



تهیه و بررسی زی حسگرهای جدید قابل استفاده در مصارف آزمایشگاهی و پدافندی

محمدنبی سربلوکی - هدایت... قورچیان

آزمایشگاه شیمی فیزیک ماکرومولکولها و غشاها - مرکز تحقیقات بیوشیمی،
بیوفیزیک، دانشگاه تهران

چکیده

در این مقاله ضمن بررسی اجمالی انواع زی حسگرها، دو نوع از آنها که اخیراً در این آزمایشگاه ساخته و بررسی شده اند، تشریح می گردد؛ الف - الکترو د آنزیمی pH برای سنجش گلوکوز، که از طریق محبوس سازی محلول آنزیم گلوکوز اکسیداز در سطح الکترو د شیشه ای حساس به pH توسط غشایی از سلولوز استات ساخته می شود. با اندازه گیری تغییر pH که نشان دهنده مقدار گلوکونیک اسید حاصل از واکنش آنزیم بر گلوکوز موجود در نمونه است، غلظت این جسم در نمونه تعیین می شود. ب - دستگاه آشکار ساز سموم آلی فسفردار که در تشخیص آلاینده های محیط زیست و پدافند نظامی به کار می رود. این ابزار، با تثبیت آنزیم بوتیریل کولین استراز و قرار دادنش میان دو الکترو د پلاتینی و با بهره گیری از روش پتانسیل سنجی ساخته می شود. از طریق رصد کردن فعالیت این آنزیم به طور پیوسته، می توان حضور مقادیر کم از سموم آلی فسفردار (بازدارنده های آنزیم) را تشخیص داد.

مقدمه

گرچه از زمان ابداع زی حسگرها مدت زیادی نمی گذرد، به خاطر کارایی فوق العاده شان به عنوان یک ابزار تجزیه کیفی و کمی، در زمینه های متفاوتی چون شیمی بالینی، فنون زیستی، کنترل فرایندهای صنایع غذایی و کشاورزی، کنترل آلاینده های زیست محیطی، و پدافند نظامی کاربردهای گسترده ای پیدا کرده اند و الزاماً تحقیق و توسعه آنها نیز در سالهای اخیر از گسترش چشمگیری برخوردار بوده است.

به طور کلی منظور از زی حسگر وسیله ای است که از تلفیق مناسب دو عنصر یکی با فعالیت زیست شناختی مانند یک آنزیم و دیگری یک مبدل و مولد علامت که پاسخ ناشی از عنصر زیستی را به یک پیام الکتریکی مبدل می کند، به وجود آمده است. از زی حسگرها برای تشخیص و اندازه گیری گزینشی مواد شیمیایی

● بخشی از این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای قورچیان و بخشی دیگر از گزارش طرح شماره ۳۳۷۲ دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی استخراج شده است که بدین وسیله از حمایت مالی این دفتر سپاسگزاری می شود.

ویژه در یک نمونه مخلوط استفاده می کنند و کار آنها طوری است که معمولاً اندازه پیام الکتریکی حاصل با غلظت جسم مورد نظر متناسب است (۱). لذا کارایی یک زی حسگر مدیون دو عامل عمده است: نخست قدرت گزینندگی و کاتالیزوری عنصر شناساگر زیستی آن، دوم حساسیت و دقت عمل عنصر مبدل و مولد پیام مورد استفاده. معمولاً زی حسگرها برحسب نوع شناساگر زیستی و نوع مبدل شان، دسته بندی می شوند. شناساگر زیستی را می توان از آنزیم، پاره یاخته، یاخته کامل (۲) و یا میکروارگانیسمها (۳) انتخاب نمود که با استفاده از شیوه های متداول تثبیت می شوند. عمل تثبیت بدین منظور صورت می گیرد که با مقدار ناچیزی از آن بتوان به دفعات مکرر و به مدت طولانی آن را به کار برد، بدون اینکه از فعالیت یا قدرت عمل آن کاسته شود. به منظور تثبیت از روشهای متعددی از جمله محبوس کردن در یک ماتریس بی اثر، غشای نیم تراوا، جذب در اثر تبادل یون با یک ماتریس تبادلگر یونی، پیوند شیمیایی با سطح حسگر الکتروشیمیایی، و غیره بهره گیری می شود.

در مورد اخیر با وجود اینکه ممکن است هنگام پیوند آنزیم با سطح مورد نظر تغییرات ساختاری در آن به وجود آید و موجب کاستن فعالیت آنزیم گردد، اما این امتیاز را دارد که معمولاً عمر آنزیم طولانی تر می شود (۳، ۴، ۵).

مبدل مولد پیام الکتریکی، می تواند برحسب مورد، یکی از الکترودهای متداول در روشهای الکتروشیمیایی، و یا هر کدام از حسگرهای مورد استفاده در روشهای رساناسنجی، و یا گرماسنجی باشد. الکترودهای یون گزین و یا ترانزیستورهای با اثر میدان نیز در سالهای اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته اند (۳). انتخاب مبدل با توجه به چند نکته عمده صورت می گیرد: الف - طبیعت جسم شیمیایی مورد تشخیص، ب - شکل نهایی زی حسگر به ویژه در مورد میکروالکترودها، ج - گزینندگی، حساسیت، و سرعت اندازه گیری، د - اطمینان بخشی نتایج و پایداری مورد نظر (۶).

