

فناوری بینی الکترونیک برای درجه بندی غیرمخرب گیاه دارویی ریحان

عاطفه گلچین^۱، حسن ذکی دیزجی^{۲*}، محمد محمودی سورستانی^۳، محمد اسماعیل خراسانی فردوانی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲. استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳. دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز

۴. استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

hzakid@scu.ac.ir *

چکیده

فناوری بینی الکترونیکی روشی غیرمخرب و نوین است که برای درجه بندی مواد بودار از آن جمله اسانس گیاهان دارویی استفاده می‌شود. این فناوری مبتنی بر حسگرهای شیمیایی و شبیه سیستم بویایی انسان عمل می‌کند. از طرفی صنعت گیاهان دارویی و معطر (MAPs)، صنعت جدید و رو به رشدی است که یکی از مشکلات این صنعت نبود دستگاه‌های کنترل کیفی است. در این مطالعه ابتدا دستگاه بینی الکترونیکی معرفی می‌شود و سپس امکان شناسایی و درجه بندی ۸ گونه گیاه ریحان توسط این دستگاه بررسی می‌شود. برای این کار از سامانه بینی الکترونیک بر پایه هشت حسگر نیمه‌هادی اکسید فلزی (MOS) استفاده شد. نخست ترکیب‌های اصلی تأثیرگذار اسانس ۸ گونه از گیاه ریحان استخراج شده و با استفاده از روش‌های مرسوم دقیق آزمایشگاهی، نوع و درصد ترکیبات آن‌ها مشخص شد. سپس درجه بندی این کلاس‌ها با استفاده از آزمون غیرمخرب بینی الکترونیک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی PCA نشان داد که با استفاده از دو مؤلفه اصلی اول (PCA1, PCA2) میتوان ۸۸٪ واریانس داده‌ها را توجیه کرد. همچنین با استفاده از نمودار لودینگ حاصل از PCA حسگر MQ135 تأثیر بیشتری در تفکیک کلاس‌ها داشت. بررسی نتایج نشان داد دقت طبقه بندی حدود ۸۹٪ بود. لذا می‌توان گفت که بینی الکترونیکی به عنوان ابزاری ارزان، دقیق، آسان در راستای شناسایی گونه‌های گیاه ریحان موثر است.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، آزمون غیرمخرب، بینی الکترونیک، تحلیل مولفه اصلی

۱- مقدمه

مخرب^۵، ارزان و تا حدودی دقیق است که جز روش‌های دستگاهی اندازه گیری سریع^۶ محسوب می‌شود. اولین کاربرد آن بر مبنای حسگرهای شیمیایی در سال ۱۹۸۲ گزارش شده است. پاسخ‌های خام تولید شده توسط سیگنال حسگرهای این سامانه بینی الکترونیک، به منظور طبقه بندی صحیح بو، با روش‌های پیشرفته پردازش سیگنال و الگوریتم‌های تشخیص الگو مورد مطالعه قرار می‌گیرند. حسگرهای بویایی، با استفاده از روش‌های مختلف پردازش سیگنال آنالیز می‌شوند. با توجه به نوع داده‌های اندازه گیری شده و نوع نتایج خروجی، فناوری‌های مختلفی موجود است. روش‌های تشخیص الگو به دو دسته روش‌های با ناظر مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی^۷

سنجش بو روشی پیشرفته و به ویژه موثر برای کسب اطلاعات متغیرهای تأثیرگذار بر کیفیت مواد است، زیرا بوی مواد بسیار حساس به تغییر ترکیبات تشکیل دهنده آنها است. بینی الکترونیک با شبیه سازی بینی انسان، به عنوان ابزاری دقیق و کاربردی در زمینه‌های مختلفی از جمله صنایع غذایی، نظامی، پزشکی و آرایشی و بهداشتی و غیره به منظور مانیتورینگ و تشخیص ترکیبات موجود در مواد (تقلب سنجی، اصالت سنجی و کیفیت سنجی)، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اسامی دیگر این روش شامل ماشین بویایی، بینی مکانیکی^۱، بینی مصنوعی^۲، سیستم تشخیص بو^۳، بوسنجی الکترونیکی^۴ است. بینی الکترونیک روشی غیر

