

معرفی و کاربرد بیوسنسور ها در صنایع غذایی

۱- غزاله نوذری

دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع غذایی دانشگاه زابل

۲- محمد امین میری

استادیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملی زابل

چکیده

در برهه امروزی تعیین آلودگی های شیمیایی و بیولوژیکی در غذاها، ابتلا به بیماریها و تشخیص زود هنگام آن به منظور به کارگیری اقدامات درمانی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در گذشته و در روش های سنتی این اقدامات نیازمند صرف هزینه و وقت بسیار زیادی بود اما اکنون با بکارگیری روش های جدید سرعت تشخیص بسیار بالا رفته است.

بیوسنسورها راهی برای تشخیص سریع پاتوژن های آلرژن ها و باقیمانده آفت کش ها در غذا فراهم می کنند تشخیص آلایندها و تایید محتوای محصولات، تازه بودن محصول و نظارت بر تبدیل مواد خام از حوزه های کاربرد بالقوه بیو سنسورها می باشد.

بیو سنسور به ابزاری گفته می شود که با کمک قطعه الکتریکی (مبدل) امکان شناسایی ترکیبات را به کمک پردازش سیگنال های ایجاد شده فراهم می کند. نتایج این مطالعات نشان داده که بیو سنسورها برای آنالیت های مهم مانند قندها الکل ها آمینو اسیدها طعم دهنده ها و شیرین کننده ها استفاده می شوند، البته در کنار آن معایبی از قبیل قیمت نسبتاً بالای بیومولکول ها و مواد واسطه، طولانی بودن زمان دوز اندازه گیری و افزایش تعداد سلول در سطح، نیز وجود دارد.

واژگان کلیدی

زیست حسگرها، سنسورهای زیستی، شناسایی پاتوژن، بیوسنسور گازی، مبدل

مقدمه

حسگرها یا بیوسنسور ابزاری است که خواص فیزیکی شیمیایی را اندازه گیری کرده و با ارسال سیگنال های شناساگر به شناسایی تشخیص ارزیابی انرژی یا مواد می پردازد (۱) امروزه پیشرفت علم نانو و استفاده از مواد نانودر ساخت حسگرها به افزایش کارایی و حساسیت آنها کمک کرده است (۲)، استفاده از حسگرها در تشخیص کیفیت و ایمنی راهی سریع کم هزینه و قابل اعتماد است در حالی که اغلب روش های استاندارد و معمول طولانی و هزینه بر بوده و از قابلیت اطمینان کمتری برخوردار هستند. (۳)

سنسورها از دو واحد اصلی گیرنده و مبدل تشکیل شده اند گیرنده اطلاعات فیزیکی یا شیمیایی و انرژی تبدیل شده و در مبدل اندازه گیری می شوند، مبدل قادر است انرژی حاصل اطلاعات نمونه را به سیگنال آنالیتیک مفید تبدیل کند. (۴)

در سیستم بسته بندی هوشمند حسگرهای گازی نقش مهمی در پایش کیفیت مواد غذایی ایفا می کنند (۵) این بیوسنسور الکترودهای آنزیمی بوده که برای تشخیص غلظت گلوکز به کار می رود. (Brain1996) همچنین گلوکز نیز به خاطر نقش آن در پروسه متابولیسم انسان اهمیت خاصی دارد که اندازه گیری سطح گلوکز در خون بیماران دیابتی ضروری به شمار می رود.

تعریف بیوسنسور

بیو سنسورها ابزارهای تحلیلی جهت تشخیص ثبت و ارسال اطلاعات مربوط به واکنش های بیوشیمیایی هستند، این ابزارهای هوشمند از دو جز اصلی تشکیل شده اند که شامل بخش پذیرنده برای شناسایی آنالیت مورد نظر و یک مبدل برای تبدیل سیگنال های بیوشیمیایی به پاسخ های الکتریکی می باشند، عناصر تشخیص یا عناصر شناسایی زیستی می توانند شامل مواد بیولوژیکی یا آلی از قبیل آنزیم، آنتی ژن میکروارگانیزم، هورمون یا نوکلئیک اسید باشند.