الکترودهای آنزیمی

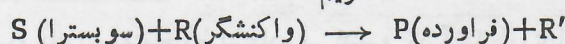
جدول ۱. الکترودهای آنزیمی (برگرفته از مرجع ۵).

ترکیب شیمیایی مورد تشخیص	آنزیم	حسگر
استیک اسید، فرمیک اسید	الکل اکسیداز	Pt
استیل کولین	استیل کولین استراز	Choline
استیل کولین - B - متیل کولین	استیل کولین استراز	Acetylcholine
آدنوزین مونوفسفات	۵ - آدنیلات دی آمیناز	NH ₄ ⁺
الکلهای	الکل دهیدروژناز	Pt
	الکل دهیدروژناز/دیافوراز	Pt
	الکل اکسیداز	Pt
D - آمینو اسیدها	D - آمینو اسید اکسیداز	NH ₄ ⁺
L - آمینو اسیدها	L - آمینو اسید اکسیداز	Gas (NH ₃)
		NH ₄ ⁺
		Pt
	دکر بوکسیلازها	CO ₂
L - آرژنین	آرژیناز	NH ₄ ⁺
L - آسپاراژین	آسپاراژیناز	NH ₄ ⁺
L - سیستئین	پروتئوس مورژانسی	H ₂ S
L - گلو تامین	گلو تامیناز	NH ₄ ⁺
L - گلو تامیک اسید	گلو تامات دهیدروژناز	NH ₄ ⁺
	گلو تامات دکر بوکسیلاز	CO ₂
	هیستیدین	NH ₄ ⁺
L - هیستیدین	لیزین دکر بوکسیلاز	CO ₂
L - لیزین	متیونین آمونیا لیاز	NH ₄ ⁺
L - متیونین	فنیل آلانین آمونیا لیاز	NH ₄ ⁺
L - فنیل آلانین	تیروزین دی کر بوکسیلاز	CO ₂
L - تیروزین	تیروزیناز	Gas (O ₂)
آمیگدالین	B - گلوکوزیداز	CN
بوتیریل تیو کولین	کولین استراز	Pt (SCh)
کلسترول	کلسترول استراز	Pt (H ₂ O ₂)
	کلسترول استراز	Pt (O ₂)
	کلسترول اکسیداز	Pt (O ₂)
کریاتینین	کریاتینیناز	NH ₄ ⁺
گلوکوز	کریاتینیناز (خالص)	NH ₄ ⁺
	گلوکوز اکسیداز	pH
		Pt (H ₂ O ₂)
		Pt (quinone)
		Pt (DCIP)
		Pt (O ₂)
		Gas (O ₂)
لاکتیک اسید	گلوکوز اکسیداز/پروکسیداز	Pt
	لاکتات دهیدروژناز	Pt [Fe (CN) ₆] ⁻
		C(NADH)
	سیتوکروم - b _p	Pt
لاکتوز	B - گالاکتوزیداز/گلوکوز اکسیداز	Gas (O ₂)
مالٹوز	مالٹوز/گلوکوز اکسیداز	Gas (O ₂)
NADH	الکل دهیدروژناز	Pt
	میتوکندری	Gas (O ₂)
نیترات	نیترات ردوکتاز/نیتريت ردوکتاز	NH ₄ ⁺
نیتريت	نیتريت ردوکتاز	Gas (NH ₃)
اکسالیك اسید	اکسالات دکر بوکسیلاز	Gas (CO ₂)
پنی سیلین	پنی سیلین آز	pH
پروکسید	کاتالاز	Pt (O ₂)
فسفات	فسفاتاز/گلوکوز اکسیداز	Pt (O ₂)
ساکاروز	اینورتاز/موتاروتاز/گلوکوز اکسیداز	Pt (O ₂)
سوکسینیک اسید	سوکسینات دهیدروژناز	Pt (H ₂ O ₂)
سوکروز	سوکروز/گلوکوز اکسیداز	Pt
سولفات	آریل سولفاتاز	CN ⁻
تیوسولفات	روداناز	NH ₄ ⁺
اوره	اوره آز	pH
		Gas (NH ₃)
		Gas (CO ₂)
اوریک اسید	اوریکاز	Pt (O ₂)

الکترودهای آنزیمی نوعی ویژه از زی حسگرهاست که عنصر زیستی آن یک آنزیم و مبدلش یک حسگر الکتروشیمیایی است. نخستین الکتروده از این نوع در سال ۱۹۶۲ توسط کلارک و لیونز^۱ ساخته شد (۷). آنها توانستند اکسیژن مصرفی در اکسایش گلوکوز تحت اثر آنزیم گلوکوز اکسیداز را به روش آمپرومتری و یا به وسیله الکتروده حساس به اکسیژن اندازه گیری نمایند. امروزه پس از حدود می سال، بیش از صد نوع الکتروده آنزیمی گزارش شده که بسیاری از آنها به صورت تجارنی عرضه می شوند و این توسعه سریع و وسیع مرهون کارایی و ویژگی این الکترودهاست.