⁵ Non destructive

⁶ Rapid Test Methods

⁷ Artificial neural networks

¹ Mechanical nose

² Artificial nose

³ Odor-sensing system

⁴ Electronic olfactometry

نمونه‌ها و زمان طولانی برای تحلیل دارند [9] لذا روش‌های غیر مخرب و کم‌هزینه‌تری روی کار آمده‌اند، یکی از این روش‌ها استفاده از بینی الکترونیک است. این سامانه شامل ترکیب عواملی مانند درک ما از سیستم بویایی انسان و پیشرفت‌های سریع در فناوری حسگرها و سیستم تشخیص الگو برای تشخیص بو می‌باشد [10]. از بینی الکترونیک در زمینه فرآوری برخی گیاهان دارویی و معطر استفاده شده- است؛ مانند طبقه‌بندی کیفی ۹ ژنوتیپ از گل محمدی [11]، کیفیت سنجی دو گونه از گیاه سنبل کوهی [12] همچنین برای کاربردهای متفاوت، گیاهان مختلفی مانند شیرین بیان [13]، نعناع [14] و ارکیده [15] مورد بررسی قرار گرفته شده است. ولی تاکنون پژوهشی اصالت سنجی اسانس‌های موجود گونه‌های مختلف گیاه ریحان صورت نگرفته است. لذا می‌بایست ابتدا گونه‌های گیاه ریحان شناسایی شوند. هدف از این تحقیق، بررسی عملکرد یک سامانه بینی الکترونیک روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) برای شناسایی گونه‌های مختلف گیاه ریحان می- باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- سامانه بینی الکترونیکی

شماتیک قسمت‌های مختلف سامانه بینی الکترونیکی و سامانه ساخته شده در شکل ۱ و ۲ آورده شده است. از این سامانه شامل ۸ حسگر گازی از نوع نیمه هادی اکسید فلزی (MOS) برای تهیه الگوی بوی ناشی از گونه‌های ریحان استفاده شد. حسگرهای مورد استفاده در این سامانه نیز به همراه گازهای مورد سنجش در جدول ۱ آورده شده است.

(ANN) و بدون ناظر مانند روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی^۱ (PCA) تقسیم‌بندی می‌شوند [1,2,16].

از سوی دیگر از مهمترین گیاهان صنعت گیاهان دارویی و معطر^۲ گیاه ریحان است. این گیاه از بزرگترین جنس‌ها در خانواده نعناعیان است [3] که این گیاه علفی و یک ساله بوده و دارای ۵۰ تا ۱۵۰ گونه علفی و بوته‌ای است [4]. ریحان یکی از این گیاهان دارویی مهم و پرکاربرد است و در درمان بیماری‌های گوناگونی نظیر برونشیت، گلودرد، نفخ شکم، بیماری‌های قلبی، بزرگ شدن طحال و همچنین کمک به هضم غذا استفاده می‌شود [5] همچنین اسانس این گیاه در صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی به کار می‌رود [6]. به‌طور کلی گیاه ریحان به‌صورت خودرو در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر آسیا (هند، پاکستان و تایلند)، آفریقا، مرکز و جنوب آمریکا رشد می‌کند [7]. با وجود اینکه این گیاه به‌صورت خودرو در ایران یافت نمی‌شود، ولی به‌عنوان یکی از مناطقی که ریحان از آنجا منشأ گرفته شده است، محسوب می‌شود [8]. گونه‌های این جنس که از نظر تجاری و کشت و کار اهمیت دارند عبارت‌اند از: امریکانوم^۳، باسیلیکوم^۴، کلیمانجاروم^۵، تونینفلوروم^۶، گرتیسیوم^۷ و آفریکانوم^۸ [3]. علی‌رغم بوی تقریباً یکسان، هر کدام از این گونه‌ها مواد موثر متفاوتی دارند. تفاوت اسانس گیاهان دارویی و معطر به نوع و مقدار مواد موثره است.

