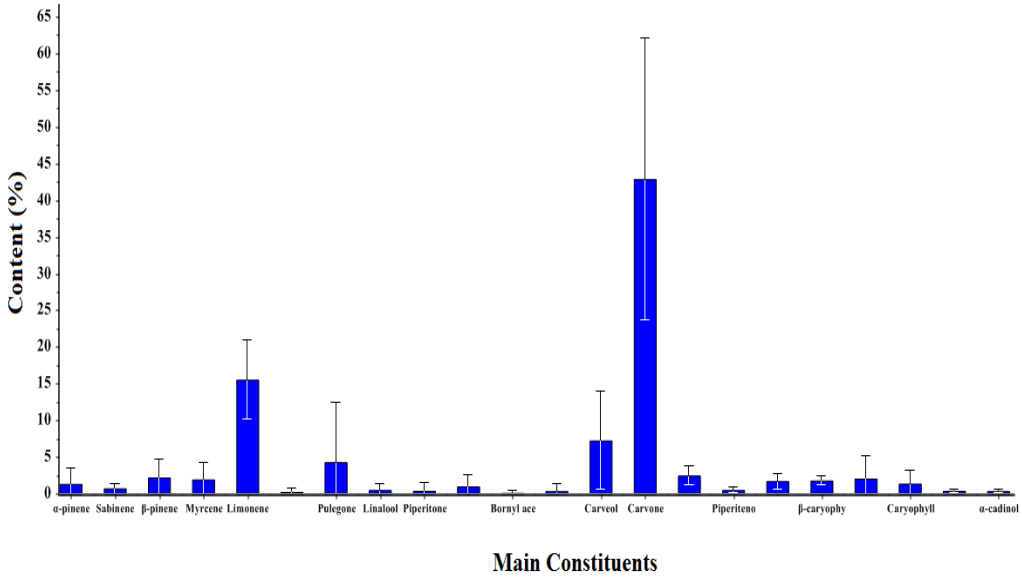
میانگین عملکرد اسانس نعناع در تمامی روشهای خشک کردن۰.۷۷۲ درصد تعیین شد. بیگی و همکاران (۲۰۱۸) میانگین بازده روغن حدود ۱٦/۱۵ میلی لیتر بر کیلوگرم ماده خشک را به دست آوردند. چی وهمکاران (۲۰۱٦) میانگین بازده روغن حدود ۸ میلی لیتر بر کیلوگرم ماده خشک را تأیید کرد. مقدم و همکاران (۲۰۱۳) مقدار اسانس را ۱۳.۸ گرم بر کیلوگرم ماده خشک تعیین کرد. اسکاورونی (۲۰۰۵) میانگین بازده روغن در حدود ۱۳.۹ میلی‌لیتر بر کیلوگرم ماده خشک را گزارش کرد. تفاوت بین مقادیر گزارش شده را می توان به پارامترهای مختلفی مانند شرایط محیطی و تجربی که گیاهان به آن ارسال شدند نسبت داد.میانگین اسانس استخراج شده نعناع در روش های مختلف خشک کردن توسط آزمون مقایسه میانگین چند دامنه ای دانکن در سطح ۱درصد مقایسه شد و نتایج در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل۱- نمودار میانگین اثر روش های خشک کردن بر اسانس استخراج شده

عملکرد اسانس برگهای خشک شده در روش های HAD۱A، HAD۲A و HAD۳A به ترتیب برابر ۱.۳۸۰، ۱.۱۱٤ و ۰.۷۹۹۰ بود همچنین در روش HAD۱B، HAD۲B و HAD۳B این مقدار برابر ۱.۱٤۱، ۰.۹٦٤۰ و ۰.۷۷۲۰ بود. همچنین عملکرد اسانس استحصالی در روش خشک شدن سایه و آفتاب به ترتیب برابر ۰.۸۱٦۰ و ۰.٦٦۳۰ بود. معلوم می شود که بیش ترین میزان اسانس استخراج شده مربوط به روش HAD۱A می باشد در حالی که کمترین مقدار آن مربوط به روش خشک کردن در آفتاب می باشد.این مشاهدات با مشاهداتی که توسط رهلوف (۲۰۰۵) انجام شد مطابقت دارد. آنها گزارش دادند که افزایش دمای خشک شدن از ۳۰ به ۷۰ درجه سانتیگراد باعث کاهش مداوم عملکرد اسانس نعناع برداشت شده در مراحل مختلف رشد از جمله اوایل شکوفه، شکوفه کامل و اواخر شکوفه می شود. در تحقیقی میزان اسانس برگهای خشک شده نعناع فلفلی در دمای ٤۰، ٦۰ و ۸۰ درجه سانتیگراد را به ترتیب ۱.۰، ۰.۱٤ و ۰.۱۲ (%V/W) تعیین کردند. چی و همکاران گزارش دادند که افزایش دمای خشک‌کردن برگ های نعناع در محدوده ٤۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد منجر به کاهش محتوای اسانس می‌شود. برخی از نویسندگان نتایج مشابهی را در ادبیات باز برای گیاهان دارویی و معطر مختلف گزارش کرده اند. برخی نویسندگان پیشنهاد کردند که دمای مطلوب برای خشک کردن گیاهان معطر برای به دست آوردن عملکرد عالی EO بین ۳۰ تا ۵۰ درجه سانتیگراد است.اسانس های استخراج شده از برگ های تازه و خشک نعناع دشتی توسط دستگاه GC/MS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج به دست آمده در شکل ۲ ارائه شده است. همانطور