بخش پذیرنده بسته به پارامترهای مورد نظر اندازه گیری گیری می تواند فرم های مختلف از جمله پذیرنده های (الکتروشیمیایی، نوری، ویا آمپرومتری) باشند. (۶) (۷)

به طور کلی هر بیوسنسور شامل اجزای زیر می باشد :

گیرنده زیستی bioreceptor

مبدل transducer

تقویت کننده amplifier

پردازشگر processor

نمایشگر display

(۱۴)

آنالیت:

هر ماده‌ای که در یک فرایند شیمیایی مصرف یا تولید شود و قابل اندازه‌گیری با یک زیست حسگر باشد به آن آنالیت می‌گویند مواردی همانند اتانول، گلوتامیک اسید، لاکتیک اسید، فسفات پنی سیلین، آسپرین و بسیاری از آمینو اسیدها برای مثال اسیدهای آمینه بیوژن گفته می‌شوند. (۱۵)

گیرنده زیستی

مولکول‌های زنده‌ای که آنالیت را شناسایی کرده و با ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی پیام‌های بیولوژیکی را ارسال می‌کند اهمیت این اجزا در عملکرد بسیار اختصاصی آنها نسبت به سوپسترای خاص است که بدین وسیله از مداخله مواد مزاحم که موجب کاهش کارایی در بسیاری از روش‌های اندازه‌گیری است جلوگیری خواهد شد، در واقع عناصر بیولوژیکی عامل اصلی گزینش در زیستگرها محسوب می‌شوند، به این معنا که عناصر بیولوژیکی انتخابی عمل کرده و تنها به سوپسترای خاص متصل می‌شوند در حالی که با دیگر سوپستراهای واکنش نمی‌دهند در انتخاب بهترین گیرنده زیستی علاوه بر اختصاصی بودن بایستی درجه حساسیت و شرایط محیطی خاص فعالیت گیرنده زیستی در نظر گرفته شود.

امروزه کاربرد آنزیم به عنوان جز بیولوژیکی بیش از دیگر مواد متداول است بافت، سلول، آنزیم، آنتی بادی میکروب، هورمون گیرنده‌ها باکتری‌ها، و اجزای غشای سلولی از جمله عناصر بیولوژیکی هستند، همچنین از اسید نوکلئیک به عنوان جز بیولوژیک در تشخیص سرطان و عفونت‌های ویروسی استفاده می‌شود.

مبدل

مبدل، مهمترین بخش زیست حسگر به شمار می‌آید گیرنده‌های زیستی ممکن است به صورت فیزیکی یا شیمیایی روی مبدل تثبیت شده باشند، گیرنده‌های زیستی به گونه‌ای تثبیت می‌شوند که در تماس نزدیک با مبدل باشند تا مبدل بتواند عکس‌العمل گیرنده زیستی را به سیگنال‌های قابل اندازه‌گیری الکترونیکی یا دیجیتالی تبدیل کند زمان پاسخگویی کوتاه اختصاصی بودن نسبت به آنالید کوچک بودن اندازه از ویژگی‌های مبدل زیستگر است، مبدل‌ها دارای انواع مختلفی هستند که در این میان مبدل‌های الکتروشیمیایی نوری حرارتی و جرمی متداول‌ترین انواع آنها به شمار می‌آیند. (۱۶)

انواع سنسورها

سنسورها انواع گوناگونی دارند که از جمله آنها می‌توان به سنسورهای سنجش اکسیژن آمپرومتریک، سنسورهای سنجش دی اکسید کربن پتانسیومتریک، سنسورهای فیزو الکتریک (۱۱) اشاره کرد،

همچنین رایج‌ترین حسگرها بر اساس روش‌های الکتروشیمیایی عمل می‌کنند (۱۲) که این حسگرهای کربن دی اکسید اغلب در بررسی‌های زیست پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، هرچند امکان استفاده از آنها در بسته‌های غذایی نیز وجود دارد، در آخر می‌توان گفت که در میان حسگرها، حسگر اکسیژنی از رایج‌ترین آنها در صنایع غذایی به شمار می‌آید. (۱۳)

سنسورهای گازی:

ترکیب گاز، در فضای داخل بسته بر اساس فعالیت ماده غذایی، نوع بسته‌بندی، و شرایط محیطی تغییر می‌کند. سنسورهای گازی به شکل برچسب چاپ شده بر روی فیلم‌های بسته‌بندی می‌توانند این تغییرات و کیفیت سلامت فرآورده غذایی را کنترل نمایند.

