بینی الکترونیکی وسیله‌ای برای تشخیص تقلبی بودن مواد غذایی

علی اکبر حسین پور[1]، حسن عاقل[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

بینی الکترونیکی دستگاهی می‌باشد که شامل تعدادی سنسورهای الکتروشیمیایی می‌باشد که نسبت به ترکیبات فرار و بو دار حساس می‌باشد. هر کدام از مواد غذایی که بشر استفاده می‌کند دارای رایحه و بوی مخصوص به خود می‌باشد که می‌توان از آن به عنوان معیاری برای تشخیص تقلبی بودن مواد غذایی استفاده نمود. بینی انسان در افراد مختلف دارای حساسیت‌های متفاوت می‌باشد و همچنین حساسیت آن متأثر از وضعیت صحت و سلامتی فرد می‌باشد، برای فائق آمدن بر این شرایط و مشکلات می‌توان از بینی الکترونیکی به عنوان جایگزینی برای بینی انسان در تشخیص رایحه‌ها و بوهای متفاوت استفاده نمود. از سایر مزیت‌های بینی الکترونیکی نسبت به بینی انسان می‌توان به گزینش پذیری و حساسیت بالای آن، پتانسیل اطلاعاتی بالای سنسورها، مقایسه نمونه‌ها با یکدیگر و با استاندارد مرجعمی‌باشد. دستگاه همچنین دارای یک سیستم تشخیص الگو (به طور معمول شبکه عصبی) می‌باشد که به نوعی مغز دستگاه می‌باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده توسط محققان نشان داد که بینی الکترونیکی قادر به تمایز بین روغن زیتون، پنیر، آب پرتقال، عسل و چای مرغوب از نامرغوب می‌باشد. با توجه به نوظهور بودن این فن آوری و دقت بالا می‌توان از آن در سیستم‌های کنترل کیفی مواد غذایی استفاده نمود.

کلید واژه:بینی الکترونیکی، مواد غذایی تقلبی، سنسورهای الکتروشیمیایی

۱-دانشجویکارشناسی ارشد مکانیکماشینهایکشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۰۹۱۵۸۰۲۲۷۶۵، al.hosseinpour63@gmail.com

۲- استادیار گروه مکانیکماشین‌هایکشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۰۵۱۱۸۷۸۸۴۹۴، hhaghel@ferdowsi.um.ac.ir

مقدمه:

بینی‌های الکترونیکی ابزاری هستند که حس بویایی انسان را شبیه سازی می‌کنند، این ابزارها معمولاًآرایه‌هایی از سنسورها می‌باشند که برای آشکارسازی و تمایز دقیق بین رایحه‌ها در نمونه‌های پیچیده با صرف هزینه پایین به کار می‌رود(۱). این ویژگی‌ها و مزایا بینی الکترونیکی را به عنوان ابزاری مفید برای کاربردهای گوناگون در صنایع غذایی، صنایع آرایشی و بهداشتی و همچنین در کنترل محیط زیست یا تشخیص‌های بالینی تبدیل کرده است (۲).

چرا بینی الکترونیکی؟

پیچیدگی اغلب رایحه‌های غذایی، مشخص کردن آن‌ها را به وسیله تکنیک‌های آنالیز رایحه معمولی مانندگازکروماتوگرافی یا گازکروماتوگرافی بویایی سنجی فرآیندی هزینه بر می‌باشد. بنابراین نیاز به ابزاری مانند بینی الکترونیکی که دارای حساسیت بالا و ارتباط آن با داده‌های حاصل از پنل حسی بشر برای چندین کاربرد ویژه در کنترل مواد غذایی است.

بینی‌های الکترونیکی از آن جا که از لحاظ ساخت آسان و مقرون به صرفه می‌باشند و همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها در مدت زمان کوتاه، این ابزار را به عنوان یک تکنیک غیر مخرب برای توصیف رایحه‌های غذایی تبدیل کرده است(۳).

توضیحات و ساختار یک بینی الکترونیکی:

بینی الکترونیکی ماشینی است که برای شناسایی و تمایز بین بوهای پیچیده با استفاده از مجموعه‌ای از سنسورها طراحی شده است.یک بوی محرک یک اثر انگشت[1] مشخص از آرایه سنسورها تولید می‌کند. الگوها و یا اثر انگشت‌ها از بوهای شناخته شده برای ایجاد یک پایگاه داده و آموزش یک سیستم تشخیص الگو استفاده می‌شود که بوهای ناشناخته نیز متعاقباًمی‌توانند طبقه بندی و شناسایی شوند.