همان طور که در شکل ۱ نمایش داده شده است الکتروده آنزیمی از نصب یک آنزیم ویژه تثبیت یافته روی قسمت حساس یک حسگر الکتروشیمیایی به وجود می آید. سوسترای مورد اندازه گیری به داخل لایه حاوی آنزیم نفوذ می کند و در آنجا در واکنش آنزیمی مشابه زیر شرکت می نماید:

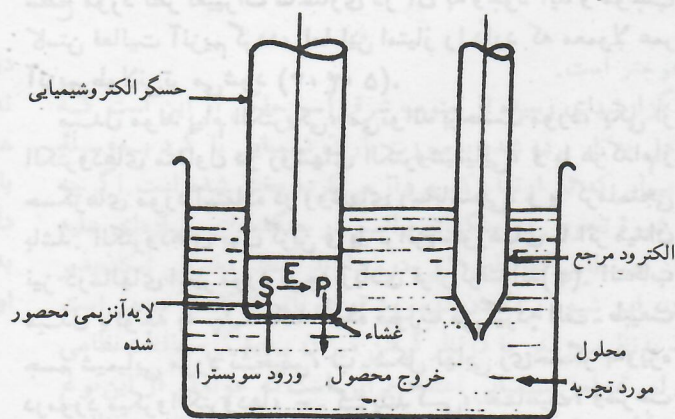
آنزیم



یکی از مواد اولیه شرکت کننده در واکنش (S یا R) و یا یکی از فراورده های آن (P یا R') می توانند مولد یک پیام الکتریکی در حسگر الکتروشیمیایی که قابل ثبت و اندازه گیری است، بشود (ترکیب الکتروفعال). معمولاً پاسخ دستگاه یک دوره کوتاه و گذرایی را طی می کند و سپس به یک مقدار ثابت می رسد. دلیلش این است که نخست سوستر از محیط بیرون به طرف آنزیم نفوذ می کند و به تدریج که ترکیب الکتروفعال غلظتش در محل فزونی می یابد سرعت خروج آن به بیرون نیز به تدریج افزایش می یابد و هنگامی که سرعتها به توازن رسیدند یک پاسخ الکتروشیمیایی پایا حاصل می شود (۴). طبعاً بین این پاسخ و غلظت جسم مورد سنجش رابطه ای مستقیم وجود دارد.

نمونه هایی از الکترودهای آنزیمی

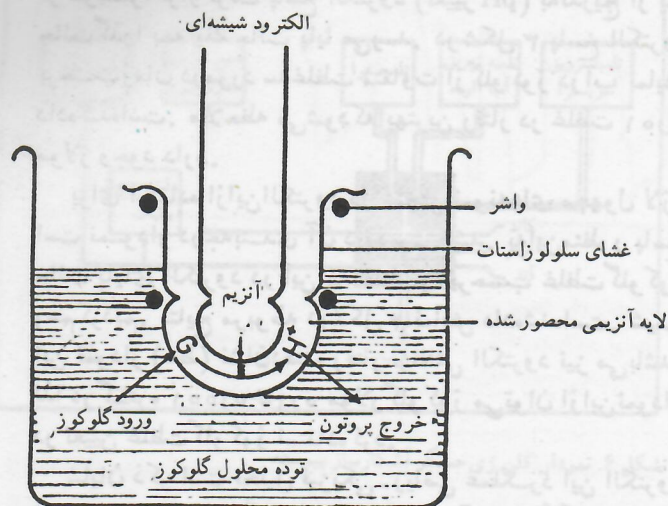
جدول ۱ نمونه هایی از الکترودهای آنزیمی را نشان می دهد که برای سنجش مایعات زیست شناختی و یا تشخیصهای طبی ساخته شده اند. علاوه بر اینها الکترودهای دیگری هم مخصوص اندازه گیری



شکل ۱. نمودار یک زی حسگر الکتروشیمیایی

1. Clark-Lyons

آلاینده‌های زیست‌محیطی، خطوط تولید صنایع غذایی، دارویی، کشاورزی و یا آگاه‌سازهای گازهای شیمیایی جنگی ساخته شده و به کار می‌روند. در این نوشتار تنها دو نمونه از الکترودهای آنزیمی که اخیراً در این آزمایشگاه تهیه و مورد مطالعه قرار گرفته‌اند تشریح می‌شوند: الف - الکتروده آنزیمی pH ویژه سنجش گلوکوز، ب - زی‌حسگر سموم آلی فسفردار.



شکل ۲. نمودار الکتروده آنزیمی گلوکوز

قرار می‌دهیم و با افزودن یک قطره بافر سدیم فسفات ۰۰۱ مولار محلول در سدیم سولفات ۰۱ مولار آن را حل می‌کنیم. پس از آن غشای حاوی آنزیم را در سطح الکتروده شیشه‌ای حساس به pH قرارداده توسط یک واشر لاستیکی به بدنه الکتروده محکم نصب می‌کنیم (شکل ۲). هرچه فاصله غشا و سطح الکتروده تنگتر باشد، حساسیت و سرعت عمل الکتروده آنزیمی بهتر خواهد بود.