رایج‌ترین سنسور در موارد استفاده در بسته‌بندی‌های هوشمند سنسور گازی به شمار می‌آید از طرفی اکسیژن می‌تواند باعث رنسیدتی اکسیداتیو، تغییر رنگ و فساد میکروبی گردد. همچنین انواع سنسورهای گازی جهت کنترل بخار آب، دی اکسید کربن، اتانول، سولفید هیدروژن و سایر گازها نیز طراحی شده است (۱۴)

بیوسنسور نوری:

توسعه حسگرهای زیستی حساس، ساده، کم هزینه و آسان برای استفاده، تقاضای زیست پزشکی است. حسگر زیستی نوری با نام Bio-Optrode نیز شناخته می‌شود. کلمه Optrode ترکیبی از نوری و الکترون است که به معنای دستگاه تحلیلی مبتنی بر فیبر نوری است که غلظت یک ماده شیمیایی خاص یا گروه خاص را اندازه‌گیری می‌کند. (۱۰)

از دیگر کاربردهای حسگرهای زیستی در صنایع غذایی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱_ نظارت در جریان تولید

۲_ اندازه‌گیری ترکیبات غذایی همچون

کربوهیدرات‌هایی نظیر لاکتوز و لاکتولوز موجود در شیر فروکتوز موجود در آب میوه ژله و یا شیرین کننده‌ها اسیدهای آمینه نظیر لیزین شیر و یا پاستا و آمین‌های بیوژن برای مثال هیستامین در ماهی و غذاهای دریایی الکل‌های نظیر اتانول و یا گلیسترون موجود در نوشیدنی‌های الکلی فنول‌ها نظیر کاتکول و پلی فنول‌های موجود در روغن زیتون چای و انگور کربوکسیلیک اسیدها نظیر اسید آسکوربیک اسید سیتریک و اسید فولیک موجود در آبمیوه‌ها

نیترا ت موجود در محصولات گوشتی اغزالا ت موجود در اسفناج فسفا ت موجود در آب آشامیدنی

تشخیص و اندازه گیری آلاینده ها مانند آفت کش ها آنتی بیو تیک ها سموم و فلزا ت سنگین

تشخیص سریع باکتری های پاتوژن غذایی نظیر سالمونلا تیفی موریوم، اشریشاکلی و لیستریا مونوسای توژنز (۱۷)

به طور خلاصه، بیوسنسورها دستگاه هایی هستند که برای تجزیه و تحلیل غلظت یک هدف خاص استفاده می شوند

و با کمک یک عنصر بیولوژیکی حساس. آنها می توانند شناسایی، ضبط و

انتقال اطلاعات تحلیلی انتخابی انجام دهند

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه اصول و پتانسیل های مربوط به استفاده از بیو سنترها صورت گرفته است

سیستم food sentinel نوعی بارکد بیو سنسور برای تشخیص پاتوژن ها در مواد غذایی می باشد در این سیستم

یک آنتی بادی مختص پاتوژن و بخش غشا مانند مانند بارکد متصل می شود حضور باکتری آلوده کننده باعث شکل

گرفتن یک بار تیره و در نهایت غیر قابل خوانده شدن بارکد می گردد .

Toxinguard نوع دیگری از بیو سنسورهای مورد استفاده در بسته بندی هوشمند است در این سیستم آنتی بادی ها

در فیلم های بسته بندی پلاستیکی به منظور شناسایی پاتوژن ها اضافه می شود. (۱۸)

ویژگی های متمایز کننده حسگرهای زیستی از جمله ،خطی بودن، حساسیت، گزینش پذیری، زمان پاسخ است که

باید در انتخاب حسگر مناسب در یک سیستم بسته بندی باید به موارد زیر توجه کرد:

محدوده فعالیت

وابستگی به دما

سرعت پاسخگویی

پایداری

سمیت

خصوصیات یک زیست حسگر خوب

۱_ یک زیست حسگر خوب بایستی گیرنده زیستی آن اختصاصی عمل کرده و در شرایط معمول نگهداری،

فعالیت و پایداری خود را حفظ کند.