در یک معنای وسیع بینی الکترونیکی ابزاری است که از سه عنصر تشکیل شده است؛ سیستمی برای نمونه گیری از رایحه‌ها و بوها، یک سیستم برای تشخیص رایحه‌ها و یک سیستم پردازشگر داده برای تجزیه و تحلیل داده‌ها که هر کدام از سه عنصر بالا به طور مختصر در زیر شرح داده خواهد شد (٤).

الف) سیستم نمونه گیری از رایحه‌ها و بوها:

نمونه گیری یک گام مهم و مؤثر بر آنالیز توسط بینی الکترونیکی است که اغلب نادیده گرفته می‌شود، به هر حال کیفیت آنالیز می‌تواند به وسیله پیروی از یک روش نمونه گیری مناسب تا حد زیادی بهبود یابد. برای معرفی و ارائه ترکیبات فرار موجود در فضای بالای نمونه به سیستم تشخیص رایحه بینی الکترونیکی چندین روش وجود دارد که در زیر بیان خواهد شد.

۱) روش نمونه گیری ایستا که شامل قرار دادننمونه‌ای که قرار است رایحه آن نمونه گیری شود در داخل یک شیشه سر بسته و آب بندی شده می‌باشد و پس از آن یک تعادل بین فضای بالای سر و رایحه نمونه ایجاد می‌شود. از جمله پارامترهای مؤثر بر این نوع روش دمای نمونه، زمان تعادل، اندازه شیشه و تعداد نمونه می‌باشد که باید بهینه شوند. به دلیل تکرار پذیری ضعیف تزریق دستی فضای بالای سر نمونه پیشنهاد می‌شود که یک نمونه گیر اتوماتیک فضای بالای سر نمونه استفاده شود.

1- Smell print

۲)روش‌هایپاک‌سازی و تله و فضای بالای سر دینامیکی که در بعضی کاربردها برای افزایش حساسیت به کار گرفته شده است زیرا غلظت ترکیبات فرار را افزایش می‌دهند. در این سیستم‌ها ترکیبات فرار به وسیله یک جریان گاز خنثی(نیتروژن) پاک‌سازی شده و در داخل یک جاذب به تله می‌افتند.

۳) میکرو استخراج فاز جامد که یک روش کاربر پسند قبل از غلیظ سازی است. به طور کلی این روش شامل در معرض گذاشتن یک سیلیکا فیبر پوشیده شده با یک لایه نازکی از جاذب در فضای بالای سر نمونه به منظور به دام انداختن ترکیبات فرار در داخل فیبر می‌باشد. ترکیبات جذب شده به وسیله حرارت دفع می‌شوند و به سیستم تشخیص معرفی می‌شوند. جدا از خاصیت جاذبی فیبر پارامترهای اصلی زمان تعادل، دمای نمونه و طول دوره استخراج که باید بهینه شوند.

٤) میله متحرک جذب و دفع عصاره که یک میله مغناطیسی پوشیده شده با پلیمرها می‌باشد که برای نمونه گیری در فضای بالای سر نمونه نگه داشته می‌شود. ظرفیت بارگیری آن نسبت به روش میکرو استخراج فاز جامد خیلی بالاتر می‌باشد و وقتی که حساسیت بالایی مورد نیاز است می‌تواند یک تکنیک استخراج مفید باشد.

روش‌های دیگری نیز وجود دارند که بنا بر کاربرد و حساسیت مورد نیاز می‌توان از آن‌ها استفاده نمود.

ب) سیستم تشخیص بو و رایحه:

آرایه‌هایی از سنسورهای گازی به عنوان رایج‌ترین سیستم تشخیص می‌باشد هرچند تکنولوژی‌های جدیدی همانند طیف سنجی جرمی و طیف سنج جنبش یونی اخیراً در این زمینه وارد شده‌اند.

یک سنسور شیمیایی ابزاری است که توانایی تبدیل کمیت شیمیایی به سیگنال الکتریکی را دارا می‌باشد که مربوط به غلظت ذرات خاص مانند اتم، مولکول یا یون در گازها و مایعات می‌باشد. انواع سنسورهایی که می‌تواند در یک بینی الکترونیکی استفاده شود به طور مختصر در زیر شرح داده خواهدشد (۵).

۱) سنسورهای پیزوالکتریک که سنسورهای آکوستیک نیز نامیده می‌شوند؛ که بر اساس انتشار امواج صوتی که به وسیله مواد پیزوالکتریک (مثل کوارتز یا $LiNbO_3$) در یک ساختار چند لایه‌ای کار تشخیص را انجام می‌دهد.

۲) سنسورهای الکتروشیمیاییکه شاخص الکتریکی آن‌ها نظیر مقاومت، هدایت الکتریکی، جریان عبوری و اختلاف پتانسیل الکتریکی وابسته به عناصر شیمیایی موجود در محیط می‌باشد.

