

BİYOSENSÖRLER

DOÇ. DR. IŞIK DİDEM KARAGÖZ

Sizlerin řu anda bir yandan gözleriniz yazıya bakıp
her an sinyalleri beyne gönderiyor;

diğer yandan kulağınız hocanızın anlattıklarının
sinyallerini göndermekle meşgul;

defterinizin sayfalarını hissedен parmaklarınız
sinirlere uyarılar veriyorlar;

burnunuz yanınızdaki arkadaşınızın parfümünü
koklamak ve yine uyarıları beyne göndermekle
meşgul;

öteki yandan antikorlarınız yabancı madde avında
ve buldukları anda gereken bilgileri beyne
gönderip savunma mekanizmasını harekete
geçirmeye çalışıyorlar.

Canlılar teknologların hayal bile edemeyeceği duyarlılık özelliğine sahiptirler.

- Örneğin bazı köpeklerin koku almaları insanlardan **100.000 kat** daha hassastır.
- Yılan balıkları tonlarca su içerisine ilave edilen **birkaç damla yabancı maddeyi** derhal farkederek.
- Kelebekler **partnerlerinin yaydığı birkaç molekülü** bile algılar.
- Algiler ise **zehirli maddelere** karşı çok duyarlıdırlar.

- Canlıların bu uyarıları algılamayı mümkün kılan biyolojik maddelerin analiz sistemleri ile birleştirilmesi **biyosensörleri** meydana getirmiştir.

- Canlı yaşamın önemli unsurlarından olan **görme, işitme, koklama, tad alma, dokunma** gibi algılama mekanizmaları doğal ve en mükemmel biyosensörük sistemler olarak düşünüldükleri için biyosensör çalışmalarına güzel örnek olurlar.
- Biyosensörlerin yapılmasında genellikle canlı organizmaların bu mükemmel mekanizmaları örnek alınır.

Örneğin; bir biyosensörün yabancı bir maddeyi ortamı tarayarak bulması gözün çalışma prensibi ile, maddeyi tutunması hücre zarındaki reseptörlerin gelen proteine tutunma mekanizmasıyla ilişkilendirilebilir.

- Biyosensör çalışmalarında yaşanan **zorluklar ve eksiklikler** bize küçücük hücrelerden büyük organizmalara kadar **canlıların muhteşem biyosensörler** olarak yaratıldıklarını ve insanoğlunun teknoloji adına yaptığı herşeyin bu muhteşem mekanizmaları **taklide** çalışmaktan başka bir şey olmadığını gösteriyor.

PEKİ NEDİR BU BİYOSENSÖRLER?

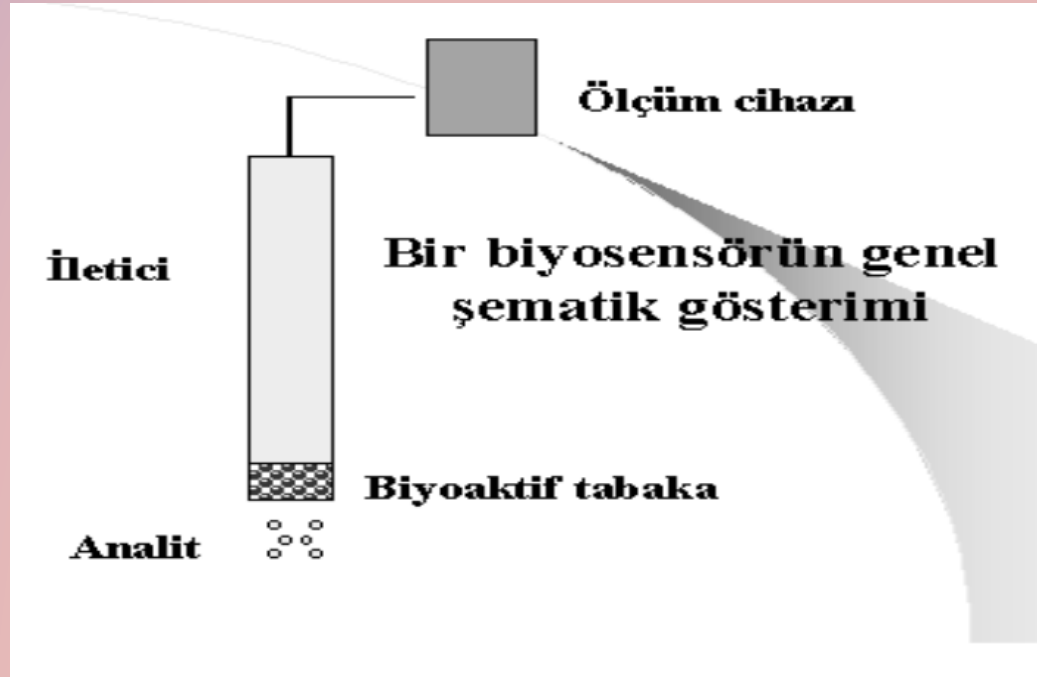
- Genel anlamda biyosensörler, biyoloji, fizik, kimya, biyokimya, mühendislik gibi **pek çok bilim alanının bilgi birikiminden** multidisipliner bir anlayış çerçevesinde faydalanılarak ve biyolojik moleküllerin veya sistemlerin seçicilik özellikleri ile modern elektronik tekniklerin işlem yeteneğinin **birleştirilmesiyle geliştirilen biyoanalitik cihazlar** olarak biliniler.

- Biyosensörler; **sıklıkla biyolojik analizler için kullanılan bir çeşit özel sensördür** ve "International Union of Pure and Applied Chemistry" (IUPAC) tarafından,

"kimyasal bir bileşiğe karşı verilen biyolojik yanıtı optik, termal ya da elektriksel sinyallere dönüştüren cihazlar"

olarak tanımlanmaktadır.

**Yani kısaca;
bir ürünü analiz ediyoruz ve sinyal
olarak yanıt alıyoruz.**



BİYOSENSÖRLERE NEDEN İHTİYAÇ DUYUYORUZ, NERELEERDE KULLANIYORUZ?

Biyosensörlerin Başlıca Kullanım Alanları

- Klinik diyagnostik, biyomedikal sektör
- Proses kontrolü:
 - Biyoreaktor kontrol
 - Gıda üretim ve analizi
- Tarla tarımı, bağ-bahçe tarımı ve veterinerlik
- Bakteriyel ve viral diyagnostik
- Endüstriyel atık su kontrolü
- Çevre koruma ve kirlilik kontrolü
- Maden ve işletmelerinde toksik gaz analizleri
- Askeri uygulamalar

Biyosensörler birçok alanda kullanılmaktadır

- **Tıp:**

Metabolitlerin ölçülmesi, klinik teşhis, tıbbi uygulamalar, süreç denetleme insulün eksikliği belirtilerinin ölçülmesi, hastane koşullarının gözlenmesi , ilaç üretimi ,yapay pankreasın çalışma koşullarının kontrolü, vb.

- **Endüstri:**

Endüstriyel proses kontrollerinde gereklidir. Biyoreaktörlerin kontrolü, endüstriyel atık su denetimi, giren hammadde ve çıkan ürünlerin ölçülmesi, gerek gıdaların üretimi gerekse paketlenmesi ile markete sunulması aşamalarında gıdaların kalite ve kontaminasyon kontrolleri için vb.

- **Gıda**

Gıdalardaki yabancı maddeler (pestisitler, toksitler ve yabancı hormonlar vb.) yanında aroma ve tazelik gibi kompleks parametreler içinde biyosensörler, gıdalarda kalite kontrol, bakteriyel ve viral teşhis kitlerinin hazırlanması vb.