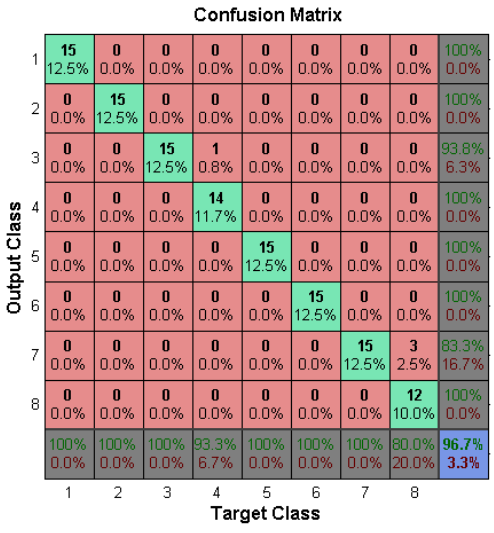
که نشان داده شد، در برگ های نعناع در روش های مختلف خشک شدن، ۲۴ جزء شناسایی شد که ۹۸/۱۵ درصد از کل مواد فرار را تشکیل می دهند. به طوری که در روش خشک شدن سایه و آفتاب به ترتیب ۱۶ و ۱۵ ترکیب مشخص شد در حالی که در روش خشک شدن با خشک کن هوای گرم ۱۸ ترکیب مشخص شد. در نمونه های خشک شده، اجزای اصلی (Carvone(۷,۴۵-۶۴,۳۰٪، Limonene(۶,۵۹-۲۴,۲۱٪) و Carveol(۱,۹۲-۱۸.۳۴٪) بودند (شکل ۲). اثرات روش ها و شرایط خشک کردن در نظر گرفته شده بر ترکیبات شیمیایی برگ نعناع را می‌توان مطابق مورد بحث قرار داد. نتایج نشان داد که تیمارهای خشک کردن می توانند به طور قابل توجهی پروفایل های شیمیایی اسانس ها را تغییر دهند. برگ‌هایی که در آن برخی از ترکیبات اسانس به دلیل تشکیل ترکیبات جدید توسط اکسیداسیون، هیدرولیز گلیکوزید، استری شدن و سایر فرآیندها از بین رفته و/یا افزایش یافته است.



شکل ۲- نتایج دستگاه GC/MS برای اسانس های استخراج شده از برگ های تازه و خشک نعناع دشتی

خشک کردن همچنین منجر به تشکیل ترکیبات جدیدی شد که در روش خشک شدن سایه و آفتاب شناسایی نشدند به طوری که میتوان به ترکیبات Sabinene، Myrcene، Linalool، Alloocimene اشاره کرد و برخی از ترکیبات نیز به صورت انحصاری تنها در روش خشک شدن سایه و آفتاب وجود داشت مانند Pulegone، که یک کتون مونوترپن است که در برگها و قسمتهای گلدار چندین عضو خانواده نعناع وجود دارد. همچنین ۳ ترکیب Piperitone، Bornyl acetate و Isopulegone تنها در نمونه های خشک شده در سایه وجود داشت. که دلیل آن میتواند این باشد که روش خشک کردن ممکن است آنزیم های هیدرولاز را فعال کرده باشد که احتمالاً منجر به تغییرات خاصی در نسبت ترکیبات فرار شده باشد. تغییرات ترکیب روغن به عوامل متعددی از جمله گونه گیاه، روش خشک کردن، سن گیاه و شرایط کشت بستگی دارد.مقدار Carvone گزارش شده در نعناع دشتی بسیار متفاوت است که دلیل آن به شرایط اقلیمی، مراحل زندگی رویشی یا زایشی گیاه و روش فراوری آن بستگی دارد. کموتایپ Carvone بصورت تجاری کشت و کار میشود. در کل، مقدار Carvone اسانس نعناع بایستی بیش از ۵۰درصد باشد. در روش خشک شدن HAD۱A، HAD۱B، HAD۲A و HAD۲B مقدار Carvone بیش از ۵۰ درصد می باشد که نشان میدهد خشک کن پیشنهادی توانسته است به خوبی مقدار این ترکیب را حفظ کند در حالی که با افزایش دمای خشک شدن این مقدار کاهش میابد و در روش خشک شدن در سایه و آفتاب این مقدار به ترتیب برابر ۴۹.۳۸ و ۲۴.۵۳ درصد مشاهد شد. بیشترین مقدار Carvone مربوط به HAD۱A برابر ۶۴.۳۰ درصد به دست آمد در حالی که کمترین مقدار آن مربوط به HAD۳B برابر ۷.۴۵ درصد به دست آمد. ترکیب اصلی دیگر Limonene بود که بیشترین مقدار آن ۲۴.۲۱ درصد در HAD۱B به دست آمد و کمترین مقدار آن در روش آفتاب با مقدار ۶.۵۹ درصد به دست آمد. سومین ترکیب اصلی Carveol می باشد که یک مونوترپنوئید لیمونن است و به صورت مایع زرد کم رنگ یا بی رنگ با بوی نعناع ظاهر می شود. بیشترین مقدار آن ۱۸.۳۴ درصد در HAD۳A به