۳) نوری، مانند فیبرهای نوری و همچنین تکنیک‌های سنتی جذب، انعکاس، شب تابی (پدیده نورافشانی جسمی پس از قرار گرفتندر معرض تابش اشعه) و برانگیختگی پلاسمون.

٤) سنسورهای گرمایی یا کالری سنج، در جایی که گرمای یک واکنش شیمیایی شامل ماده مورد تجزیه با یک مبدل مانند یک ترمیستور نشان داده می‌شود.

ج) سیستم پردازشگر داده برای تجزیه و تحلیل داده‌ها:

همان‌طور که در قسمت‌های قبلی ذکر شد از تکنیک‌های تشخیص الگو برای پردازش داده‌های حاصل از هر سنسور استفاده می‌شود. از مزایای بالقوه این روش توانایی تشخیص ترکیب‌های پیچیده بدون نیاز به تشخیص و تعیین کمیت تک تک اجزای تشکیل دهنده آن‌هامی‌باشد.

تشخیص الگو یک بردار تصمیم می‌باشد که با استفاده یک سری از اندازه گیری‌هایانجام گرفته بر روی اجزاء و نمونه‌ها (الگو) و طبق الگو نمونه‌ها را طبقه بندی می‌کند.

روش‌های تشخیص الگو به دو روش نظارتی و غیر نظارتی تقسیم می‌شوند اگرچه ترکیبی از هر دو روش نیز می‌تواند استفاده شود. تکنیک‌های غیر نظارتی اغلب آنالیز اجزاء اصلی[1] می‌باشد در حالی که شبکه عصبی مصنوعی[2] از تکنیک‌های شناخته شده نظارتی می‌باشد. به طور خلاصه (PCA) یک تکنیک استخراج خطی می‌باشد که داده‌ها را طوری کاهش می‌دهد که هدر رفت اطلاعات حداقل و یا به عبارت دیگر حداکثر اطلاعات حفظ شود. از طرف دیگر ANN ها برنامه‌هایی کامپیوتری هستند که بر مبنای مدل ساده شده‌ای از مغز کار می‌کنند و عملکرد منطقی آن‌ها با استفاده از مجموعه‌ای از نرون ها همانند اعصاب مغز انجام می‌شود. شبکه‌های عصبی مصنوعی برنامه‌هایی چند هدفی می‌باشند که در صورت آموزش مناسب یک برنامه به تنهایی می‌تواند چندین مسئله را حل کند (۳).

کاربردهای بینی الکترونیکی در آنالیز مواد غذایی:

بینی‌های الکترونیکی در کنترل مواد غذایی در پنج قسمت می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرند:

الف) نظارت فرآیند

ب) تحقیق و رسیدگی زمان مجاز نگهداری ماده غذایی

پ) بررسی و ارزیابی طراوت و تازگی مواد غذایی

ج) برآورد (تخمین) صحت و اعتبار مواد غذایی

و دیگر بخش‌های کنترل کیفی مواد غذایی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. در این قسمت شرح و توضیحی بر قسمت برآورد صحت و اعتبار مواد غذایی (تعیین و تشخیص مواد تقلبی) و تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته است پرداخته می‌شود.

کراتو[3] و همکاراناز یک بینی الکترونیکی برای شناسایی و تشخیص تقلب در روغن زیتون استفاده کردند. سیستم مورد استفاده آن‌ها شامل ۱۲ سنسور نیمه هادی اکسید فلز بود که برای تولید الگو از ترکیبات فرار موجود در نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. روش نمونه گیری سیستم از نوع استاتیکی، سیستم تشخیص از نوع سنسورهای نیمه هادی اکسید فلز و سیستم پردازش داده شامل شبکه عصبی مصنوعی بود. نتایج عالی و مناسبی در تفکیک روغن زیتون تقلبی و غیر تقلبی توسط بینی الکترونیکی به دست آمد، حتی دستگاه قادر به تعیین نوع روغن تقلبی نیز بود. همچنین نتایج امیدوار کننده‌ای از مقدار درصد مواد تقلبی نیز به دست آمد (٦).

آمپرو[4] و همکاران نیز از بینی الکترونیکی بر پایه طیف سنجی جرمی برای صحت منشأ گیاهی که از آن عسل تولید شده است استفاده نمودند. روش نمونه گیری سیستم از نوع استاتیکی و میکرو استخراج فاز جامد بود، نوع سیستم تشخیص نیز از نوع طیف سنجی جرمی و سیستم پردازش داده شامل آنالیز اجزاء اصلی(PCA) بود. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که همبستگی خوبی بین این روش و روش کلاسیک تعیین منشأ گیاهی که از آن عسل تولید می‌شود وجود دارد (۷).