- **Çevresel Denetim:**

Çevre Koruma Ajansı (ing:EPA (Environmental Protection Agency) EPA tarafından hava ve su düzenli olarak izlenmektedir.

Ayrıca yerel idari mercilerin de bölgesel izleme birimleri bulunmaktadır.

Bu birimler düzenli olarak hava ve suyu tahlil etmektedirler.

Çevre takibinde biyosensörler gerek suların gerekse havanın çevresel atıklar, mikroorganizmalar ve toksinler yönünden takibi amacıyla kullanılmaktadır.

- **Savunma (askeri ve sivil):**

Askeri ve sivil savunma alanında kullanılmak üzere bir çok sensör ve biyosensör dizaynı ve imalatına, son körfez krizi ve 11 Eylül sonrasında hız verilmiştir.

Bu alanda biyosensörler gerek biyolojik savaş ajanlarının gerek belirlenmesinde gerekse takibinde kullanılmaya başlanmıştır.

En Fazla Hangi Alanda?

- Biyosensörlerin en yoğun olarak kullanıldıkları alan bugün için **medikal tanı ve teşhis** alanıdır.
- Hiç kuşkusuz biyomedikal sektör biyosensörler için en iyi pazardır.
- Bu alanda uygulama olanağı bulan **ilk biyosensörler enzim sensörleridir.**
- Bu alanda gerek **vücuttaki glukoz, üre, şeker** gibi biyolojik ürünlerin takibi yanı sıra kanserlerin izlenmesi ve mikrobiyal ajanların tespiti amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır
- **Ticari olarak üretilen ilk biyosensör** ise **şeker hastalığı** teşhisi için kan ve idrarda glukoz tayinini mümkün kılan **glukoz oksidaz elektrotu**dur.

- **Diyabet hastalarının** kan glikoz seviyelerini evde ölçebilmeleri onlar için büyük bir konfordur. Bu da **glikoz biyosensörüyle** gerçekleştirilebilir.
- Parmak ucundan alınan **kan biyosensöre damlatılır** ve belirli bir süre içinde sonuç alınıp herhangi bir değişiklikte hasta doktorlarına başvurabilir.



İLK taşınabilir kan şekeri ölçüm cihazı (1969)

İLK kişisel kan şekeri ölçüm cihazı(1981)



İLK hafızalı kan şekeri ölçüm cihazı(1985)



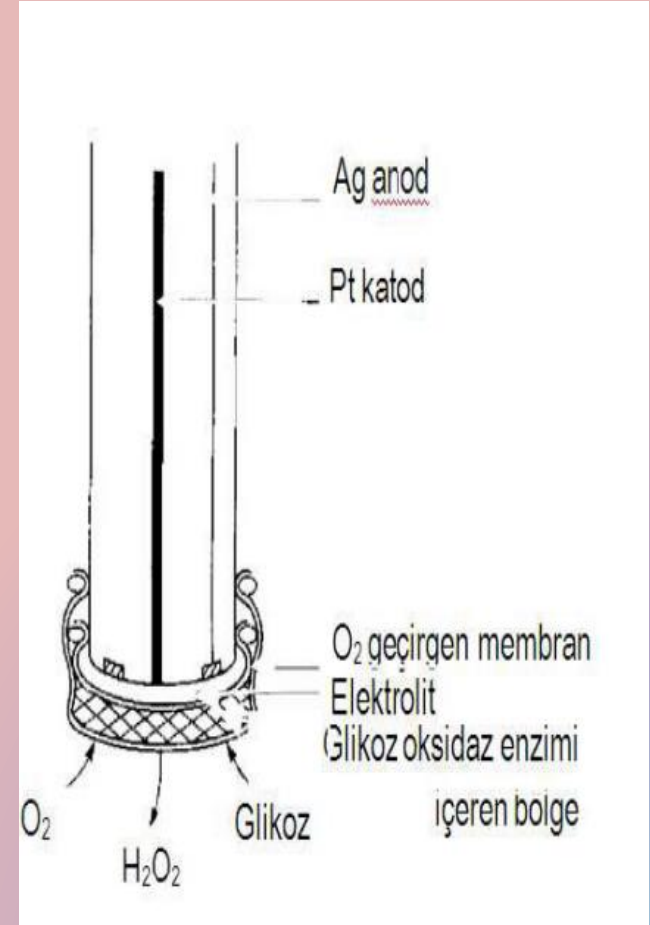
- Bugüne kadar 180'den fazla farklı madde için biyosensör hazırlanmış olup bunlardan ancak 25 kadarı ticari olarak üretilmektedir.

- Belirtildiği gibi, **günümüzde tıp, eczacılık, gıda güvenliği, çevre kirliliği, askeri uygulamalar gibi** ve bir çok alanda kullanılmak üzere farklı tipte biyosensör geliştirilmiş ve bunların bazılarının ise kullanım izinleri alınmıştır ve **ticari anlamda yaygın** olarak birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır.

- Ancak halen daha farklı **biyosensörlerin geliştirilme çalışmaları özel laboratuvarlarda devam ettirilmekte** ve bunların geliştirilmesi için özellikle gelişmiş ülkeler önemli kaynaklar aktarmaktadırlar.

KISA BİR TARİHÇE..

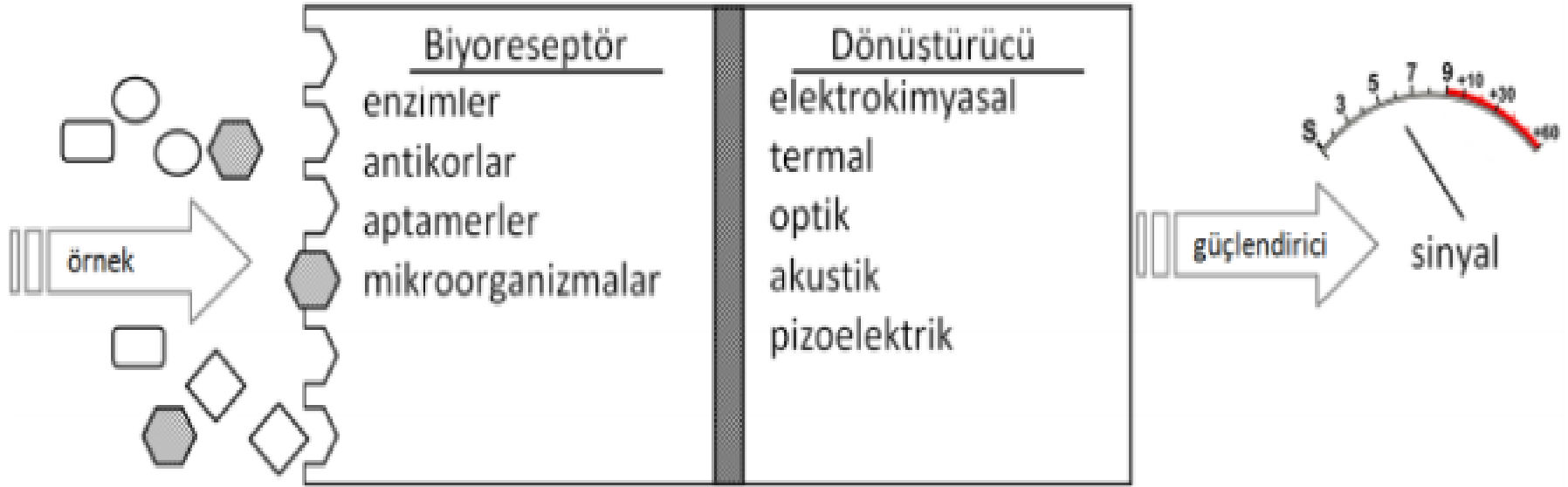
- Biyosensörlerin tarihi 1950'li yılların ortalarında L.C.Clark'ın Cincinnati Hastanesi'nde (Ohio, ABD) ameliyat sırasında **kanın O_2 miktarını bir elektrot ile izlemesiyle** başlar.
- 1962 yılında Clark ve Lyons, **Glukozoksidaz (GOD) enzimini O_2 elektrodu ile kombine ederek kanın glukoz düzeyini ölçmeyi başarmışlardır.**
- Böylece yeni bir analitik sistem oluşturmuşlardır.
- Bu sistem bir yandan biyolojik sistemin **yüksek spesifikliğini (enzim)** diğer taraftan ise **fiziksel sistemin (elektrot)** tayin duyarlılığını birleştirmiş ve geniş spektrumlu bir uygulama olanağı bulmuştur.