دست آمد و کمترین مقدار آن در روش آفتاب با مقدار ۱.۹۲ درصد بـه دسـت آمـد.زکری و همکـاران (۲۰۱۹) مطالعـه مشابهی را بر روی نعناع انجام دادند. آنها نعناع را در روش خشک شدن در سایه در روزهای مختلف خشک شدن تا ٦ روز مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج آنها بیشترین مقدار اسانس به دسـت آمـده Carvone و limonene بودنـد. مقدار آن در محدوده ٧٤.٩١ درصد و ١٣.١٧ درصـد بـرای Meknes و ٧١.٥٦ و ١٠.٥٠ درصد بـرای Azro بـود. در تحقیقی که توسـط چاوهـان و همکـاران (۲۰۰۹) بـر روی نعناع انجام شد آنها گزارش دادند که کارون بخش اصـلی بود که بین ٤٩.٦٢٪ - ٧٦.٦٥٪ متغیـر بـود، دومـین جـزء اصلی لیمونن بود که بین ٩.٥٧٪ - ٢٢.٣١٪ متغیر بـود.این نتایج نشان داد که فرآیند خشک کردن با هـوای گـرم بـه شدت بر ترکیبـات فـرار برگ‌هـای .Mentha spicata L تأثیر می‌گذارد، به ویژه زمانی که سطح این مواد فرار بسیار کم باشد. با این وجود، یافته‌های ما نشـان داد کـه بیشـتر ترکیبات فعال زیستی مشتق از نعناع در نمونه‌های خشـک شده در هـوای گـرم بـه خـوبی حفـظ شـده‌اند.روش‌های طبقه‌بندی چنـد متغیـره نظارت‌شـده، QDA and MDA، بیشتر برای تأیید قابلیت E-nose برای پیش‌بینی صـحیح، در زمان واقعی و با استفاده از داده‌هـای جمع‌آوری‌شـده در محل، درجه کیفیت مورد استفاده قرار گرفتند.مدل DA بـه عنوان اولین روش نظارت شده برای طبقـه بنـدی هشـت گروه اسانس ها استفاده شد. داده هـای ۹ حسـگر اکسـید فلزی به عنوان ورودی مدل با وزن یکسان اسـتفاده شـد و نتایج آن در شکل ٥ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می شود دو تابع منحصر به فرد اول توانستند نمونه ها را در ۸ گروه با واریانس ۱۰۰ درصد طبقـه بنـدی کنند. در مجموع ۱۲۰ داده اندازه گیری شده به کمک بینـی الکترونیک تمامی داده ها به درستی طبقه بندی شده است. و به طور خلاصه میتوان گفت میانگین مقـادیر Accuracy، Precition و Recallبرابر ۱۰۰ درصـد بـه دسـت آمـد و مقدار میانگین پارامتر F و AUC نیز برابر ۱۰۰ درصد بود. دلیل دقت بالای بینی الکترونیک در تشخیص تمامی نمونـه های به خاطر ترکیبات منحصربه فردی بود که در انها وجود داشت که بـر کـارایی بـالای ایـن دسـتگاه در شناسـایی ترکیبات منحصر به فرد حتی به مقدار ناچیز در محصـولات مختلف میتواند مورد استفاده قرار گیردشبکه هـای عصـبی مصنوعی (ANN) شبکه های عصبی کاملاً متصل چند لایه هستند که از یک لایه ورودی، چندین لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل شده اند. در این پژوهش داده هـای جمـع آوری شده توسط ۹ حسگر اکسید فلزی بعنوان لایه ورودی با ۹ نرون، و ۸ گروه مختلف خشک شدن نیز بعنـوان لایـه خروجی با ۸ نرون در نظر گرفته شد و لایه پنهـان نیـز بـا سعی و خطا به دست آمد. هر گره در یک لایه به یـک گـره دیگر در لایه بعدی متصل است، که با افزایش تعـداد لایـه های پنهان شبکه عمیق تـر مـی شـود. ۷۰ درصـد (بـرای آموزش)، ۱۵ درصد (برای اعتبارسنجی)، و ۱۵ درصد (برای آزمایش) از کل داده ها استفاده شده است. سپس مدل‌های توسعه‌یافته با R-squared (R^2)و ریشه میانگین مربعـات خطا (RMSE) ارزیابی شدند. توپولوژی بهینه برای شـبکه عصبی باید دارای بیشترین مقدار برای R^2 و کمترین مقدار برای RMSE باشد. بنـابراین توپولـوژی ۹-۱۰-۸ بـرای طبقه بندی ۸ گروه اسانس نعنـاع در روش هـای مختلـف خشک کردن بعنوان بهترین توپولوژی با مقـادیر R^2 بـرای آموزش و تست به ترتیب برابر ۰.۹۸٦ و ۰.۹۰۸، و مقـادیر RMSE برای آموزش و تست نیز به ترتیب برابر ۰.۰۳٦ و ۰.۱۰٤ به دست آمد که مدل دارای دقـت تشـخیص کلـی ۹٦.۷٪ بود. همچنـین پارامترهـای عملکـردی و مـاتریس اغتشاش حاصل از این شبکه در شکل ۳ نشان داده شـده است. مطابق با جدول ٦ از ۱۲۰ نمونه اندازه گیـری شـده شبکه عصبی تنها ٤ داده را به اشـتباه طبقـه بنـدی کـرده است. همچنین میانگین مقدار پارامترهای عملکـرد شـبکه یعنی Accuracy، Precision، Recall و Specificity بـه ترتیب ۰.۹۹۲، ۰.۹۷۱، ۰.۹٦۷ و ۰.۹۹٥ و مقادیر AUC و F نیز ۰.۹۸۳ و ۰.۹٦٦ بود.