در حال حاضر برای ارزیابی و شناسایی مواد معطر از روش سنتی آزمون پنل و همچنین روش‌های دقیق آزمایشگاهی مانند کروماتوگرافی گازی^۹ (GC)، کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی^{۱۰} (GC-MS) و یا کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا^{۱۱} HPLC استفاده می‌شود. با وجود دقت بالا، این روش‌های مخرب، دارای مشکلات هزینه بالا و نیاز به افرادی با دانش به عملکرد این ابزارها، آماده‌سازی پرزحمت

⁷ O. gratissimum

⁸ O. africanum Lour

⁹ Gas chromatography

¹⁰ Gas Chromatography-Mass Spectroscopy

¹¹ High-Performance Liquid Chromatography

¹ Principal Component Analyses

² Medicinal and Aromatic Plants

³ O. americanum

⁴ O. basilicum

⁵ O. kilimandscharicum Guerke

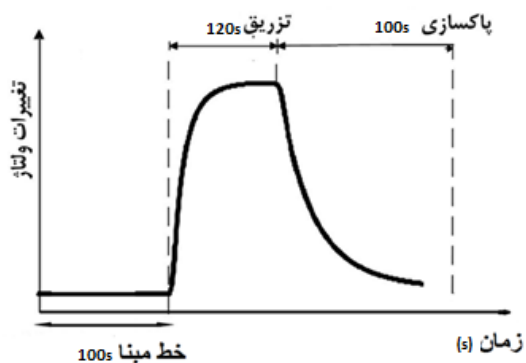
⁶ O. tenuiflorum

جدول ۱- لیست حسگرهای مورد استفاده در سامانه بینی الکترونیک

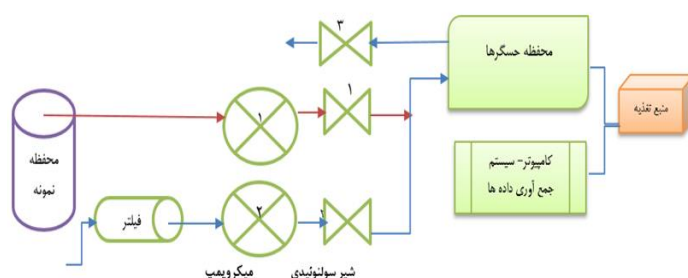
نشان تجاری	گاز هدف
MQ-2	پوتان، پروپان، متان، LPG
MQ-3	الکل، بنزن
MQ-5	گاز شهری متان، مونواکسید کربن، الکل، LPG
MQ-8	حساس به هیدروژن و گازهای ایجاد شده از سوختن
MQ-9	کربن مونواکسید، گازهای احتراق پذیر
MQ-135	آلاینده‌های هوا، آمونیاک، مونواکسید کربن، دی‌اکسید کربن
MQ-137	آمونیاک
MQ-138	پروپان، بنزن، الکل، متان، مونواکسید کربن، n-هگزان

- ۱- مرحله رسیدن به حالت پایداری^۲ در پاسخ حسگرها به مدت ۱۰۰ ثانیه
- ۲- مرحله تزریق بوی نمونه^۳ به مدت ۱۲۰ ثانیه
- ۳- مرحله پاک‌سازی^۴ به مدت ۱۰۰ ثانیه

برای هر گونه گیاه ریحان نمونه‌گیری با ۸ تکرار انجام شد؛ و از طریق سیستم دریافت داده^۵ جمع‌آوری و به رایانه منقل گردید. این آزمون بینی الکترونیک غیر مخرب است اما به‌هنگام^۶ نیست. نمونه‌های برگی بعد از آزمایش بینی الکترونیکی قابل استفاده برای اسانس گیری هستند.



شکل ۳- مراحل کاری بینی الکترونیکی به همراه زمان موردنیاز برای هر مرحله



شکل ۱. تصویر شماتیک از ارتباط اجزای دستگاه بینی الکترونیک



شکل ۲. دستگاه بینی الکترونیک ساخته شده و جعبه حسگرها

مراحل کار با بینی الکترونیک به سه مرحله زمانی تقسیم بندی شده و الگوی پاسخ^۱ حسگرها به صورت نمودار ولتاژ-زمان ثبت شد. در شکل ۳ مراحل کاری این سامانه نشان داده شده‌است. مراحل کاری به شرح زیر است:

^۴ Purging
^۵ Data Acquisition
^۶ online

^۱ pattern response
^۲ Baseline
^۳ Injection

MS به ترتیب ۲۶۵ و ۲۷۵ درجه سانتی‌گراد بود. هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت ۱/۱ میلی‌متر در دقیقه و اسپلیت ۱:۱۰۰ مورد استفاده قرار گرفت.