Biyosensör Yapısını Anlayalım

- Biyosensörler analiz edilecek madde ile seçimli bir şekilde etkileşime giren biyoaktif bir bileşenin, bu madde ile etkileşimi sonucu ortaya çıkardığı sinyalin, ileten bir iletici sistemle birleştirilmesi ve bu etkileşim ürünlerinin bir ölçüm sistemi ile ölçülmesi olarak tanımlanabilir.

BİYOSENSÖR



- Biyosensör sistemleri üç temel bileşenden meydana gelmektedir.
- Bunlar;seçici tanıma mekanizmasına sahip **'biyoreseptör' (biyolojik ajan)**, bu biyoreseptörün incelenen maddeyle etkileşmesi sonucu biyokimyasal/fizikokimyasal etkileşimleri ölçülebilir elektronik sinyallere çeviren elektronik sinyallere dönüştürebilen **'dönüştürücü'** ve **'elektronik'** kısımlar.

- Bu bileşenlerden **en önemlisi**, tayin edilecek maddeye karşı son derece seçimli fakat tersinir bir şekilde etkileşime giren, duyarlı hedef molekülün yakalandığı **biyolojik bağlanma bölgesidir yani biyoreseptördür.**
- Biyoreseptör ve dönüştürücünün tipi biyosensörün sınıfını belirlemektedir.

- Biyosensör teknolojilerinin geliştirilmesinde anahtar rol oynayan **biyoreseptör moleküller**, **analiz edilecek madde ile seçici olarak etkileşime giren** oldukça duyarlı biyolojik moleküllerdir.
- Biyoreseptör moleküller olarak, **biyolojik moleküller** (antikor, enzim, protein, nükleik asitler gibi) ya da **canlı biyolojik sistemler** (hücre, doku ve mikroorganizmalar gibi) kullanılabilir.

- **Biyoreseptör olarak kullanılacak moleküllerin en önemli özelliği;** tespit edilmesi istenen hedef moleküle karşı yüksek **affinite ve özgüllük** göstermeleridir.

- Genel olarak biyoreseptörler,
-biyoaffinite ajanları ve
-biyokatalitik ajanlar
olarak iki alt grupta incelenirler.

- Biyoaffinite ajanları olan
-antikorlar,
-hormon almaçları,
-DNA,
-lektin

gibi moleküller antijenlerin,hormonların,DNA parçacıklarının ve glikoproteinlerin moleküler tanımlanmasında faydalanılır.

Biyoaffinite Sensorler		Biyokatalitik sensorler	
Reseptor	Analit	Reseptor	Analit
Enzim	Substrat,Inhibitor	Enzim	substrat
Apoenzim	Antigen	Mikroorganizma	Kofaktor
Antikor	Hormon	Organel	Aktivator
Reseptor	Glikoproteinler	Doku kesiti	Inhibitor
Lektin	Sakkaritler,Protein		Enzim

- Biyosensörlerin yüksek spesifiklik yanında; renkli ve bulanık çözeltilerde geniş bir konsantrasyon aralığında **doğrudan ölçüme olanak sağlamak gibi üstünlükleri** vardır.
- **Fakat** reseptör olarak adlandırılan biyokomponentlerin **pH, sıcaklık, iyon şiddeti gibi ortam koşullarından etkilenmesi** biyosensörün kullanım ömrünü kısalttığından bir dezavantajdır

Biyosensörlerde Analizlenebilecek Maddeler

Metal iyonları

Substratlar

Aktivatorler, İnhibitorler

Enzimler, Koenzimler

Hormonlar

Antikorlar, Antijenler

Nukleik asitler

Virusler , Mikroorganizmalar

Analizlenecek madde ve yapılar genel olarak **“analit”** olarak adlandırılırlar.

- **Enzimler,**
- **antikorlar,**
- **aptamerler ve**
- **mikroorganizmalar**

**biyoreseptör olarak en çok kullanılan
biyolojik kaynaklardır**

A. Enzim Biyoreseptörleri

- Biyosensörlerin yapısında görev alan biyokomponentler içinde **en yaygın** kullanılanlar **yüksek spesifiklerinden dolayı enzimler ve antikorlardır.**
- Uygun bir enzimin bulunamaması veya enzimin kararsız olması ve birden çok maddenin tayini durumlarında **hücre sistemleri ve tercihen mikroorganizmalar** kullanılır...
- Enzimler kimyasal tepkimelere katıldıklarında birçok ölçülebilir reaksiyon ürünü meydana getirdiklerinden, (proton, elektron, ışık ve ısı gibi) biyoreseptör olarak kullanılan popüler biyomoleküllerdir

Örneğin;

- Ferrer-Miralles ve arkadaşları, **serumda HIV antikorlarını tespit etmek için**, zarf glikoproteinlerine ait epitoplara **hibrid bir enzim** (β -galaktozidaz) tasarlamışlardır.
- Bu enzim substratları renkli ürünlere çevirebilen bir enzimdir.
- Burada hazırlanmış olan **hibrid enzim biyoreseptör molekül olarak görev yapmaktadır.**
- Enzimin aktif bölgesinin yanına eklenmiş olan HIV'e ait epitoplara HIV antikorlarının bağlanması enzimin katalitik aktivitesini değiştirmektedir.
- Bugün için biyoreseptör enzim olarak **β -galaktozidaz, β -laktamaz, alkalın fosfataz, proteaz gibi enzimler** sık kullanılmaktadır.

B. Antikor Biyoreseptörleri

- Antikorlar 1950'li yıllardan itibaren tanıda kullanılmaya başlanmıştır, **yüksek duyarlılığı ve özgüllüğü** kanıtlanmış biyoreseptör molekülüdür.
- Antikorlar tüm bir mikroorganizmayı tanıyabilecekleri gibi onlara ait toksinleri, pilileri, sporları, enzimleri hatta peptid parçalarını tanıyabilirler.
- Kullanım amaçlarına bağlı olarak, antikorların çeşitli şekillerde **modifiye edilebilmeleri önemli avantajlarındandır.**

- Birçok immünolojik yöntemde **işaretli antikorlar** kullanılmaktadır.