شیوه انتخاب خصوصیات غشای مورد نیاز و روش تهیه آن

چنانچه اشاره شد یکی از اهداف ما جایگزین کردن غشای دیالیز با غشای سلولوز استات بود که به راحتی قابل طراحی و تهیه است. غشای مورد استفاده می‌باید با آب سازگار بوده و علاوه بر آن نسبت به آنزیم ناتراوا و نسبت به سوبسترا (گلوکوز) به راحتی تراوا باشد. به عبارتی شعاع روزه‌های آن می‌باید بسیار بزرگتر از مولکول گلوکوز ولی کوچکتر از شعاع مولکولی آنزیم باشد. با توجه به اطلاعات موجود در مورد جرم مولکولی گلوکوز، گلوکوز اکسیداز و نیز ضرایب نفوذ آنها در محلولهای آبی، شعاع مولکولی این دو ماده را توسط رابطه معروف استوکس - اینشتین یعنی

$$D = \frac{RT}{6\pi\eta a}$$

به ترتیب برابر ۰۰۴ و ۰۰۴ نانومتر تخمین زدیم.

سپس بر اساس روشی که توسط سربلوکی و میلر (۱۰) برای تهیه غشاهای یکنواخت سلولوز استات با اندازه روزه‌های مشخص ابداع شده، مخلوطی از سلولوز استات - استون - فرمامید به نسبت‌های وزنی ۱۰-۹۱-۹ را تهیه و به وسیله ماله مخصوص به صورت لایه‌ای نازک بر سطح یک شیشه تخت پخش نمودیم. پس از تبخیر کامل استون (کمتر از یک ساعت) مجموعه را زیر آب فرو برده فیلمی یکنواخت با شعاع منافذی در حدود ۴ nm به دست آوردیم.

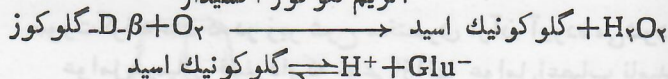
استفاده از الکتروده حاصل در سنجش گلوکوز

همان‌طور که قبلاً اشاره شد پس از آنکه الکتروده آنزیمی در محلولی

الف - الکتروده آنزیمی pH ویژه سنجش گلوکوز

الکتروده شیشه‌ای pH یکی از معمولی‌ترین الکترودهای یون گزینی است که از حساسیت و گزینندگی زیادی برخوردار است و در گستره وسیعی از غلظت پروتون (10^{-14} تا 10^{-1} مولار) دارای پاسخ نرنستی است. افزون بر این چون این الکتروده تقریباً در هر آزمایشگاه شیمی در دسترس می‌باشد، می‌تواند به عنوان یکی از ساده‌ترین حسگرها در ساخت الکترودهای آنزیمی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. طبعاً الکتروده pH برای شناسایی ترکیباتی به کار می‌آید که واکنش آنزیمی آنها با تغییر قابل ملاحظه‌ای در pH همراه باشد (یکی از گونه‌های مصرفی یا تولیدی آن یون پروتون باشد). به عنوان نمونه با توجه به واکنش زیر می‌توان از الکتروده شیشه‌ای pH برای سنجش گلوکوز استفاده کرد.

آنزیم گلوکوز اکسیداز



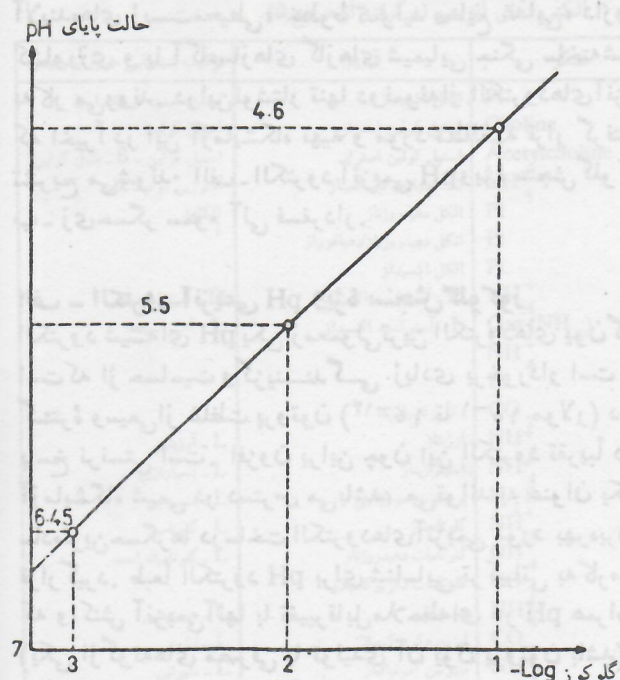
چنین الکترودی برای نخستین بار توسط نیلسون و همکارانش در سال ۱۹۷۳ ابداع شد (۸). این پژوهشگران با قراردادن لایه‌ای نازک از محلول آنزیم فوق بین یک غشای سلوفان و سطح الکتروده شیشه‌ای pH توانستند الکتروده آنزیمی سنجشگر گلوکوز بسازند. در این آزمایشگاه اخیراً توانسته‌ایم با جانشین کردن غشای سلولوز استات به جای غشای ذکر شده، تهیه این الکتروده را آسانتر نموده امکان بهره‌برداری از آن را توسعه دهیم (۹).