۳- نتایج

۳-۱- آزمایش GC و GC-MS

با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش‌ها نوع و درصد ترکیب‌های موجود در نمونه‌ها مشخص شد. نمونه‌های ریحان بررسی شده در این پژوهش به ترتیب: آمریکانوم ۲۱۳، کلیمانجاروم، آمریکانوم ۲۱۵، باسیلیکوم، گرتیسیموم ۲۷۸، تونینفلوروم ۲۶۵، توتیفیلوروم ۴۰ و گرتیسیموم ۲۹۶ بوده‌است که به ترتیب (O_1 تا O_8) نام‌گذاری شده است. ترکیبات مهم شناسایی شده از هر اسانس به همراه شاخص بازداری RI در جدول ۲ بیان شده است.

با توجه به ترکیبات اصلی موجود در گونه‌های مختلف گیاه ریحان، همانطور که در جدول ۳ آمده‌است، پیش بینی شد که این ۸ گونه در ۵ گروه طبقه بندی شوند. پس از رسم نمودار میله ای بر روی داده‌های حاصل از آزمایش‌های GC و GC-MS مشخص گردید که این طبقه بندی به درستی صورت گرفته است (شکل ۴).

۲-۲- آماده‌سازی نمونه‌های آزمایش (استخراج اسانس)
نخست چند برگ از برگ‌های ۸ گونه گیاه ریحان از مزرعه باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز جمع‌آوری شدند. سپس ۱۰۰ گرم از برگ‌های گونه‌های مختلف وزن شد و سپس به روش تقطیر با آب و در مدت ۳ ساعت فرایند اسانس-گیری انجام شد. تجزیه و شناسایی اسانس‌ها با استفاده از GC و GC-MS انجام شد. حدود ۶۰ درصد برگ از برگ‌های گیاه ریحان برای اندازه‌گیری پاسخ حسگرهای بینی الکترونیک در محفظه سامانه بینی الکترونیک منظور شد.

۳-۲- دستگاه GC

برای آنالیز کروماتوگرافی گازی اسانس‌ها از کروماتوگرافی گازی SHIMADZU مدل GC-17A مجهز به ستون Bf-5 (به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۳۲ میلی‌متر، ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر) مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۲-۴- دستگاه GC-MS

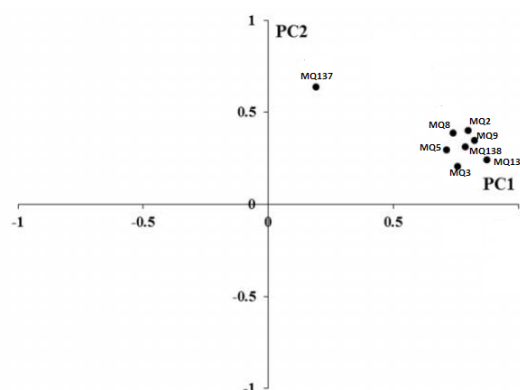
کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی از نوع Agilent مدل 5997B ستون HP-5 (به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر) مورد استفاده قرار گرفت. برنامه دمایی ستون شامل افزایش دما از ۶۵ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه که نهایتاً به مدت ۲ دقیقه در این دما باقی می‌ماند. دمای محفظه تزریق و لاین انتقال به

جدول ۲- مشخصات موجود در اسانس نمونه‌های ریحان و درصد ترکیبات موجود مهم در هر نمونه

ردیف	نام ترکیب	RI	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8
۱	Linalool	۱۰۹۳	۰/۶۷	۵۸/۴۵	۰/۲۱	۶۷/۸۶	۰/۲۶	۰/۴۷	۰/۹۳	۰/۱۰
۲	Terpineol < α ->	۱۱۸۰	۰/۷۷	۰/۴۸	۰/۵۴	۰/۱۷	۳/۳۹	N	N	N
۳	Eugenol <dihydro->	۱۳۶۲	۲۹	N	۲۹/۱۹	N	N	N	N	۷۹/۲۴
۴	Methyl eugenol	۱۱۹۰	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۶	N	N	۵۳/۷۸	۴۶/۷۲	N
۵	Trans-caryophyllen	۱۴۱۸	۱/۸	۰/۹۲	۱/۹۳	۰/۲۴	N	۱۳/۷۹	۳۵/۳۱	۰/۵۱
۶	Cis-Alpha-Bisabolen	۱۵۴۴	۱۵/۶۵	N	۱۸/۲۶	N	N	N	N	N
۷	Terpinene < γ ->	۱۰۵۶	N	۰/۱۳	۰/۱۴	N	۲۵/۵	N	N	۰/۰۹
۸	Thymol	۱۲۹۷	N	N	۰/۴۸	۰/۴۳	۴۷/۸۵	N	N	N

را توجیه می‌کند و نسبت به مولفه اصلی دوم با ۹٪ تشریح واریانس، اختلاف بین کلاس‌ها را بهتر نشان می‌دهد.