-Enzimler,

-biyotin,

-floroforlar ve

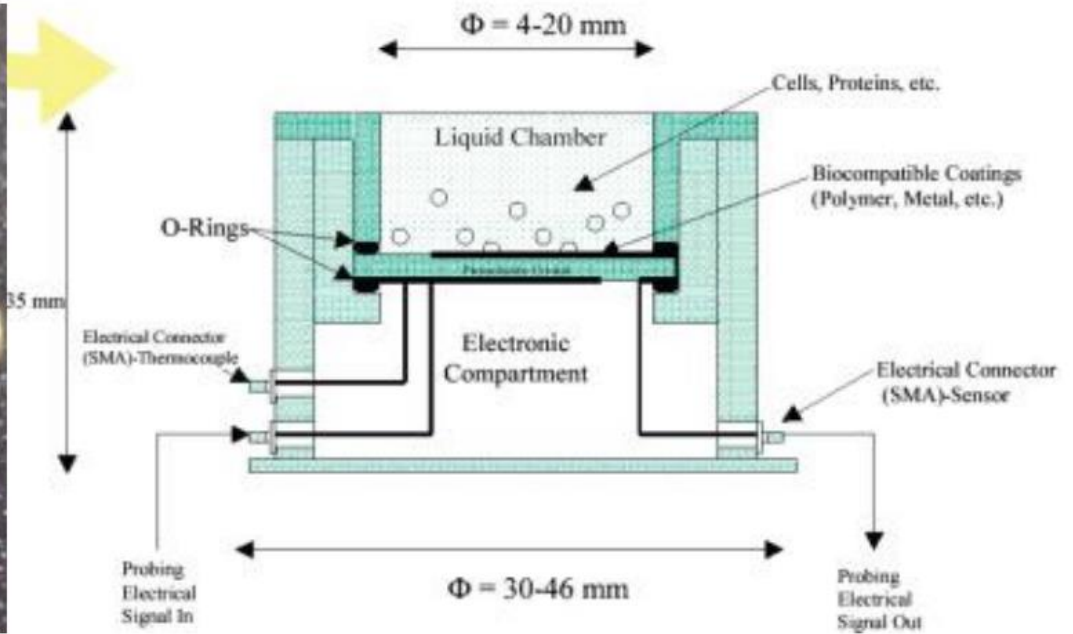
-radyoaktif izotoplar

antikorları işaretlemede sıklıkla kullanılan moleküllerdir.

- Bu tip molekülerin antikorlara kovalent bağlarla bağlanması hedefin saptanmasında duyarlılığı artırarak, ideal prob molekülünü meydana getirir

- Antikor tabanlı biyosensörlerin en önemli avantajı **immunojen olmalarıdır**.
- Bunun en önemli yararı, hedefin saptama öncesinde saflaştırılmasına ihtiyaç olmamasıdır.

- Çeşitli sinyal iletim teknikleri (optik ve elektrokimyasal) geliştirilmiştir.
- En kullanışlı olanı, katalitik dönüşümlerle sinyalin güçlenmesini sağlayan, yöntemin duyarlılığını arttıran, enzim-floresan kaynaklı olanlardır.
- Bir çok rekombinant antikor; **HIV, Hepatit B, Hepatit C, Ebola, Rabies, EBV, Rubeola, Measles, Salmonella typhimurium, botulinum toksinlerinin tespitinde** ve tanımlanmasında kullanılmaktadır.
- Benhar ve arkadaşları, tek zincirli antikorla kapladıkları karbon elektrotlu elektrokimyasal biyosensör ile *Listeria monocytogenes* ve MtKatG enzimi eksprese eden *M. tuberculosis*'in saptanabilirliğini göstermişlerdir.



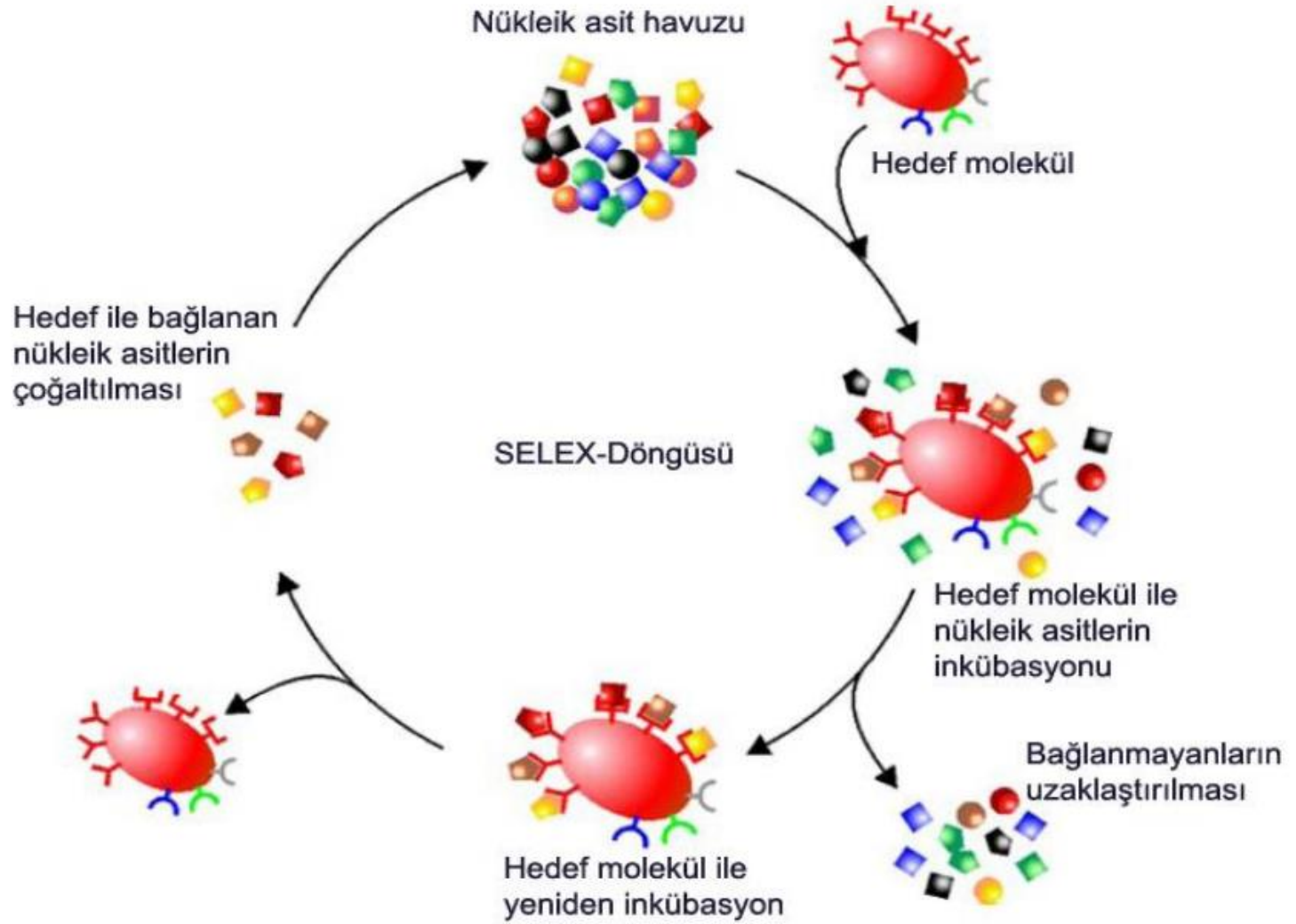
HIV ve Anthrax tespiti yapabilen, antikor tabanlı, piezoelektrik nano-biyosensör.