روش تهیه الکتروده آنزیمی pH

اصولاً ساخت یک الکتروده آنزیمی طی چهار مرحله صورت می‌گیرد: الف - گزینش آنزیمی که حساسیت فوق‌العاده نسبت به جسم مورد سنجش دارد، ب - استخراج و تخلیص آنزیم گزینش شده، ج - تثبیت آنزیم، د - نصب آنزیم بر روی قسمت حساس یک حسگر الکتروشیمیایی.

شکل ۲ مقطع ساده یک چنین الکترودی را نشان می‌دهد. در مورد ساخت الکتروده آنزیمی pH ویژه گلوکوز به طور خلاصه روش کار بدین ترتیب است:

نخست الکتروده شیشه‌ای pH مناسب، الکتروده کالومل مرجع و یک دستگاه pH سنج (یا اصولاً هر پتانسیل سنج) را که از سلامت و صحت کارشان اطمینان داریم تهیه می‌کنیم. الکتروده شیشه‌ای به طور قائم در گیره مخصوص خود نگه می‌داریم و سپس قطعه‌ای از غشای دیالیز یا سلولوز استات با شعاع منافذ مناسب به ابعاد 4×4 سانتی‌متر را گرفته چند بلور ریز آنزیم گلوکوز اکسیداز (قابل تهیه از شرکت Sigma آمریکا) به وزن حدود ۱۰ میلی‌گرم را (که حداقل ۱۰ واحد آنزیمی فعالیت داشته باشد) در وسط آن



شکل ۴. تأیید نرنستی بودن پاسخ الکترود

صورت گرفته است که در زیر شرح مختصری از آن آورده می شود. عوامل شیمیایی فسفردار که نوعی از آنها عوامل اعصاب نامیده می شود موجب بازداری فعالیت آنزیم استیل کولین استراز (یکی از آنزیمهای مؤثر در انتقال پیامهای عصبی) و در نتیجه اختلال یا متوقف شدن انتقال پیامهای عصبی در بدن و نهایتاً سبب فلج شدن دستگاه عصبی و مرگ سریع انسان می شوند. پژوهشگران توانسته اند با توسل به خصلت بازدارندگی این گونه عوامل شیمیایی، دستگاههای آگاه ساز مخصوص این سموم را بسازند که شرح مختصر نوعی از آنها به قرار زیر است.

طرح دستگاه و روش کار

ابتدا آنزیم کولین استراز (قابل تهیه از شرکت Sigma - آمریکا) را طبق آنچه بعداً شرح داده می شود روی سطوح یک ماتریس بی اثر تثبیت می کنیم، سپس لایه آنزیمی حاصل را بین دو صفحه پلاتینی شده و مشبك (کاتد و آنود) قرار می دهیم (شکل ۵).

مجموعه دو الکترود و لایه آنزیمی بین آنها، در قاب مخصوصی قرار می گیرد و بدین ترتیب یک سلول الکتروشیمیایی را تشکیل می دهد و در یک مسدود پتانسیل سنجی مطابق شکل (۶) قرار می گیرد.

شیوه کار این ابزار بدین ترتیب است: سوبسترای مورد استفاده (بوتیریل تیو کولین یدید که یک ترکیب الکتروفرعال است) در اثر اعمال یک جریان برق ثابت (در حدود ۲ میکروآمپر) در سطح آن اکسید می شود و در غیاب آنزیم در چنین شرایطی دستگاه ولتاژی حدود ۵۰۰ میلی ولت را نشان می دهد. در حالی که اگر همین عمل در حضور آنزیم انجام شود ترکیب الکتروفرعال دیگری ایجاد می شود و در همان شرایط اختلاف پتانسیلی در حدود ۳۰۰ میلی ولت حاصل می شود.

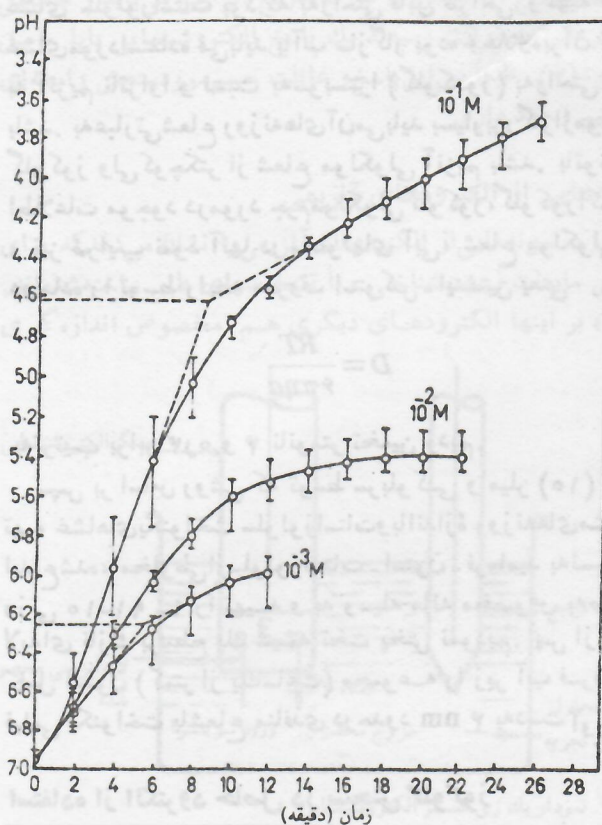
از سوبسترا قرار گرفت پاسخ الکترود (تغییر pH) به تدریج از یک حالت گذرا به یک حالت پایا می رسد. در شکل ۳ پاسخ الکترود بر حسب زمان در مورد سه غلظت متفاوت از گلوکز در آب نمایش داده شده است. ملاحظه می شود که بهترین رفتار در غلظت ۱۰۰ ره مولار وجود دارد.