شکل ۳- پارامترهای عملکردی و ماتریس اغتشاش حاصل از شبکه عصبی مصنوعی

تا به امروز، بسیاری از مطالعات نشان داده انـد کـه روش های مختلف خشک کردن می توانـد اثـرات متفـاوتی بـر ترکیبات عطر غذا یا گیاهان داشته باشد. به طور خلاصـه، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تغییرات عملکرد اسانس و

ترکیبات برگ‌ها به روش خشک‌کردن، مدت زمان خشک‌کردن و دمای خشک‌کردن بستگی دارد. نتایج مشابهی در مورد کاربرد GC-MS و E-nose برای ارزیابی کیفیت محصول خشک شده به دست آمده است. گائو و همکاران (۲۰۲۲) ویژگی‌های بافتی و عطری برگ‌های پونه در طی فرآیند خشک کردن لایه نازک هوای گرم را به کمک بینی الکترونیک مورد ارزیابی قرار دادند. طبق نتایج به دست امده اثر انگشت طعم و PCA نشان داد که پروفایل های معطر به طور قابل توجهی با فرآیند خشک کردن تغییر می کند. نتایج آنها نشان داد که خشک شدن لایه نازک هوای گرم در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد به طور موثری کیفیت نهایی برگ های خشک شده Mentha haplocalyx را با حفظ خواص طعم بهبود می بخشد. یو و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیقی روش های مختلف خشک کردن بر روی اجزای فرار زنجبیل توسط HS-GC-MS همراه با GC E-Nose را مقایسه کردند. انها گزارش دادند که مطالبق با روش GC e-nose زنجبیل های خشک شده توسط روش HAD می توانند بوهای تند و تیز منحصربفردتری را در مقایسه با سایر روشها حفظ کنند. مکاری‌چیان (۲۰۲۱) تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر روی عطر سیر را با استفاده از بینی الکترونیکی را ارزیابی کردند. آنها گزارش دادند دقت روش‌های LDA و BPNN در طبقه‌بندی عطر نمونه‌ها بر اساس روشهای مختلف خشک کردن به ترتیب برابر ۹۶.۶۷ و ۱۰۰ درصد داشتند. بنابراین ادغام این دو تکنیک فرار نه تنها مشخصات عطری جامعی از اسانس های نعناع در روش‌های مختلف خشک‌کردن ارائه می‌کند، بلکه ایده‌ای در توصیف طعم برای خشک کردن، ذخیره‌سازی و پردازش نعناع خشک یا محصولات آن ارائه می‌دهد.