همچنین با رسم نمودار لودینگ روی دو مولفه اصلی می‌توان حسگرهایی را که بیشترین و کمترین تاثیر را در این کلاس بندی دارند مشخص کرد. با توجه به شکل ۶ مشخص شد که حسگر MQ137 نسبت به سایر حسگرها دارای کمترین تاثیر در کلاس بندی است. بنابراین می‌توان با حذف حسگر اضافی شناسایی شده با توجه به نمودار لودینگ کمک بسزایی در کاهش هزینه‌های حاصل از ساخت دستگاه بینی الکترونیک کرد [16]. با ۱۰۰ درصد واریانس داده‌ها با ۱۸ مولفه اصلی بیان شد که از این میان ۱۲ مولفه اصلی اول که ۹۶/۴ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کنند برای کلاس بندی نمونه‌ها استفاده گردید. در جدول ۴، ماتریس اغتشاش نتایج حاصل از کلاس بندی داده‌ها با ماتریس آورده شده است، که طبق این جدول دقت برای نمونه‌ها ۸۸/۷ درصد می‌باشد.



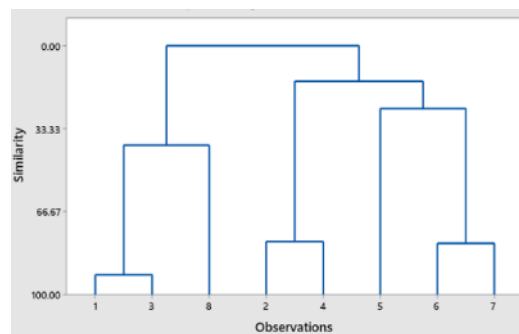
شکل ۶- نمودار توزیع حسگرها بر روی دو مولفه اصلی اول (نمودار لودینگ)

جدول ۴- ماتریس اغتشاش کلاس بندی برای روش PCA

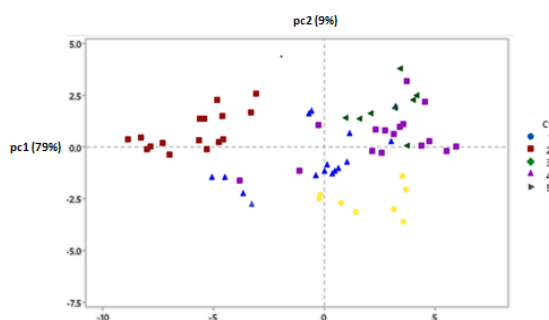
کلاس	C1	C2	C3	C4	C5
C1	۱۷	۰	۲	۰	۱
C2	۰	۲۰	۰	۰	۰
C3	۲	۰	۱۶	۰	۱
C4	۰	۰	۰	۱۰	۰
C5	۱	۰	۲	۰	۸
درصد کلاس بندی صحیح	۸۸/۷٪				

جدول ۳- پیش بینی کلاس بندی گونه‌های ریحان، با توجه به ترکیبات اصلی نمونه‌ها

کلاس مربوطه	نمونه	ترکیبات اصلی مشابه
C1	02, 04	Linalool
C2	06, 07	Trans- , Methyl eugenol caryophyllen
C3	01, 03	Eugenol <dihydro-> , bicyclogermacrene Cis-Alpha-Bisabolen
C4	05	Terpinene <γ-> , Thymol
C5	08	Eugenol <dihydro->



شکل ۴- دندوگرام آنالیز خوشه‌ای گونه‌های مختلف ریحان براساس اجزای اصلی اسانس



شکل ۵- پراکنش نمونه‌ها بر روی دو مولفه اصلی اول با مجموع واریانس ۸۸٪

۳-۲- بینی الکترونیک

نتایج تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) نشان داد که دو مولفه اصلی اول ۸۸٪ واریانس کل داده‌ها را توجیه می‌کنند و برای طبقه بندی کلاس‌ها مناسب هستند همانطور که در شکل ۵ آمده است مولفه اصلی اول ۷۹٪ واریانس بین داده‌ها

۴- بحث

راستای شناسایی گونه‌های گیاه ریحان و در ادامه برای اسانس استفاده کرد.