برای استفاده از این الکترود در سنجش نمونه های مجهول لازم است نمودار درجه بندی آن در دست باشد. به این منظور پاسخ حالت پایای الکترود در این سه غلظت را بر حسب غلظت گلوکز رسم کردیم. نتایج مربوطه در شکل ۴ نمایش داده شده است. شیب این نمودار (خط) نشان دهنده رفتار نرنستی الکترود نیز می باشد. لذا در گستره ۱۰۰ ره تا ۱۰ ره مولار گلوکز می توان از این نمودار در تعیین غلظت گلوکز استفاده کرد.

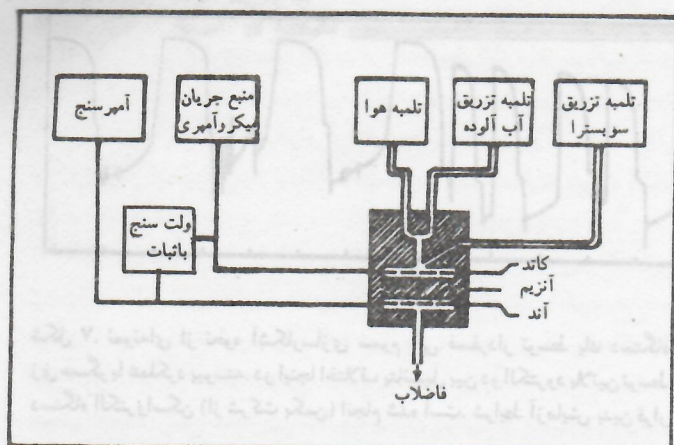
شایان ذکر است تحلیل فیزیکی - ریاضی عملکرد این الکترود نیز مورد بررسی قرار گرفته و نتایج اولیه آن اخیراً گزارش شده است (۱۱). در حال حاضر این مطالعه ادامه دارد و به زودی نتایج به دست آمده منتشر خواهد شد.

ب- زی حسگر سموم آلی فسفردار

در تشخیص سموم آلی فسفردار مورد مصرف در کشاورزی و همچنین گازهای شیمیایی جنگی روشها و ابزارهای متنوعی ابداع شده و به کار می رود که یکی از مهمترین آنها زی حسگرهای نیم خودکار و یا تمام خودکار می باشد و به کمک آنها توانسته اند آگاه سازهای هشدار دهنده ای برای مقابله با این گازها و سموم ساخته و عرضه نمایند (۱۲). بالهام از این گزارشها در این آزمایشگاه اقداماتی



شکل ۳. پاسخ الکترود بر حسب زمان در سه غلظت از گلوکز



شکل ۶. نمودار کلی زی حسگر آشکارساز پیوسته

روش تثبیت آنزیم

خلاصه کار به شرح زیر است: ۲ گرم نشاسته سیب زمینی آبکافت شده (نوعی که معمولاً در الکتروفورز به کار می رود) را در ۱۰ mL محلول بافر تریس (Tris) ۰.۰۱ مولار به حال تعلیق درمی آوریم و سپس ۳۰ mL از همان بافر در حال جوش را بدان افزوده در حال به هم زدن حرارت می دهیم تا محلولی زلال به دست آید. سپس در حالی که محلول با همزن مغناطیسی به هم زده می شود به تدریج سرد می کنیم تا دمای آن به ۴۵°C برسد. در این حال حدود ۳۰ mg آنزیم کولین استراز در ۱۰ mL از محلول بافر تریس را به آن افزوده، مخلوط می نماییم. ۱۰ mL از این محلول را به کمک پیپت بر روی یک قطعه اسفنج نرم پلی اورتان به ابعاد ۵ × ۱۵ × ۲۰ cm که در هر سانتی متر حدود ۲۰ روزنه دارد، می ریزیم و آن را روی یک صفحه شیشه ای گرم قرار می دهیم. بدین ترتیب آنزیم در ژل نشاسته بر روی سطوح خلل و فرج اسفنج تثبیت می شود.

نتایج

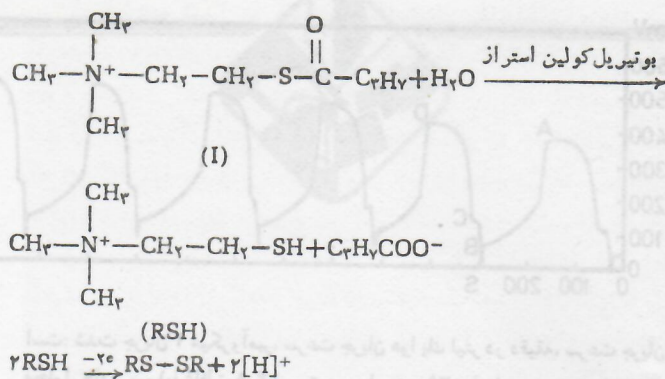
پس از بهینه کردن شرایط کار دستگاهی که موفق به ساختن آن شدیم (یعنی شدت جریان ثابت ۱۰۹ میکروآمپر و عبور محلول حاوی سوپسترا با سرعت یک میلی لیتر در دقیقه) در سه حالت زیر میزان ولتاژ مربوطه اندازه گیری شد:

الف- در مورد اسفنج عاری از آنزیم (یا وقتی که آنزیم واقع بر آن فعالیتش را کاملاً از دست داده است)، میانگین ولتاژ (در بیش از ۱۰ اندازه گیری) حدود ۵۵۰ میلی ولت به دست آمد.