۲_ واکنش آنالیت و گیرنده زیستی مستقل از پارامترهای فیزیکی باشد تا آزمایش تحلیل نمونه ها نیاز به

آماده سازی کمتری داشته باشد.

۳_ قابل حمل بوده و با هزینه پایین قابل تهیه باشد

۴_ نتایج دقیق و تکرارپذیر باشد. (۱۹)

محدودیت های یک زیست حسگر

با وجود کاربرد آسان حسگرهای زیستی محدودیت‌هایی در کارایی این اجزا وجود دارد از جمله این محدودیت‌ها عبارت است از اجزای زیستی موجود در ساختمان، زیست حسگرها بسیار حساس هستند که سبب ایجاد مشکلات طی فرایند استیلیزاسیون آنها می‌گردد حتی ممکن است در شرایط اسیدی و یا قلیایی شدید کارکرد خود را از دست بدهند

قابل ذکر است که هر حسگر زیستی دارای محدودیت در مدت زمان استفاده می‌باشد. از طرفی در بسیاری از موارد دامنه اندازه‌گیری آنالیت به وسیله حسگر زیستی، کوچک است. (۲۰)

آنزیم های شناسایی شده توسط حسگرهای زیستی مواد غذایی (۲۱)

آنزیم	ماده غذایی
گلوکز اکسیداز	گلوکز
فروکتوز ۵د هیدروژناز	فروکتوز
گالاکتوز اکسیداز-پیرکسیداز	لاکتوز
گلوکز اکسیداز موتاروتاز اینورتاز	ساکاروز
گلوتامات اکسیداز	گلوتامات
مالات د هیدروژناز	مالات
گلیسرول د هیدروژناز	گلیسرول
کلسترول اکسیداز	کلسترول
لیپوکسیژناز	اسیدهای چرب ضروری
الکل د هیدروژناز	اهانول
کولین اکسیداز	کولین

نتیجه گیری :

بیوسنسورها در حال رشد سریع هستند و در زمینه های مختلفی کاربردهای چندانی دارند از جمله این کاربردها می توانیم در صنعت کشاورزی، علوم محیطی و پزشکی اشاره کنیم، در صنعت غذا کنترل کیفیت یک حوزه اصلی است و نیاز به روش های سریع برای نظارت بر کیفیت غذا دارد. روش های مرسوم گران، وقت گیر و نیازمند نیروی کار فراوان هستند توسعه سنسورهای کارآمد نه تنها فرآیند را سرعت می بخشد، بلکه از نظر هزینه نیز مقرون به صرفه خواهد بود.

قدردانی:

از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر محمد امین میری که همواره در به پایان رساندن این مقاله مرا مورد لطف و محبت خود قرار داده اند، کمال تشکر رادارم.

منابع:

- { 1 } Huang, X., Zhu, Y., & Kianfar, E. (2021). Nano biosensors: properties, applications and electrochemical techniques. *Journal of Materials Research and Technology*, 12, 1649-1672.
- { 3 } Cuevas-Velazquez, C. L., Velloso, T., Guadalupe, K., Schmidt, H. B., Yu, F., Moses, D., ... & Dinneny, J. R. (2021). Intrinsically disordered protein biosensor tracks the physical-chemical effects of osmotic stress on cells. *Nature communications*, 12(1), 5438.
- { 4 } Yola, L., Nanditho, G. A., Kobayashi, K., & Manandhar, D. (2024). Integration of carbon dioxide sensor with GNSS receiver for dynamic air quality monitoring applications. *Sensors International*, 5, 100279.
- { 5 } Milone, A., Monteduro, A. G., Rizzato, S., Leo, A., Di Natale, C., Kim, S. S., & Maruccio, G. (2023). Advances in materials and technologies for gas sensing from environmental and food monitoring to breath analysis. *Advanced Sustainable Systems*, 7(2), 2200083.
- { 6 } Alipio, M., & Villena, M. L. (2023). Intelligent wearable devices and biosensors for monitoring cattle health conditions: A review and classification. *Smart Health*, 27, 100369.