C. Aptamer Biyoreseptörleri

- Genel olarak aptamerler rastgele sentezlenmiş tek zincirli **oligonükleotidlerdir.**
- Aptamerler; peptidler, vitaminler, ilaçlar, mikroorganizmalar, bakteri sporları gibi çok çeşitli moleküllere yüksek affinite ve özgüllükte bağlanabilen oligonükleotidlerdir.
- Aptamerler, 1990'lı yılında **SELEX** (systematic evolution of ligands by exponential enrichment) yöntemi olarak bilinen, in vitro seleksiyon ve amplifikasyon tekniği ile keşfedilmişlerdir.
- **Bu yöntem bir dizi tekrarlanan işlemde oluşur.** İlk olarak elimizde tesadüfi olarak bulunan tüm nükleik asitler hedef molekül ile inkübe edilir.
- Önce oligonükleotid sentezleyicisine zincir dizim sekansı bakımından rastgelelik gösteren trilyon adet farklı sentetik oligonükleotid ürettirilir. **Ürünler ise biyosensör teknolojisinde biyoreseptör olarak kullanılır.**

- Aptamerlerin, moleküler tanıda kullanılan yöntemler içindeki rolü ve önemi giderek artmaktadır.
- Aptamer temelli biyosensörler, antikor ve enzim temelli olanlarla karşılaştırıldıklarında **bir çok avantaja sahiptir.**

- 1-**Yüksek özgüllükte ve afinitedeki** aptamerler, in vitro ortamda herhangi bir hedefe karşı seçilebilirler. Bu da bir çok farklı aptamer tabanlı biyosensörlerin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır.
- 2- Hedef moleküle karşı seçilmiş olan aptamerlerin **sekans dizileri kolayca belirlenebileceğinden**, yüksek miktarda ve saflıkta sentezlenebilir.
Bununla birlikte protein tabanlı antikor ve enzimlerden farklı olarak, **DNA aptamerleri çoğunlukla yüksek düzeyde stabildirler**. Oda ısısında saklanabilirler.
- 3- Aptamerler hedefe bağlandıklarında, belirgin **konformasyonel değişikliklere** uğrarlar. Bu özellikleri yüksek özgüllükte ve seçicilikteki yeni biyosensörlerin tasarlanmasında esneklik sağlar.



Selex yönteminin ana basamakları

- Zelada-Guillen ve arkadaşları biyoreseptör olarak aptamer ve iletken olarak karbon nanotüp kullandıkları, ***Salmonella Typhi*'yi tespit edebilecek bir biyosensör** geliştirmişlerdir.
- Araştırmacılar geliştirdikleri biyosensör ile **5 ml'lik sıvı içerisindeki tek bir bakteriyi bile** %100 duyarlılıkta ve özgüllükte tespit edebilmişlerdir.
- **Kantitatif ölçüm de yapabilme kapasitesine sahip** bu biyosensör; aptamer ve bakteri arasındaki bağlanmayı **60 saniyeden kısa sürede** gösterebilmektedir.

- Diğer bir çalışmada; serumda **Hepatit C virüsünün (HCV) NS5 kor antijeni, RNA aptameri ile** yüksek özgüllükte tespit edilebilmiştir
- Aptamer biyosensörler ile bakterilerin tespiti **virüslere göre daha yeni bir alandır.**
- *Bacillus anthracis*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Escherichia coli* ve *Bacillus thuringiensis* gibi **direkt olarak mikroorganizmaların tespitinde kullanılabilmektedirler.**

- Aynı zamanda *Bacillus thuringiensis* sporlarının, kolera toksini, shiga toksin, stafilokokal enterotoksin B gibi mikroorganizma ürünlerinin aptamer biyosensörler ile gösterildiği yayınlar mevcuttur.

- **Antikorlara rakip olan bu moleküller** gün geçtikçe uygulamada kendini daha fazla göstermektedir.
- Hatta son 10 yıl içinde özel yöntemlerle üretilen aptamer proteinlerin bazılarının **altın ve bakır gibi madenlere karşı bile özgün bağlanma gösterdikleri görülmüştür.**

Bu da, özellikle yer altı suları üzerinden maden aramaları yapmak için orijinal biyosensör imalatının yapılabileceğinin işaretini vermektedir.

D. Mikroorganizma Biyoreseptörleri

- Biyoreseptör olarak kullanılan birçok biyolojik molekülün orijini mikroorganizmalardır.
- **Mikroorganizmaların kendileri de biyoreseptör olarak kullanılabilirler .**
- **Çoğunlukla inorganik veya organik toksik kimyasal maddelerin tespitinde** kullanılırlar ve diğer biyoreseptör moleküllere göre daha fazla çeşitlilikte kimyasal yapı saptayabilirler.

- Genetik modifikasyonlara uyumlu olmaları, farklı pH ve sıcaklıklarda işlev görebilmeleri mikroorganizmaları ideal biyosensörler yapmaktadır.

Nitelikli Biyosensörlerde Aranılan Özellikler

1. **Duyarlılık (ing:sensitivity)**: Cihazın analitteki değişime (konsantrasyon) birebir cevap vermesi anlamındadır. Duyarlılık yüksekse analitteki birim değişim sensörün ekranında aynen görülür.
2. **Seçicilik (ing:selectivity)**: Cihazın sadece analite özgünlüğünü gösterir. Cihaz başka reaktiflere ilgi göstermez ve hatalı sonuç vermez.
3. **Ölçüm aralığı**: Cihazın ölçebildiği analit konsantrasyonunun aralığıdır. Analit belli bir konsantrasyondan az veya çoksa cihaz iyi bir duyarlılıkta sonuç vermeyebilir.

4. **Ölçüm süresi:** Analit konsantrasyonundaki bir basamak değişime karşı cihazın vereceği nihayi yanıtın verilmesidir. Bir tür cihazın ölçme hızını gösterir.
5. **Tutarlılık:** Cihazın sonuçlarındaki tutarlılığı ifade eder.
6. **Tespit sınırı:** Cihazın tesbit edebileceği en düşük analit konsantrasyonudur.
7. **Ömrü:** Cihazın, performansında gözle görülür bir azalma olmadan verdiği hizmet ömrüdür.
8. **Kararlılık:** Belirli bir süre içinde cihazın duyarlılığındaki veya baz çizgisinde değişimleri dikkate alan bir kalite ölçüm parametresidir.

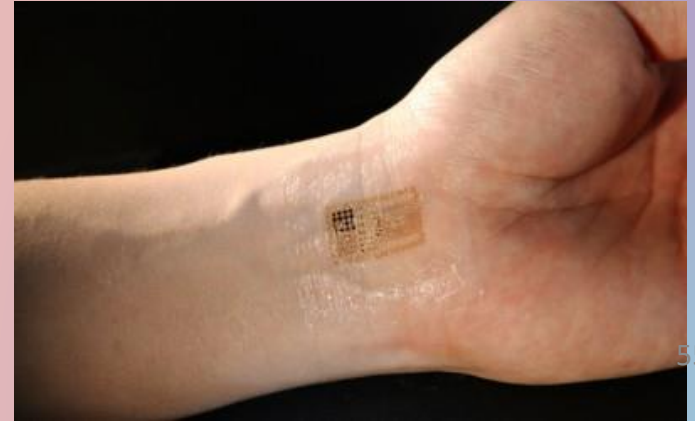
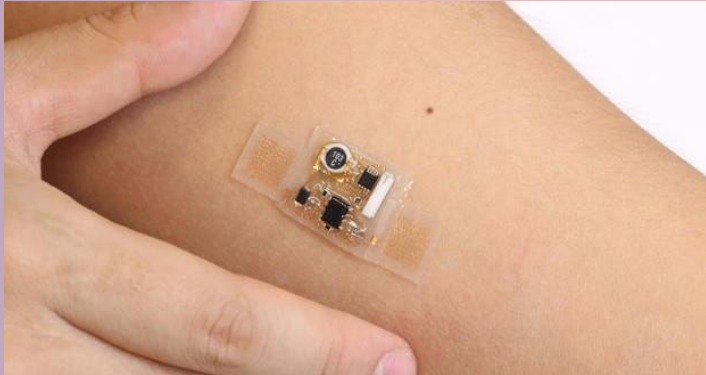
İLGİ ÇEKİCİ BİYONSENSÖR ÖRNEKLERİ

- DNA ile 15 dakikada teşhis Ege Üniversitesi (EÜ) Eczacılık Fakültesi, "biyosensör" adı verilen algılayıcı cihaz sayesinde bulaşıcı ve kalıtsal hastalıkların tayinini 15 dakikada gerçekleştirebiliyor.