٤- نتیجه‌گیری

خشک کردن مناسب ترین روشی است که برای حفظ محصولات طبیعی گیاهان استفاده می شود. انتخاب یک روش خشک کردن خاص، یکی از هزینه های مهم در تولید و تجاری سازی گیاهان دارویی است. این مطالعه تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر روی کمیت و کیفیت اسانس نعناع را تعیین کرد. نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد اسانس در روش خشک شدن HAD۱A و کمترین عملکرد مربوط به روش خشک شدن آفتابی بود. همچنین ترکیبات به دست آمده اسانس به کمک روش GC-MS تعیین شد که در روش خشک شدن HAD ۱۸ ترکیب مشخص شد که با افزایش دمای خشک کردن، محتوای برخی از آنها به‌طور چشمگیری کاهش یافت. در نمونه های خشک شده، اجزای اصلی Carvone(۷,٤٥-٦٤.۳۰٪)، Limonene(٦,٥٩-۲٤,۲۱٪) و Carveol(۱,۹۲-۱۸,۳٤٪) بودند. همچنین مشخصات عطر اسانس نعناع به کمک E-nose مورد ارزیابی قرار گرفت. سه الگوریتم طبقه بندی QDA, MDA and ANN مورد استفاده قرار گرفت که بالاترین درصد طبقه بندی مربوط به روش QDA و MDA و برابر با ۱۰۰ درصد بود همچنین دقت روش ANN نیز برابر ۰.۹٦۷ درصد به دست آمد. یافته‌های این مطالعه مبنایی نظری برای توسعه فرآیند خشک‌کردن لایه نازک هوای گرم برای گیاهان دارویی و بهبود کیفیت حسی آن و محصولات مرتبط فراهم می‌کند. دیدگاه آینده بهبود مستمر تکنیک خشک کردن در محل برای گیاهان دارویی و توسعه یک سیستم مانیتور مناسب برای کنترل کیفیت حسی محصولات نهایی بر اساس یافته‌های مطالعه فعلی است.

منابع

- Zhao, D.; Xu, Y.W.; Yang, G.L.; Husaini, A.M.; Wu, W. Variation of essential oil of Mentha haplocalyx Briq. and Mentha spicata L. from China. Industrial Crops and Products ۲۰۱۳, ٤۲, ۲٥۱-۲٦۰, doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.indcrop.۲۰۱۲,۰٦,۰۱۰.
- Mahboubi, M. Mentha spicata L. essential oil, phytochemistry and its effectiveness in flatulence. Journal of Traditional and Complementary Medicine ۲۰۲۱, ۱۱, ۷٥-۸۱, doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jtcme.۲۰۱۷,۰۸,۰۱۱.
- Đurović, S.; Micić, D.; Pezo, L.; Radić, D.; Bazarnova, J.G.; Smyatskaya, Y.A.; Blagojević, S. Influence of the mowing and drying on the quality of the peppermint (Mentha x piperita L.) essential oil: Chemical profile, thermal properties, and biological activity. Industrial Crops and Products ۲۰۲۲, ۱۷۷, ۱۱٤٤۹۲, doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.indcrop.۲۰۲۱,۱۱٤٤۹۲.
- Balakrishnan, A. Therapeutic uses of peppermint-a review. Journal of pharmaceutical sciences and research ۲۰۱٥, ۷, ٤۷٤.
- Velička, A.; Tarasevičienė, Ž.; Hallmann, E.; Kieltyka-Dadasiewicz, A. Impact of Foliar Application of Amino Acids on Essential Oil Content, Odor Profile, and Flavonoid Content of Different Mint Varieties in Field Conditions. Plants ۲۰۲۲, ۱۱, ۲۹۳۸.