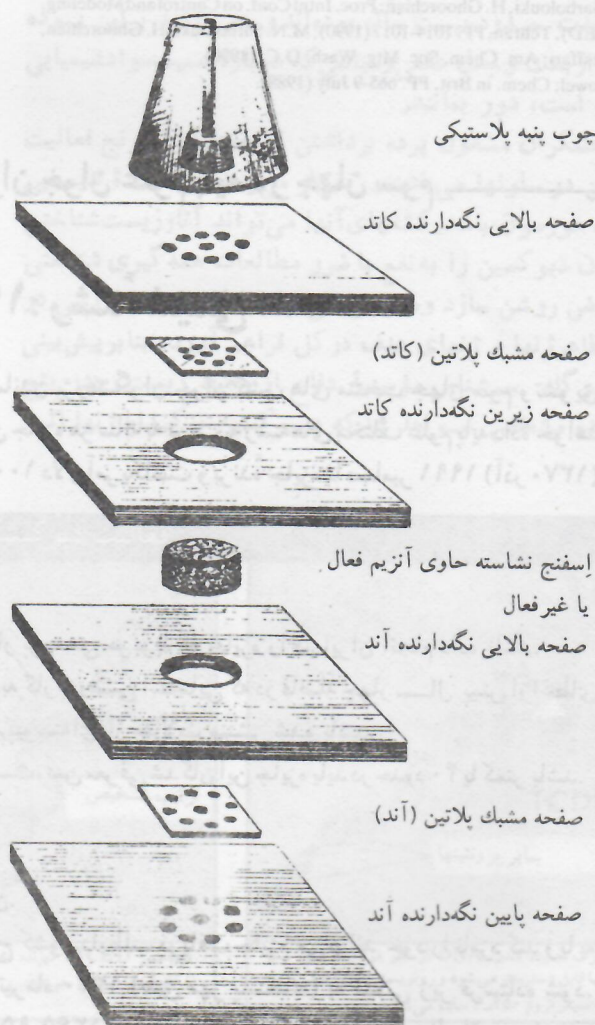
ب- در مورد اسفنج حاوی آنزیم که به طور ناپیوسته در معرض سوپسترا قرار گرفته باشد، میانگین ولتاژ حاصل ۲۷۰ میلی ولت مشاهده شد.

ج- در مورد اسفنج حاوی آنزیم که به طور ناپیوسته در معرض سوپسترا و سم آلی فسفردار (مانند دورسبان) قرار گرفته، میانگین ولتاژ در آزمایشهای پیاپی حدود ۵۴ تا ۵۵ میلی ولت اندازه گیری شد.

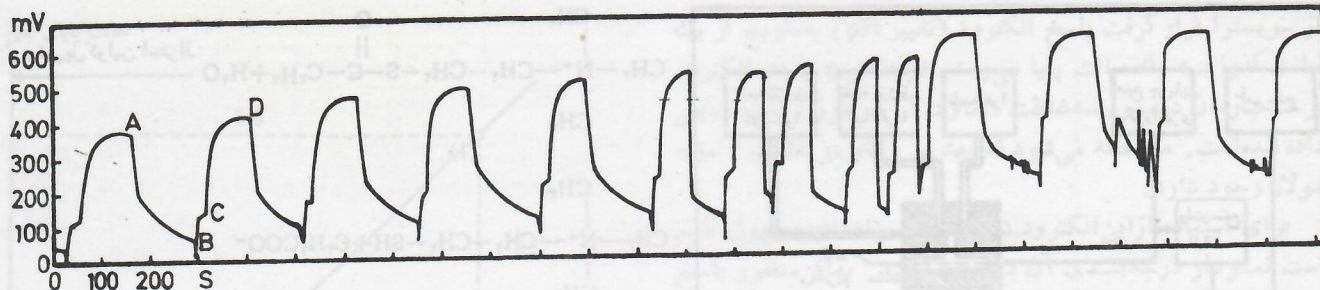
شکل ۷ نیز یک نمونه از نتایج کار دستگاه با عملکرد پیوسته را نشان می دهد. در امتداد AB محلول سم دورسبان تزریق و در



بنابراین در غیاب بازدارنده چنانچه محلولی از ترکیب فوق از سلول الکتروشیمیایی بگذرد همواره پتانسیل ثابتی در حدود ۲۵۰ میلی ولت مشاهده خواهد شد و در صورتی که محلول حاوی بازدارنده آنزیم باشد، به علت از دست رفتن فعالیت آنزیم ترکیب (I) به RSH تبدیل نمی شود و پتانسیل به مقداری حدود ۵۰۰ میلی ولت افزایش پیدا خواهد کرد. به هر حال میزان افزایش پتانسیل مرتبط با میزان کاهش فعالیت آنزیم یا به عبارتی غلظت جسم بازدارنده خواهد بود.