- Modern zaman biyosensörleri olarak da adlandırılan **nanoteknolojik veya chip teknolojisi** kullanılarak **geliştirilmeye başlanan yeni nesil biyosensörler** sonuçların daha kolay izlenmesi ve değerlendirilmesini sağlamaktadır.

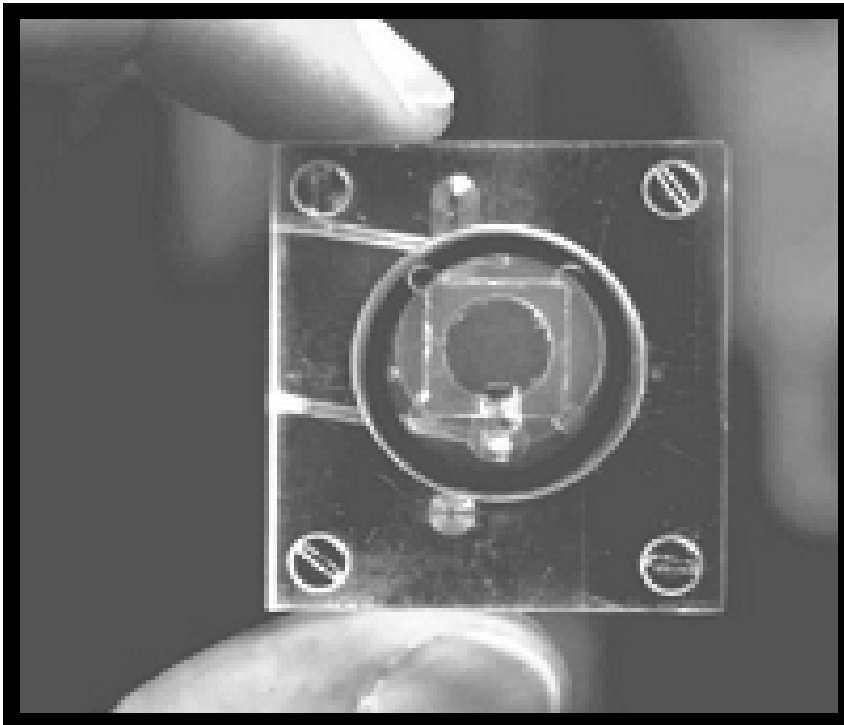
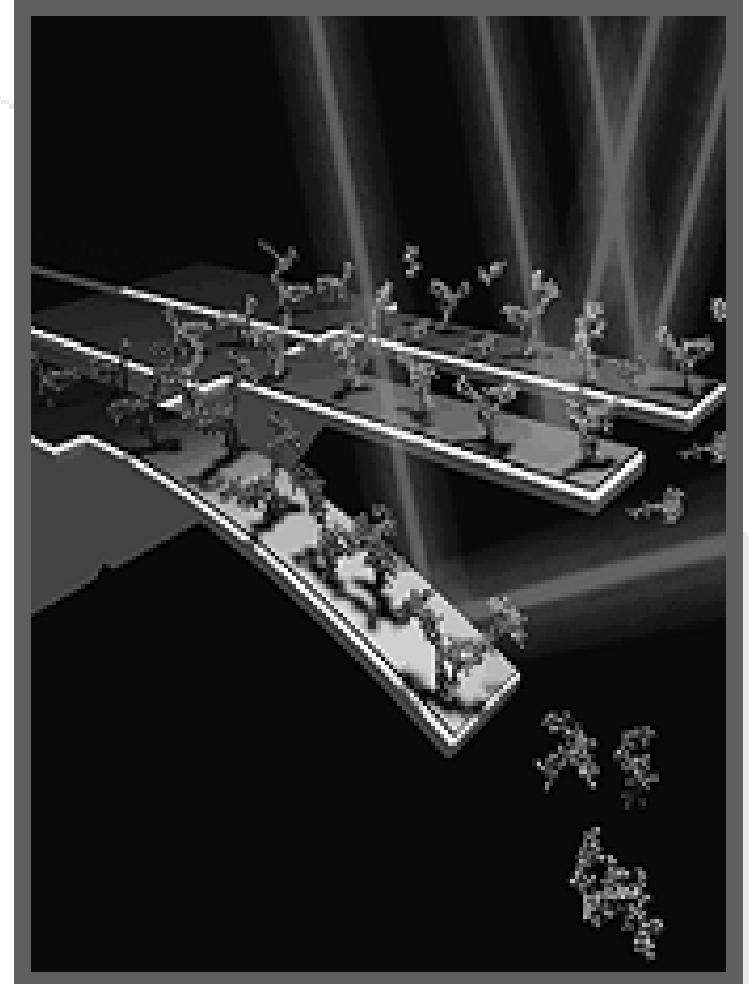
Örneğin;

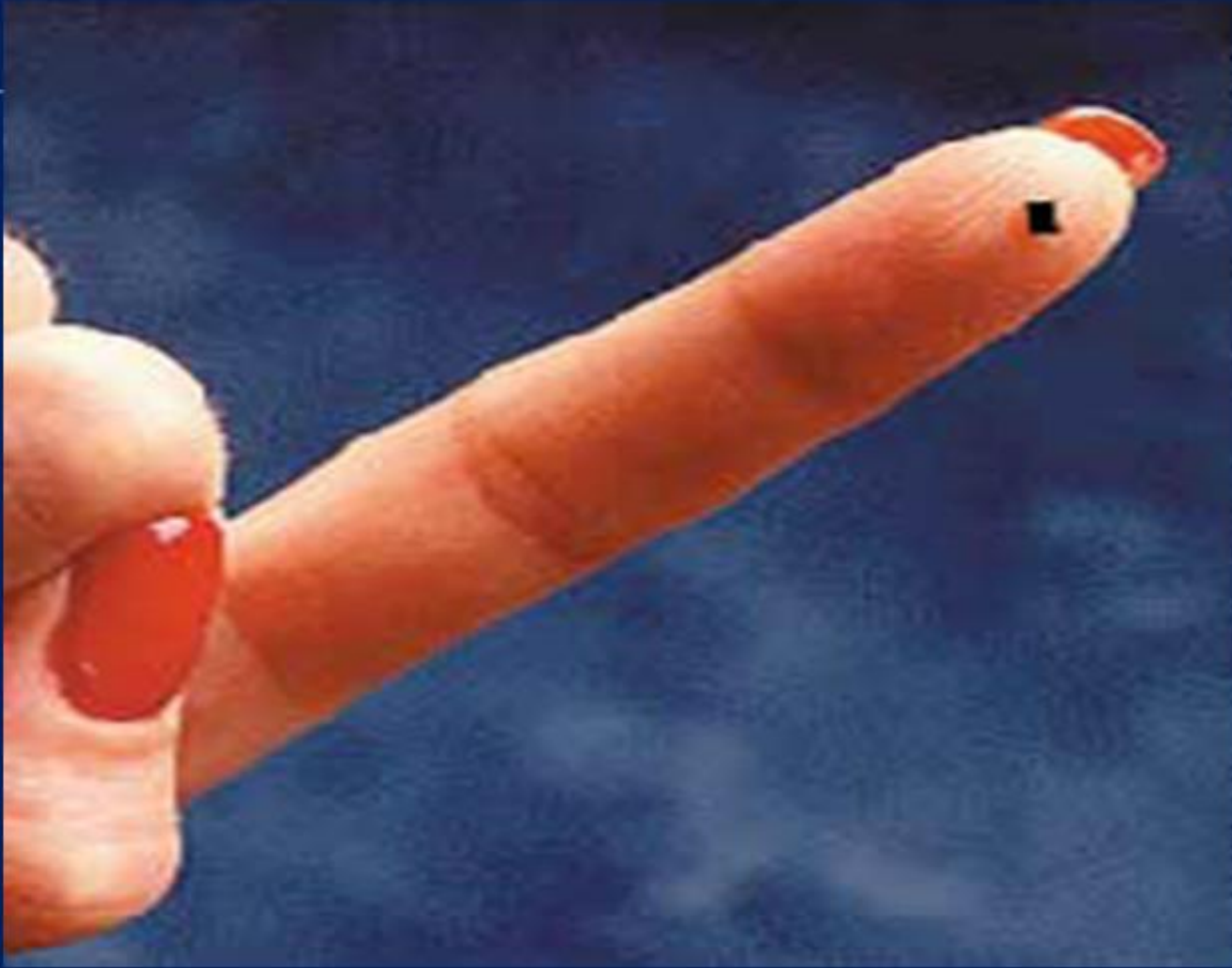
bu teknik kullanılarak biyoçip yerleştirilen bir bireyde değişimler **bireyin hastaneye gitmeden de takibini sağlayacak** bir özelliğe sahiptir.