- Karami, H.; Rasekh, M.; Darvishi, Y.; Khaledi, R. Effect of Drying Temperature and Air Velocity on the Essential Oil Content of Mentha aquatica L. Journal of Essential Oil Bearing Plants ۲۰۱۷, ۲۰, ۱۱۳۱-۱۱۳٦, doi:۱۰,۱۰۸۰/۰۹۷۲۰٦۰X.۲۰۱۷,۱۳۷۱٦٤۷.
- Kaveh, M.; Karami, H.; Jahanbakhshi, A. Investigation of mass transfer, thermodynamics, and greenhouse gases properties in pennyroyal drying. Journal of Food Process Engineering ۲۰۲۰, ٤۳, e۱۳٤٤٦, doi:https://doi.org/۱۰,۱۱۱۱/jfpe.۱۳٤٤٦.
- Karami, H.; Lorestani, A.N.; Tahvilian, R. Assessment of kinetics, effective moisture diffusivity, specific energy consumption, and percentage of thyme oil extracted in a hybrid solar-electric dryer. Journal of Food Process Engineering ۲۰۲۱, ٤٤, e۱۳٥۸۸, doi:https://doi.org/۱۰,۱۱۱۱/jfpe.۱۳٥۸۸.
- Park, C.H.; Yeo, H.J.; Park, C.; Chung, Y.S.; Park, S.U. The Effect of Different Drying Methods on Primary and Secondary Metabolites in Korean Mint Flower. Agronomy ۲۰۲۱, ۱۱, ٦۹۸.
- Zhu, S.; Zhu, Z.; Guo, S.; Zhao, Y.; Lu, X.; Sha, X.; Qian, D.; Duan, J. Effect of drying methods on monoterpenes, phenolic acids and flavonoids in Mentha haplocalyx. Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo Zhongyao Zazhi= China Journal of Chinese Materia Medica ۲۰۱٥, ٤۰, ٤۸٦۰-٤۸٦۷.
- Guo, H.-L.; Chen, Y.; Xu, W.; Xu, M.-T.; Sun, Y.; Wang, X.-C.; Wang, X.-Y.; Luo, J.; Zhang, H.; Xiong, Y.-K. Assessment of Drying Kinetics, Textural and Aroma Attributes of Mentha haplocalyx Leaves during the Hot Air Thin-Layer Drying Process. Foods ۲۰۲۲, ۱۱, ۷۸٤.
- Fan, S.; Chang, J.; Zong, Y.; Hu, G.; Jia, J. GC-MS Analysis of the Composition of the Essential Oil from Dendranthema indicum Var. Aromaticum Using Three Extraction Methods and Two Columns. Molecules ۲۰۱۸, ۲۳, ٥۷٦.
- Wardencki, W.; Chmiel, T.; Dymerski, T. Gas chromatography-olfactometry (GC-O), electronic noses (e-noses) and electronic tongues (e-tongues) for in vivo food flavour measurement. ۲۰۱۳; pp. ۱۹٥-۲۲۹.
- Djamila, B.; Fatima Zohra, K.; Lahcene, K.; Zohra, R.F. Drying methods affect the extracts and essential oil of Mentha aquatica L. Food Bioscience ۲۰۲۱, ٤۱, ۱۰۱۰۰۷, doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.fbio.۲۰۲۱,۱۰۱۰۰۷.
- Adams, R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry; Allured publishing corporation Carol Stream: ۲۰۰۷; Volume ٤٥٦.
- Matulyte, I.; Marksa, M.; Ivanauskas, L.; Kalvėnienė, Z.; Lazauskas, R.; Bernatoniene, J. GC-MS Analysis of the Composition of the Extracts and Essential Oil from Myristica fragrans Seeds Using Magnesium Aluminometasilicate as Excipient. Molecules ۲۰۱۹, ۲٤, ۱۰٦۲.
- Rasekh, M.; Karami, H.; Wilson, A.D.; Gancarz, M. Performance Analysis of MAU-۹ Electronic-Nose MOS Sensor Array Components and ANN Classification Methods for Discrimination of Herb and Fruit Essential Oils. Chemosensors ۲۰۲۱, ۹, ۲٤۳, doi:https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/chemosensors۹۰۹۰۲٤۳.
- Beigi, M.; Torki-Harchegani, M.; Ghasemi Pirbalouti, A. Quantity and chemical composition of essential oil of peppermint (Mentha × piperita L.) leaves under different drying methods. International Journal of Food Properties ۲۰۱۸, ۲۱, ۲٦۷-۲۷٦, doi:۱۰,۱۰۸۰/۱۰۹٤۲۹۱۲,۲۰۱۸,۱٤٥۳۸۳۹.
- Chi, N.T.K.; Thao, D.T.T.; Tuan, H.Q. Effect of hot drying on the essential oil content and colour charactiristics of PepperMint (Mentha piperita). Vietnam Journal of Science and Technology ۲۰۱٦, ٥٤, ۳۱٤-۳۳۲.
- Moghaddam, M.; Pourbaige, M.; Tabar, H.K.; Farhadi, N.; Hosseini, S.M.A. Composition and antifungal activity of peppermint (Mentha piperita) essential oil from Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants ۲۰۱۳, ۱٦, ٥۰٦-٥۱۲.
- Scavroni, J.; Boaro, C.S.F.; Marques, M.O.M.; Ferreira, L.C. Yield and composition of the essential oil of Mentha piperita L.(Lamiaceae) grown with biosolid. Brazilian Journal of Plant Physiology ۲۰۰٥, ۱۷, ۳٤٥-۳٥۲.
- Rohloff, J.; Dragland, S.; Mordal, R.; Iversen, T.-H. Effect of harvest time and drying method on biomass production, essential oil yield, and quality of peppermint (Mentha× piperita L.). Journal of agricultural and food chemistry ۲۰۰٥, ٥۳, ٤۱٤۳-٤۱٤۸.
- Blanco, M.; Ming, L.; Marques, M.; Bovi, O. Drying temperature effects in rosemary essential oil content and composition. In Proceedings of the I Latin-American Symposium on the Production of Medicinal, Aromatic and Condiments Plants ٥٦۹, ۲۰۰۰; pp. ۹۹-۱۰۳.