۶- منابع

- [1] Sanaeifar, A., ZakiDizaji, H., Jafari, A., Guardia, M.d. (2017). Early detection of contamination and defect in foodstuffs by electronic nose: A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 97, 257-271.
- [2] Persaud K. and Dodd, G. Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose," *Nature*, vol. 299, pp. 352-355, 1982.
- [3] Paton, A., Harley, R., & Harley, M. 1999. *Ocimum: an overview of classification and relationships*, Basil: 11-46: CRC Press.
- [4] Sajjadi, S. E. 2006. Analysis of the essential oils of two cultivated basil (*Ocimum basilicum* L.) from Iran. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(3): 128-130.
- [5] Omidbaigi R. Production and Processing of medicinal plants (In Persian). Astan'e Qods'e Razavi publication. Vol 3. Tehran-Iran. 2008, 397pp.
- [6] Bowes, K. M., & Zheljazkov, V. D. 2004. Factors affecting yields and essential oil quality of *Ocimum sanctum* L. and *Ocimum basilicum* L. cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(6): 789-794.
- [7] Peter, K. V. 2012. *Handbook of herbs and spices*: Elsevier.
- [8] Makri, O., & Kintzios, S. 2008. *Ocimum* sp.(basil): Botany, cultivation, pharmaceutical properties, and biotechnology. *Journal of herbs, spices & medicinal plants*, 13(3): 123-150.
- [9] Xiao, Z., Yu, D., Niu, Y., Chen, F., Song, S., Zhu, J. and Zhu, G., 2014. Characterization of aroma compounds of Chinese famous liquors by gas chromatography-mass spectrometry and flash GC electronic-nose. *Journal of chromatography B. Analytical technologies in the biomedical and life sciences*, 945: 92-100.
- [10] Loutfi, A., Coradeschi, S., Mani, G.K., Shankar, P. and Rayappan, J.B.B., 2015. Electronic noses for food quality: A review. *Journal of Food Engineering*, 144: 103-111.
- [11] Gorji-Chakespari, A., Nikbakht, A. M., Sefidkon, F., Ghasemi-Varnamkhashti, M., & Valero, E. L. 2017. Classification of essential oil composition in *Rosa damascena* Mill. Genotypes using an electronic nose. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 4: 27-34.
- [12] Baby, R., Cabezas, M., Castro, E., Filip, R., & de Reza, N. W. 2005. Quality control of medicinal plants with an electronic nose. *Sensors and actuators B: Chemical*, 106(1): 24-28.
- [13] Russo, M., Serra, D., Suraci, F., Di Sanzo, R., Fuda, S. and Postorino, S., 2014. The potential of e-nose aroma profiling for identifying the geographical origin of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) roots. *Food Chemistry*, 165: 467-474.
- [14] Laureati, M., Buratti, S., Bassoli, a., Borgonovo, G. and Pagliarini, E., 2010. Discrimination and characterisation of three cultivars of *Perilla frutescens* by means of sensory descriptors and electronic nose and

از آنجاکه لزوم توجه به بخش کشاورزی با توجه به رویکرد مجدد انسان‌ها به محصولات گیاهی و آشکار شدن عوارض جانبی ناشی از استفاده از ترکیبات شیمیایی بیش‌ازپیش مشهود است، لذا برای شناسایی و طبقه‌بندی گیاهان باید از ابزارهای سریع، ارزان، آسان و غیرمخرب مانند بینی-الکترونیک استفاده شود. در این پژوهش ۸ گونه گیاه ریحان با توجه به نتایج حاصل از آزمایش GC و GC-MS به ۵ کلاس مجزا طبقه‌بندی شد. در ادامه با استفاده از یک سامانه بینی الکترونیک بر پایه‌های ۸ حسگر گازی MOS صحت این طبقه بندی با روش تحلیل مولفه اصلی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج PCA نشان داد که با استفاده از دو مولفه اصلی اول ۸۸٪ واریانس نمونه‌ها قابل توجیه می‌باشد. در پژوهشی به منظور کیفیت سنجی دوگونه سنبل کوهی، با از روش PCA و دو مؤلفه اصلی اول توانستند ۹۸٪ واریانس داده‌ها را توجیه نمایند [12].