- {7} Singh, S., Kumar, V., Dhanjal, D. S., Datta, S., Prasad, R., & Singh, J. (2020). Biological biosensors for monitoring and diagnosis. *Microbial biotechnology: basic research and applications*, 317-335.
- {8}. Han, Q., Wang, H., & Wang, J. (2024). Multi-Mode/Signal Biosensors: Electrochemical Integrated Sensing Techniques. *Advanced Functional Materials*, 2403122.
- {9}. Yuan, L., Gao, M., Xiang, H., Zhou, Z., Yu, D., & Yan, R. (2023). A biomass-based colorimetric sulfur dioxide gas sensor for smart packaging. *ACS nano*, 17(7), 6849-6856.
- {10}. Singh, A. K., Mittal, S., Das, M., Saharia, A., & Tiwari, M. (2023). Optical biosensors: A decade in review. *Alexandria Engineering Journal*, 67, 673-691.
- {11} Sehrawat, D., & Gill, N. S. (2019, April). Smart sensors: Analysis of different types of IoT sensors. In 2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI) (pp. 523-528). IEEE.
- {12}. Karimi-Maleh, H., Karimi, F., Alizadeh, M., & Sanati, A. L. (2020). Electrochemical sensors, a bright future in the fabrication of portable kits in analytical systems. *The Chemical Record*, 20(7), 682-692.
- {13 }. Muhammad, Y., Hawari, F. A., Sastiq, Q. Z., Rohman, A. D., Simamora, B., Saputra, A., ... & Rochman, N. T. (2024). Low-cost network-enabled dissolved oxygen sensor: Sensor linearity characteristic. *Materials Today: Proceedings*.
- {14}. Posner, C., Mehta, S., & Zhang, J. (2023). Fluorescent biosensor imaging meets deterministic mathematical modelling: quantitative investigation of signalling compartmentalization. *The Journal of Physiology*, 601(19), 4227-4241.
- {15}. Coulet, P. R. (2019). What is a Biosensor?. *Biosensor principles and applications*, 1-6.
- {16}. Chambers, J. P., Arulanandam, B. P., Matta, L. L., Weis, A., & Valdes, J. J. (2008). Biosensor recognition elements. *Current issues in molecular biology*, 10(1-2), 1-12.
- {17}. Terry, L. A., White, S. F., & Tigwell, L. J. (2005). The application of biosensors to fresh produce and the wider food industry. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(5), 1309-1316.

{18} Osmólska, E., Stoma, M., & Starek-Wójcicka, A. (2022). Application of Biosensors, Sensors, and Tags in Intelligent Packaging Used for Food Products—A Review. *Sensors*, 22(24), 9956.

{19}. Morales, M. A., & Halpern, J. M. (2018). Guide to selecting a biorecognition element for biosensors. *Bioconjugate chemistry*, 29(10), 3231-3239.

{20} Carpenter, A. C., Paulsen, I. T., & Williams, T. C. (2018). Blueprints for biosensors: design, limitations, and applications. *Genes*, 9(8), 375.

{21}

Arriaga-Lorenzo P, de Jesús

Maldonado-Simán E, Ramírez-Valverde R, Martínez-

Hernández PA, Tirado-González DN, Saavedra-Jiménez LA. Cold chain relevance in the food safety of perishable products. *Foods and Raw Materials*. 2023;11(1):116–128.

<https://doi.org/10.21603/2308-4057-2023-1-559>

Introduction and application of biosensors in food industry

1_ ghazalenozeni

Master's student of food industry at Zabul University

2_ mohammad amin miri

Assistant Professor, Department of Food Industry, Faculty of Agriculture, Zabul National University

Abstract

In today's time, it is very important to determine chemical and biological contamination in food, disease and its early diagnosis in order to apply therapeutic measures. In the past and in traditional methods, these measures required spending a lot of money and time, but now with the use of new methods, the speed of diagnosis has increased greatly.

Biosensors provide a way to quickly detect pathogens, allergens, and pesticide residues in food. Detection of additives and confirmation of product content, product freshness, and monitoring the transformation of raw materials are among the potential application areas of biosensors.

A biosensor is a tool that, with the help of an electrical component (transducer), enables the identification of compounds by processing the created signals. The results of these studies have shown that biosensors are used for important analytes such as sugars, alcohols, amino acids, flavors and sweeteners. of course, there are also disadvantages such as the relatively high price of biomolecules and intermediates, the long time of dose measurement and the increase in the number of cells on the surface.

Keywords

Biosensors, biosensors, pathogen identification, gas biosensor, converter