- Karami, H.; Lorestani, A.N.; tahvilian, r. The Effect of Different Drying Methods on Drying Kinetics, Mathematical Modeling, Quantity and Quality of Thyme Essential Oil. Journal of food science and technology(Iran) ۲۰۲۱, ۱۸, ۱۳۵-۱۴۶, doi:۱۰,۵۲۵۴۷/fsct.۱۸,۱۱۳,۱۳۵.
- Pirbalouti, A.G.; Oraie, M.; Pouriamehr, M.; Babadi, E.S. Effects of drying methods on qualitative and quantitative of the essential oil of Bakhtiari savory (Satureja bachtiarica Bunge.). Industrial crops and products ۲۰۱۳, ۴۶, ۳۲۴-۳۲۷.
- Rios-Estepa, R.; Turner, G.W.; Lee, J.M.; Croteau, R.B.; Lange, B.M. A systems biology approach identifies the biochemical mechanisms regulating monoterpenoid essential oil composition in peppermint. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. ۲۰۰۸, ۱۰۵, ۲۸۱۸-۲۸۲۳, doi:۱۰,۱۰۷۳/pnas.۰۷۱۲۳۱۴۱۰۵.
- Zheljazkov, V.D.; Cantrell, C.L.; Astatkie, T.; Ebelhar, M.W. Productivity, Oil Content, and Composition of Two Spearmint Species in Mississippi. Agronomy Journal ۲۰۱۰, ۱۰۲, ۱۲۹-۱۳۳, doi:https://doi.org/۱۰,۲۱۳۴/agronj۲۰۰۹,۰۲۵۸.
- Zekri, N.; Elazzouzi, H.; El Makhoukhi, F.; Alaoui El Belghiti, M.; Zair, T. Drying Effect on Yields and Chemical Composition of Essential Oils Extracted from the Moroccan Mentha spicata (L.) Aerial Parts. Journal of Essential Oil Bearing Plants ۲۰۱۹, ۲۲, ۷۸۹-۷۹۸, doi:۱۰,۱۰۸۰/۰۹۷۲۰۶۰X.۲۰۱۹,۱۶۳۲۷۴۶.
- Chauhan, R.S.; Kaul, M.K.; Shahi, A.K.; Kumar, A.; Ram, G.; Tawa, A. Chemical composition of essential oils in Mentha spicata L. accession [IIIM(J)۲۶] from North-West Himalayan region, India. Industrial Crops and Products ۲۰۰۹, ۲۹, ۶۵۴-۶۵۶, doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.indcrop.۲۰۰۸,۱۲,۰۰۳.
- Yu, D.-X.; Guo, S.; Wang, J.-M.; Yan, H.; Zhang, Z.-Y.; Yang, J.; Duan, J.-A. Comparison of Different Drying Methods on the Volatile Components of Ginger (Zingiber officinale Roscoe) by HS-GC-MS Coupled with Fast GC E-Nose. Foods ۲۰۲۲, ۱۱, ۱۶۱۱.
- Makarichian, A.; Amiri Chayjan, R.; Ahmadi, E.; Mohtasebi, S.S. Assessment the influence of different drying methods and pre-storage periods on garlic (Allium Sativum L.) aroma using electronic nose. Food and Bioproducts Processing ۲۰۲۱, ۱۲۷, ۱۹۸-۲۱۱, doi:https://doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.fbp.۲۰۲۱,۰۲,۰۱۶.

The effect of different drying methods on the quantity and quality of peppermint essential oil with the help of electronic nose and gas chromatography/mass spectrometry

Mansour Rasekh[۱]; Hamed Karami[۲]; Ali Khorramifar[۱]; Vahid Azizi[۳]

[۱] Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[۲] Department of Petroleum Engineering, Knowledge University, Erbil, Iraq