همچنین با استفاده از نمودار لودینگ حاصل از PCA مشخص شد که حسگر MQ137 نسبت به سایر حسگرها در کلاس‌بندی تاثیر کمتری داشته و حسگر MQ135 بیشترین تاثیر در در کلاس‌بندی را دارد. در راستای کاهش هزینه‌های حاصل از ساخت سامانه بینی الکترونیک می‌توان تعداد حسگرها را کاهش داد. در پژوهشی از ۸ حسگر بینی الکترونیکی برای کلاس بندی اسانس گل محمدی استفاده شد. نتایج حاکی از امکان درجه بندی اسانس گل محمدی با روش بینی الکترونیکی است [11].

۵- نتیجه گیری

از فناوری بینی الکترونیکی برای کیفیت سنجی موادی استفاده می شود که بو عامل کیفی است. در این پژوهش به اختصار سامانه بینی الکترونیکی معرفی شد و سپس امکان درجه بندی ۸ گونه ریحان براساس نتایج آزمایش‌های GC-MS بررسی شد. نتایج آنالیز مؤلفه های اصلی PCA نشان داد که با استفاده از دو مؤلفه اصلی اول (PCA1, PCA2) می‌توان ۸۸٪ واریانس داده ها را توجیه کرد. همچنین با استفاده از نمودار لودینگ حاصل از PCA مشخص شد که حسگر MQ137 تأثیر کمتری در تفکیک کلاس‌ها دارد. دقت طبقه بندی نمونه ها با ۱۲ مؤلفه اصلی با استفاده از روش PCA حدود ۸۹٪ بود. بر این اساس می‌توان از بینی الکترونیک به عنوان ابزاری مناسب در

Discriminatory power assessment of the sensor array of an electronic nose system for the detection of none of Kohgiluyeh-va-Boyerahmad province from Iran due to employment creation and permanent development. *Biological Forum-An International Journal*, 7(1): 749-751.

tongue analysis. *Food Research International*, 43: 959-964.

[15] Zhang, B., Huang, Y., Zhang, Q., Liu, X., Li, F. and Chen, K., 2014. Fragrance discrimination of Chinese Cymbidium species and cultivars using an electronic nose. *Scientia Horticulturae*, 172: 271-277.

[16] Ghasemi-Varnamkhasi, M., Mohtasebi, S.S., Siadat, M., Razavi, S.H., Ahmadi, H. and Dicko, A., 2012.

The Electronic Nose Technique for Nondestructive clustering of Basil as a Medicinal Plant

Atefeh Golchin¹, Hassan ZakiDizaji*², Mohammad Mahmoodi Surestani³ Mohammad Esmaeil Khorasani Fardevani⁴

1- M. Sc. student, Biosystems engineering Dept., Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz

2- Assistant professor, Biosystems engineering Dept., Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz

3- Assistant professor, Horticulture Dept., Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz

4- Assistant professor, Biosystems engineering Dept., Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz

* hzakid@scu.ac.ir

Abstract

The electronic nose technique is a novel and nondestructive method used for grading odorant materials including essence (oils) of medicinal plants. This technique works based on chemical sensors and resembles the human olfactory system. On the other hand, the medical and aromatic plant industry (MAPs) is a new and growing industry that lacks quality control devices. In this study, an electronic nose device is introduced and then the possibility of identifying and grading 8 species of basil is investigated. An electronic nose system based on eight metallic oxide semiconductor (MOS) sensors was used. First, the main constituents of the essential oils of 8 species were extracted from the basil and were determined using standard laboratory methods, their type and percentage. Then, the grading of these classes was evaluated using a nondestructive electronic nose test. Results of PCA principal component analysis showed that using the first two principal components (PCA1, PCA2), 88% of the variance can be justified. Also, loading diagram showed that the MQ135 sensor had a greater effect on class separation. The precision present of grading was 89 %. The results showed that e-nose as an inexpensive, accurate, easy tool to identify species of basil is effective.

Keywords: Medical plant, Nondestructive test, Electronic nose, Principal component analysis