شکل ۵. اجزای سازنده سلول زی الکتروشیمیایی



است: شدت جریان ۲ میکروآمپر، سرعت جریان هوا یک لیتر در دقیقه، سرعت جریان محلول حاوی سم (با غلظت ۴ر۸ قسمت در میلیون، ۳۵۰ میلی لیتر در دقیقه، اختلاف فشار بین دو سطح الکترود در حدود ۱۵ تا ۲۰ میلی متر آب بوده است.

شکل ۷. نمونه‌ای از نحوه آشکارسازی سموم آلی. فسفردار توسط یک دستگاه زی حسگر با عملکرد بیوسته. در اینجا اختلاف پتانسیل بین دو الکترود پلاتین توسط دستگاه الکترواسکن (از شرکت بکمن) انجام شده است. شرایط آزمایش بدین قرار

2. M.A. Nabi-Rahni; Iran. J. Chem. & Chem Eng. 13, 59-91 (1990).
3. A.E.G. Cass; "Biosensors, a Practical Approach"; PRL Press (1990).
4. G.F. Bickerstaff, "Enzymes in Industry and Medicine"; Edward Arnold; (1987).
5. G.G. Guilbault; Enzyme Microb. Techol. vd. 2 p 258-64 (1980).
6. G.G. Guilbault, and J.M. Kauffmann; Biotech. Appl. Biochem 9, 95-113 (1987).
7. L.C. Clark, and C. Lyons; Ann. N.Y. Acad. Sci. 102, 29 (1962).
8. H. Nilsson; A. Ackerlund, and K. Mosbach; Biochim. Biophys. Acta, 320, 529 (1973).
9. H. Ghoorchian, M. Sc. Thesis; Mazandaran University, Babolsar; (1989).
10. M.N. Sarbolouki; I.F. Miller; Desalination, 12, 343-359 (1973).
11. M.N. Sarbolouki, H. Ghoorchian; Proc. Intl Conf. on Control and Modeling, (IASTED), Tehran, PP. 1014-1017 (1990); M.N. Sarbolouki; H. Ghoorchian, S. Mozaffari; Am. Chem. Soc. Mtg. Wash. D.C. (1990).
12. R.J. Powel; Chem. in Brit. PP. 665-9 July (1988).

فاصله BC محلول سوبسترا همراه با هوا تزریق شده است و در فاصله CD جریان برق نیز اعمال شده است. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که از لحظه آغاز تزریق محلول حاوی سم تا بازداري کامل فعالیت آنزیم پتانسیل دستگاه ۲۵۰ میلی ولت افزایش می‌یابد. بدین طریق دستگاه مزبور قادر است تا غلظت ۸-۱۰ گرم در لیتر از سم دورسبان از خود حساسیت نشان دهد.

مراجع

1. M. Akhtar; C.R. Lowe, and I.J. Higgins; "Biosensors" University Press, Cambridge, (1987).

جایزه عبدالسلام برای پژوهشگران جوان علوم پایه در جهان سوم

جایزه سال ۱۹۹۱: رشته شیمی

محمد عبدالسلام برنده جایزه نوبل فیزیک ۱۹۷۹ به منظور شناساندن پژوهشگران جوان کشورهای منتخب جهان سوم و تشویق فعالیت‌های علمی در این کشورها جایزه‌ای اختصاص داده است. این جایزه هر ساله به نوبت به رشته‌های مختلف علوم پایه داده خواهد شد. جایزه سال ۱۹۹۱ به رشته شیمی تعلق می‌گیرد. مبلغ جایزه ۱۰۰۰ دلار آمریکاست و برنده جایزه تا دسامبر ۱۹۹۱ (آذر ۱۳۷۰) اعلام خواهد شد.

ضوابط گزینش

- ۱- برنده جایزه باید تبعه و مقیم ایران باشد و بخش عمده کار پژوهشی مربوط به جایزه را در ایران انجام داده باشد.
- ۲- جایزه یا به مجموعه کارهای یک نفر تعلق خواهد گرفت و یا به کار پژوهشی استثنایی که در فاصله چهار سال پیش از اعطای جایزه انجام شده باشد. این کار پژوهشی می‌تواند مجموعه به هم پیوسته‌ای از مقالات منتشر شده باشد.
- ۳- چون منظور از اهدای این جایزه تشویق پژوهشگران جوان است، سن معرفی شدگان این جایزه باید در حدود ۴۰ یا کمتر باشد.

مدارک لازم جهت ارزیابی:

- الف: بیوگرافی علمی و شرح کارهای پژوهشی معرفی شدگان.
- ب: معرفی نامه علمی از دو شیمیدان شناخته شده داخل یا خارج کشور، داوطلب دریافت جایزه می‌تواند خود را نامزد کند و یا به وسیله اشخاص دیگری نامزد شود. کلیه مدارک باید قبل از اول تیرماه ۱۳۷۰ (طبق مهر پستخانه) به نشانی زیر فرستاده شود. تهران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده شیمی، صندوق پستی ۹۵۱۶-۱۱۳۶۵، کمیته معرفی نامزدان «جایزه عبدالسلام» در شیمی.