Prostat Kanseri İçin Bir Belirteç

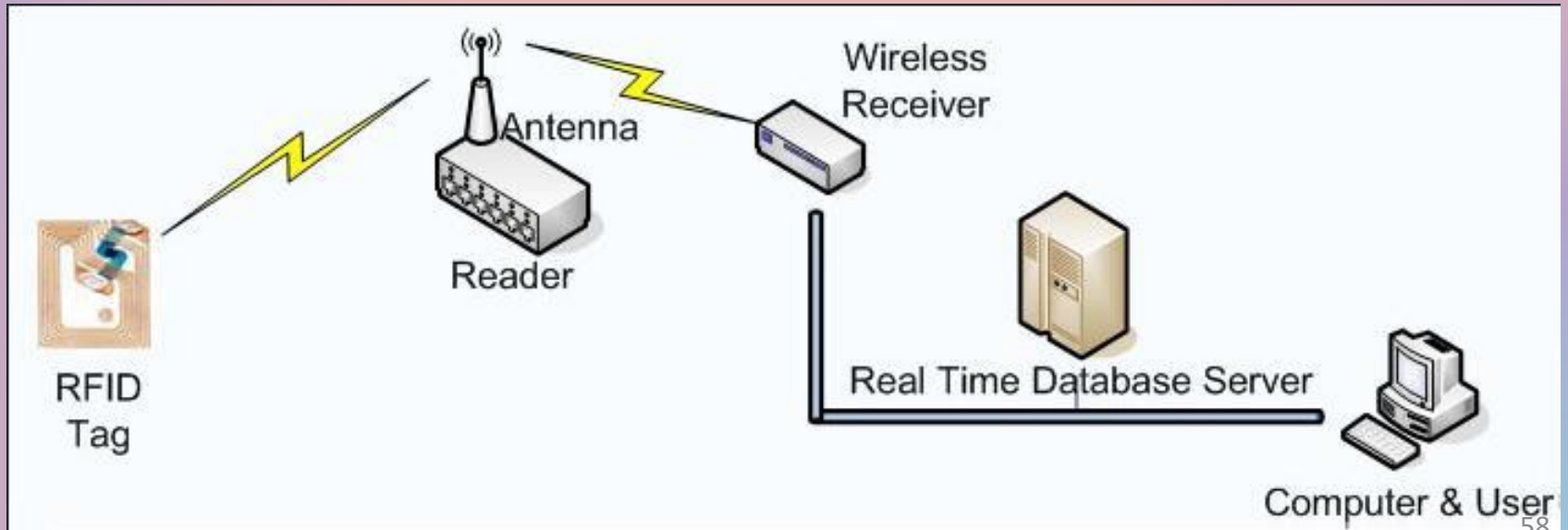
Biyosensör, çıkıntılarda PSA'ne karşı üretilmiş antikorlarla kaplanmıştır. Bu çıkıntılardaki antikorlara PSA moleküllerinin bağlanmasıyla çıkıntılardaki eğilmelerin lazer ışınlarıyla belirlenmesi tayinin temel prensibini oluşturur.





BU “TIBBİ TELESENSÖR YONGA”
VÜCUT SICAKLIĞINI ÖLÇEREK,
BU BİLGİYİ İLETEBİLME ÖZELLİĞİNE SAHİP

- ingiliz bilim adamları hastalıkları anında teşhis ve tedavi için çip teknolojisinden yararlanarak yeni bir yöntem tasarladılar.
- Buna göre vücuda yerleştirilen bir **çip** en küçük bir sağlık sorununda **elektronik olarak bağlantılı olduğu bilgisayara haber veriyor ve bu bilgi oradan da hastanın doktoruna iletiliyor.**



- Londra'daki Imperial College Kimya Fakültesi öğretim üyelerinden Prof. John Perkins tarafından üretilen biyosensör, kan damarlarına veya istenilen bir organa basit bir işlemle naklediliyor.

- Biyosensör kandaki veya verilen nefesteki, yada beyinde oluşan kimyasal maddeleri ölçüp vücutta meydana gelen her türlü kimyasal değişimleri anında bulup ve hastalık bulguları halinde sinyal halinde merkezi bilgisayara bulguları gönderiyor.

- **Biyosensör bununla da kalmayarak hastalığa ilk müdahaleyi yapıyor, hastaya ne yapacağını bilgisayar aracılığıyla iletiyor.**

- Kalp, felç veya şeker koması gibi acil durumlarda doktora telefon ederek randevu alabilen biyosensör daha acil vakalarda ise ambulans çağırıp, hastanın yakınlarına bilgilendiriyor.