[۳] Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran

Abstract

Introduction

The use of plant-derived compounds is common in medicine and preventive health care, while the scope of use of some substances is steadily increasing. The mint family, with more than ۲۰۰ genera and ۳۰۰۰ species, is very important economically and medicinally. The mint genus contains ۲۵ to ۳۰ species that grow in different temperate regions of Asia, Europe, Australia and South Africa. There is a great diversity in terms of chemical composition among the species of the mint genus. Peppermint essential oil (Mentha spicata L.) is rich in carvone, which produces the special aroma of mint. The yield of essential oil of Sentha spicata is lower than that of Mentha piperita. Carvone is the main component of Mentha spicata and Mentha longlifolia, while Carvone is absent in Mentha piperita, Mentha aquatic, Mentha arvensis and Mentha pulegium. Peppermint essential oil and extract are used in the pharmaceutical, cosmetic and food industries all over the world. Mentha spicata essential oil and leaves have therapeutic uses and its general properties are analgesic, tonic, stomach tonic, antitussive, anticonvulsant, astringent, analgesic and sedative. Peppermint oil has been used since ancient times for medicinal purposes, mostly to treat headaches, colds and neuralgia. It can also relieve skin irritations and digestive problems and has antispasmodic effects. Although, there is mixed information about the chemical composition of Mentha spicata essential oil, many studies have confirmed carone and limonene as its main components. Carvone is responsible for the smell of peppermint essential oil. The high price of carvone in the market has pushed breeders to improve mint varieties with high carvone. Different chemotypes are characterized by specific odors and biological activities, which indicate different applications in the aromatic and pharmaceutical industries. For example, Europeans enjoy the scent of Carvone. The use of medicinal plants in the food and pharmaceutical industries depends on the amount of biologically active substances and their chemical composition. Changes in the concentration of volatile compounds of mint during drying also depend on several factors, including drying conditions (temperature, air speed), humidity, variety and age of the plant, climate, soil and harvesting method. The drying process and storage conditions of the dried plant can have an adverse effect on the medicinal properties of the essential oil. Drying is one of the efficient methods to preserve agricultural products and maintain food quality. Drying, as an important food preservation technique, is used in the food industry. Drying is required to reduce the water activity of the product to suppress the growth of microorganisms and inhibit chemical reactions to increase the shelf life of the product at room temperature. In addition, drying lightens shipping weight and reduces storage space. Conventional drying methods include hot air drying (HAD), vacuum drying (VD), vacuum freeze drying (VFD), and microwave-hot air alternating drying (MW-HAD). HAD is the most common method that dries food in an oven with a constant flow of hot air. As an optimal approach for drying raw vegetable food, this method has easy operation and low cost, but it requires a long drying time and has low energy consumption.

Methodology

After the drying process, the essential oil was extracted from the dried product, and for this purpose, a Clonger machine was used using the water distillation method. Distillation with water is a method of extracting essential oils. This method is cheap because it mostly uses water as a solvent. Qualitative GC-MS analysis of the extracted essential oils was performed using an HP ۶۸۹۰ gas chromatograph coupled to an HP ۵۹۷۳ mass-selective detector (Agilent Technologies, Foster City, CA, USA) operating at ۷۰ eV mode. The electronic nose consists of three parts: (۱) a sample transport system (۲) a detection system consisting of a set of gas sensors with partial characteristics and (۳) an odor data

processing system. The e-nose instrument can detect the presence of VOCs in various molecular structures with high accuracy and reliability regardless of more or less odor. Samples were analyzed using a portable e-nose, which consists of a multiple gas sensor array, a signal acquisition unit, and pattern recognition software. Essential oil samples (۱ mL) were placed in a ۱۰ mL sealed glass vial and equilibrated at ٤٠ °C for ۳۰ min under stirring. Clean ambient air was used as the carrier gas to transport the volatiles in the headspace of the sealed glass vials to the temperature and humidity controlled sensing chamber. The conductivity change in the sensor array is expressed by the normalized response of the sensor. Each measurement cycle lasted ۱۰۰ seconds, which allows the sensor to reach a steady state, and the data collection interval using a computer was ۱ second. Between measurement cycles, the sensor was purged for ۲۰۰ s with purge gas filtered through activated charcoal to return the sensor signal to baseline. ۱۵ measurements were made for each sample of peppermint essential oil. Data obtained from GC-MS analysis were first processed by in-house MSD Chemstation and structural identification was performed through NIST ۲۰۱٤ library research along with retention index (RI) validation. The dataset consists of pre-processed signals from ۹ MOS gas sensors obtained in the e-nose during ۱۲۰ measurements corresponding to ۸ independent samples evaluated with ۱۵ repetitions. The performance of e-nose for evaluating peppermint essential oil samples was evaluated using three supervised statistical methods, namely QDA, MDA and ANN.

Conclusion

Drying is the most suitable method used to preserve the natural products of plants. Choosing a special drying method is one of the important costs in the production and commercialization of medicinal plants. This study determined the effect of different drying methods on the quantity and quality of peppermint essential oil. The results showed that the highest yield of essential oil was in the HAD۱A drying method and the lowest yield was related to the sun drying method. Also, the obtained compounds of the essential oil were determined by theGC-MS method, and in the HAD drying method, ۱۸ compounds were determined, and the content of some of them decreased significantly with the increase of the drying temperature. In the dried samples, the main components were Carvone (٦٤,۳۰-۷,٤٥٪), Limonene (۲٤,۲۱-٦,٥۹٪) and Carveol (۱۸,۳٤-۱,۹۲٪). Also, the aroma characteristics of mint essential oil were evaluated with the help of an E-nose. Three classification algorithms QDA, MDA and ANN were used, and the highest percentage of classification related to QDA and MDA methods was ۱۰۰٪, and the accuracy of the ANN method was also ۰,۹٦۷٪. The findings of this study provide a theoretical basis for the development of hot air thin layer drying process for medicinal plants and improving their sensory quality and related products. The future perspective is to continuously improve the in situ drying technique for medicinal plants and develop a suitable monitor system to control the sensory quality of the final products based on the findings of the current study.

Keywords

Mint quality identification; Non-destructive testing; Electronic nose; Odor identification