پیلونل[5] و همکارانش نیز نشان دادند که بینی الکترونیکی قادر به تمایز بین پنیر با منشأ جغرافیایی متفاوت می‌باشد. نوع سیستم نمونه گیری از نوع استاتیکی، سیستم تشخیص طیف سنج جرمی و الگوریتم پردازش داده مورد استفاده از نوع آنالیز

---

1 - Principal component analysis (PCA)
2 - Artificial neural network (ANN)
3 -Cerrato
4 -Ampuero
5- Pillonel

اجزاء اصلی(PCA) بود. نتایج حاصل از آزمایشات آن‌ها نشان داد که آنالیز اجزاء اصلی(PCA) ۹۰ و ۹۱ درصد طبقه بندی صحیح پنیر سوئیسی از دیگر انواع پنیر را توانست به خوبی انجام دهد (۸).

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از معدود تحقیقات انجام شده بر روی مواد غذایی نشان می‌دهد که بینی الکترونیکی توانایی و قدرت این را دارد که مواد تقلبی را از غیر تقلبی تشخیص و تمایز قائل شود؛ همچنین می‌تواند به عنوان ابزاری برای تعیین و تشخیص مواد تقلبیدر صنایع غذایی به کار گرفته شود. با بررسی منابعی که در بالا انجام گرفت مشاهده می‌شود که اکثر کارهای انجام شده توسط بینی الکترونیکی برای تشخیص و تعیین صحت مواد غذایی مربوط به سال‌های اخیر می‌باشد و این بیانگر اینست که تکنولوژی نو ظهوری می‌باشد و هنوز جای کار و تحقیقات زیادی وجود دارد. از آنجا که تا کنون هیچ تحقیق و آزمایشی با استفاده از بینی الکترونیکی در ایران انجام نگرفته است می‌تواند موضوع نو و جالبی برای تحقیق و بررسی باشد. در ضمن علاوه بر کاربرد بینی الکترونیکی در کنترل و فرآیندهای صنایع غذایی می‌تواند در صنایع دیگر نیز کاربرد داشته باشد.

منابع

1. Stetter, J.R. and W.R. Penrose, *Understanding chemical sensors and chemical sensor arrays (Electronic Noses): past, present, and future.* Sensors update, 2002. 10(1): p. 189-229.
2. Ampuero, S. and J.O. Bosset, *The electronic nose applied to dairy products: a review.* Sensors and Actuators B: Chemical, 2003. 94(1): p. 1-12.
3. Peris, M. and L. Escuder-Gilabert, *A 21st century technique for food control: Electronic noses.* Analytica Chimica Acta, 2009. 638(1): p. 1-15.
4. Pérès, C., et al., *Fast characterization of foodstuff by headspace mass spectrometry (HS-MS).* TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2003. 22(11): p. 858-866.
5. Schütze, A., *Book Review: Handbook of Machine Olfaction—Electronic Nose Technology. Editors TC Pearce, SS Schiffman, HT Nagle and JW Gardner.* ChemPhysChem, 2003. 4(11): p. 1265-1266.
6. Cerrato Oliveros, M.C., et al., *Electronic nose based on metal oxide semiconductor sensors as a fast alternative for the detection of adulteration of virgin olive oils.* Analytica Chimica Acta, 2002. 459(2): p. 219-228.
7. Ampuero, S., S. Bogdanov, and J.O. Bosset, *Classification of unifloral honeys with an MS-based electronic nose using different sampling modes: SHS, SPME and INDEX.* European Food Research and Technology, 2004. 218(2): p. 198-207.
8. Pillonel, L., et al., *Analytical methods for the determination of the geographic origin of Emmental cheese: volatile compounds by GC/MS-FID and electronic nose.* European Food Research and Technology, 2003. 216(2): p. 179-183.

Abstract

Electronic nose is a device that includes a number of electrochemical sensors is that to escape and odorous compounds are sensitive. Human food uses each with its own odor, and flavor is it that can be as a criterion to identify foods used to be fraudulent.The human nose is different people have different sensitivities, as well as its sensitivity affected a person's health status, and health is.Overcome these problems and conditions can be expected to replace electronic nose in the human nose detect different smells, and odors can be used.Other advantages of the electronic nose to the human nose can be a high sensitivity and selectivity, the potential for high information sensors. Samples were compared with each other and are the reference standard.The device also has a pattern recognition system (typically neural networks) is that somehow the brain is a machine. According to research conducted by the researchers showed that the electronic nose can distinguish between olive oil, cheese, orange juice, honey and tea quality is of poor quality. Considering the nature of this emerging technology and its accuracy can of foods quality control systems used.

Keywords:electronic nose, authenticity foods, electrochemical sensors