- **Biyosensör acil durumlarda hastanın nerede, hangi pozisyonda olduğunu, bayılıp bayılmadığını haberdar edebiliyor.**



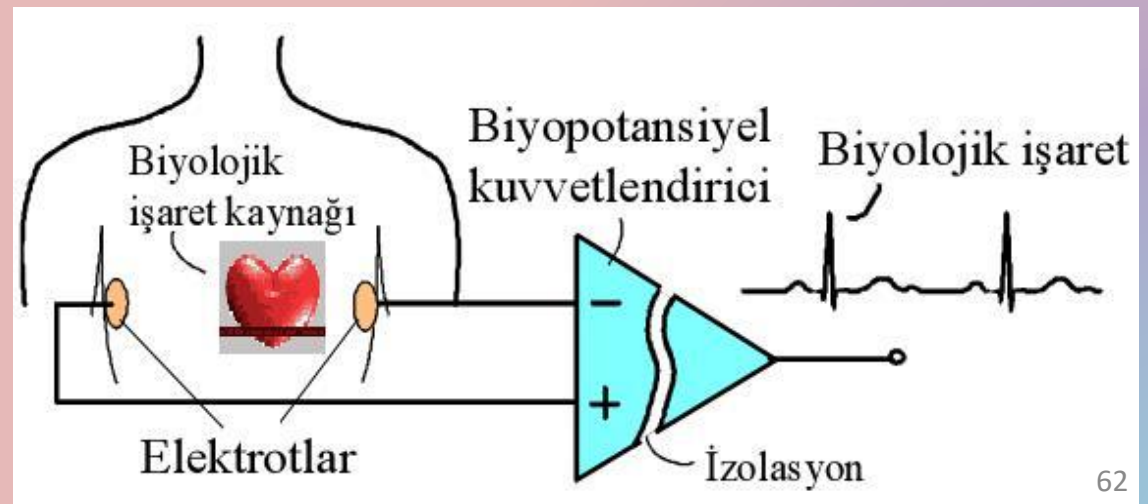
- Deprem, sel gibi doğal afetlerde **insanlara yardım eden, inşaatlarda işçi olarak çalışan, dans eden robotlardan** sonra şimdi de itfaiye işlevi görecek **robot** üretildi.
- Bir ormanı saatte 10 – 20 km hızla dolaşan OLE adındaki robot, **biyosensörler yardımıyla** etrafı sürekli tarayarak çıkan **yangını anında algıladıktan sonra** harekete geçiyor ve **gerekli miktarda su püskürtmeye** başlıyor.

YAKIN ZAMANDA...

Zaman içinde biyosensörük alanda fizikokimyasal ölçü aletleri yanında şu gibi üstünlükler sağlanacaktır;

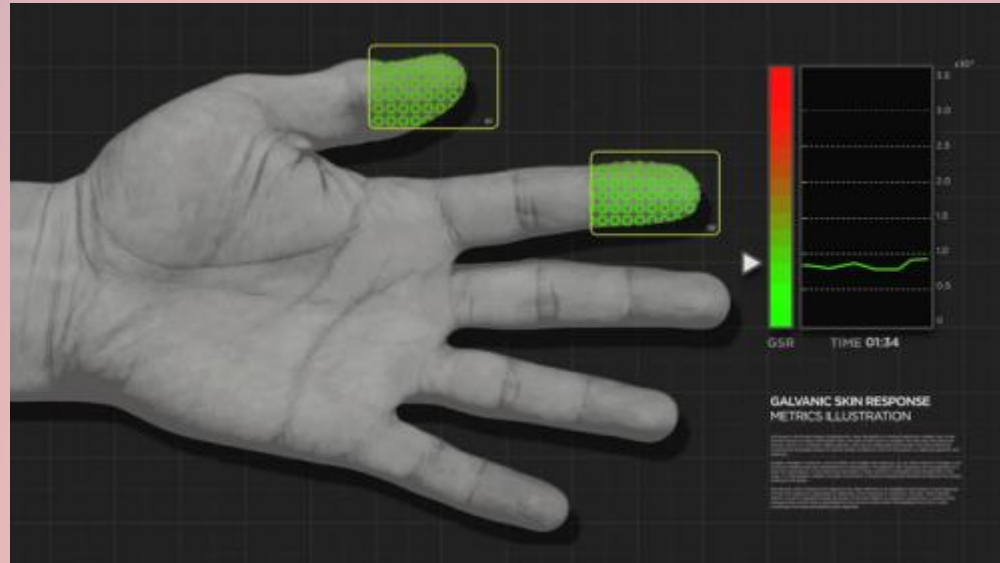
- Yüksek duyarlılık
- Kısa ölçüm süresi
- Gereksinime göre işlem akışı
- Ölçüm ve analiz giderinde düşme
- Otomatik ölçüm ve işlem alanının devreye sokulması

- Geliştirilmekte olan teknoloji harikası biosensörler sayesinde, **stresten baygınlık nöbetlerine, mide ekşimesinden kalp spazmlarına kadar her türlü rahatsızlık**, doktorlar tarafından sonradan takip edilebilecek.



- İlaçların kötü amaçla kullanımını ve **uyuşturucu ile mücadelede** biyosensörler kullanılabilir.
- **Uyuşturucu arayan köpeklerin yerini** biyosensörler alabilir.
- Böylece özellikle gümrüklerde, karakollarda zaman kazanılacaktır

- Biyosensörlerin, **ilaçların vücuttaki düzeylerinin ayarlanması** ve kontrolünde kullanılması yakın bir gelecekte gerçekleştirilebilecektir.



- Ayrıca **biyoproseslerin nükleik asit düzeyinde izlenmesi, ilaçların reseptörlere etkisi** ve özellikle transmitter-reseptör etkileşimi de biyosensörlerin gelecekteki önemli tıbbi uygulamaları olacaktır.

- Aynı zamanda **biyolojik mekanizmaların, proteinler arası ilişkilerin anlaşılmasında** ve insan genom projesinin devamı olan **proteomik çalışmalarında** da biyosensörlerin daha da geliştirilmesinde ve çeşitlendirilmesinde büyük katkı sağlayacaktır.



BELKİ DE....



**Biyosensörlü
Bebek Elbisesi**

SORUNLAR

Biyosensörlerin ticari olarak üretilmesine engel teşkil eden bazı etkenler vardır.

Bunlar;

- biyoreseptörlerin, antibadilerin ve enzimlerin **uzun süreli stabilizasyonundaki sorunlar**,
- in vivo uygulamalar için **biyouygunluk sorunları**,
- diğer maddelerle oluşan **spesifik olmayan adsorbsiyonlar**,
- enzim bazlı sensörlerde **immobilizasyon ve mediatör sorunları**,
- gıdalardaki diğer bileşenlerin oluşturduğu **girişimin azaltılmasındaki problemler**,
- sensörlerin **ufaltılması**
- sensörlerin **sterilize edilebilirlikleri** problemleri sayılabilir.

- **Sterilizasyon** önemlidir, korumasız olan sensör bölümüne örnekten bulaşabilecek mikroorganizma yada enzimlerin yarattığı sorunlar ve in-line sistemlerde biyosensör materyalinden oluşabilecek sızıntı yada bulaşmanın gıdaya yada fermentasyona etki etmesi sıkıntı yaratabilir.

X Bunun yanında **biyosensör hazırlamanın uzun sürmesi**,
moleküler biyolojik prosesler hakkında **yeterli bilgi birikiminin olmaması** gibi sorunlarda biyosensörlerin yaygınlaşmasını yavaşlatmaktadır.

- Biyosensörlerin **dezavantajlarını ortadan kaldırmak multidisipliner bir yaklaşımla sağlanabilir**, bunun içinde biyologlar, kimyacılar, fizikçiler, elektrik mühendisleri ve tasarım mühendislerinin ortak çalışmaları gerekmektedir.
- Yine de bu teknolojinin gıda sanayinde kalite güvenlik izlemede geniş anlamda kullanımının yaygınlaşması çok da uzak değildir

SONUÇ

- Biyosensörler, örnek alımı ve sonuç verme arasındaki süreyi oldukça kısaltmaktadırlar.
- Nanolitre veya daha az örnek gerektirmeleri ve aynı zamanda yüksek düzeyde duyarlılık ve özgüllüğe sahip olmaları en önemli avantajlarıdır.
- Ölçüm sistemlerinin otomasyona uygun ve taşınabilir olması değişik alanlarda kullanımlarına imkan vermektedir.
- Buna karşın biyosensörlerin geleceğini maliyet-etkin olmaları belirleyecektir.