



Derleme

Biyosensörler ve Gıdalarda Kullanımı

Umut AYKUT, Hasan TEMİZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu makalede biyosensörlerin genel çalışma prensiplerine ve biyosensörlerin gıdalarla olan ilişkisine dikkat çekilmiştir. Biyosensörler, biyolojik algılayıcı elementin seçiciliği ile hedef analitin konsantrasyonu ile orantılı olarak sinyal üreten, transduserin kombinesinden oluşan cihazlardır. Biyosensörlerin spesifik ve hassas sonuçları kısa sürede elde ederler, kullanımları kolaydır, kullanım için fazla eğitim gerektirmemektedirler. Bundan dolayı gelecekte yoğun bir şekilde kullanılacaklardır.

Anahtar kelimeler: Biyoreseptör, Biyosensör, transduser

GİRİŞ

Günümüzde çok hızlı gelişim gösteren gıda ve biyoteknoloji sanayilerinde kalite güvence sistemlerinin sağlıklı çalışabilmeleri için, proses işleyişi esnasında proses hakkındaki verilere çok hızlı ve sağlıklı bir şekilde ulaşmak gerektiği ve bu aşamada fiziksel verilerin yeterli düzeyde hızlı ve sağlıklı olarak elde edilmesine karşın ürün kompozisyonundaki bileşen konsantrasyonlarını belirlemenin zaman aldığı bilinmektedir [1,2].

Gıda kalitesinin ve tazeliğinin kontrolü hem tüketiciler hem de gıda endüstrisinin gelişmesi için gereklidir. Gıda endüstrisinde bir ürünün kalitesi, periyodik olarak yapılan kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerle değerlendirilebilmektedir. Bu prosedürlerde geleneksel olarak şu teknikler kullanılmaktadır;

1. Kromatografi,
2. Spektrofotometri,
3. Elektroforez,
4. Titrasyon
5. Diğer teknikler

Bu metodlar kolay bir şekilde sürekli izlemeye izin vermezler çünkü bunlar pahalı ve yavaşlardır, iyi yetişmiş operatörlere ihtiyaç duymaktadırlar ve bununla birlikte bazı durumlarda analizin süresini uzatan ön işlemler yada ekstraksiyon gerektirmektedirler [3].

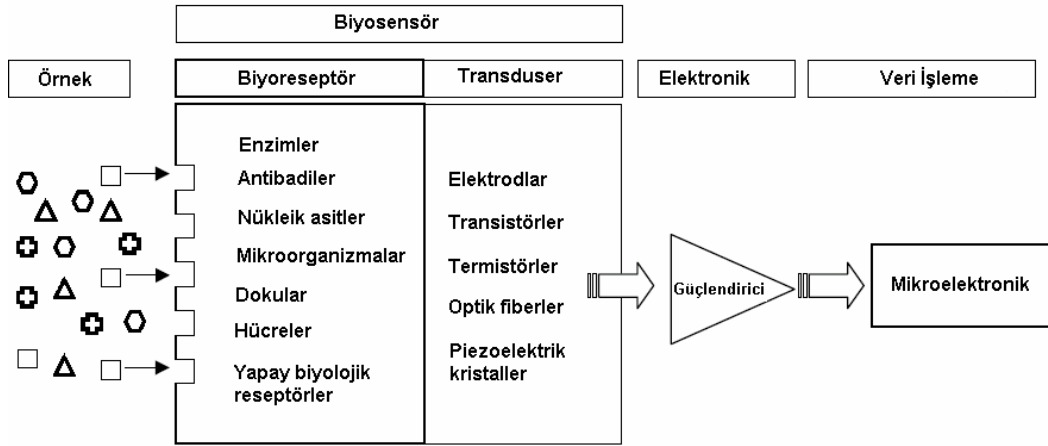
Biyosensörler diğer geleneksel tekniklere göre daha fazla avantaj sağlarlar. Biyolojik algılayıcı elementlerinin seçiciliği örnek ön hazırlığına ve fazla miktarda örneğe bağlı kalmaksızın kompleks

karışımlarda gerçek zamanlı analiz için çok yüksek spesifiklikte cihazların geliştirilmesine elverişlidir. Biyosensörler ayrıca yüksek hassasiyete, hıza, basit kullanıma sahip ve çoğaltılabilir analitik cihazlardır [4].

BİYOSENSÖRLER

Bir biyosensör, biyolojik algılayıcı elementin seçiciliği ile hedef analitin konsantrasyonuyla orantılı olarak sinyal üreten transduserin kombinesinden oluşan bir cihazdır. Bu sinyal proton konsantrasyonundaki değişimden, amonyak ve oksijen gibi gazların salınması yada yükseltgenmesi, ışık emisyonu, absorpsiyon yada reflektans, ısı emisyonu, kütle değişimi ve bunun gibi değişimlerden kaynaklanır. Sinyal transduser yardımıyla akım, potansiyel, sıcaklık değişimi, ışığın absorpsiyonu, yada elektrokimyasal, termal, optik olarak yada piezoelektrik anlamda kütle artışıyla ölçülebilir forma dönüştürülür. Sinyal ayrıca ileriki analizler için güçlendirilebilir, işlenebilir yada depolanabilir. Prensipte herhangi bir reseptör herhangi bir transduserle birleştirilip işleyen bir biyosensör üretilebilir [5].

şekil 1’de biyosensörlerin genel çalışma mekanizması görölmektedir.



şekil 1. Biyosensörlerin genel çalışma mekanizması [4]

Biyoreseptör bir analitin tanınmasında biyosensörün biyolojik hassasiyete sahip kısmıdır. Biyosensörün hassasiyeti ve seçiciliğinde etkilidir. Bu reseptörler tek bir partiküler substratı bağlayacak ve diğer substratlara bağlanmayacak özellikte olmalıdır; temel olarak biyoreseptörler 3 grup (biyokatalitik, biyoafinite ve hibrit reseptörleri) altında toplanırlar [6].

Biyokatalitik reseptörler, analiti belirlenmeyen formdan belirlenebilir forma dönüştürerek transduserle kaydedilebilir ve belirlenebilir kılar [6].

Biyokatalitik tanıma elementleri enzim (mono veya multi enzim) içeren sistemler, hücreler (mikroorganizmalar, örn; bakteriler, mantarlar, ökaryotik hücreler, mayalar), hücre organelleri ve bitki, hayvan doku parçalarından oluşur [3].

Enzimler biyosensörlerde kullanılan ilk biyokomponentlerdir.

Antibadiler, nükleik asitler, lektinler, boyalar, hücre membran reseptörleri ve diğer spesifik bağlayıcı ajanlar gibi biyolojik komponentler biyoafinite reseptörlerine örnektir. Hormonlar, ilaçlar, virüsler, tümör antijenleri, bakteri antijenleri ve diğer birçok protein gibi maddelerin belirlenmesi ve ölçümü, immünolojik teknikler vasıtasıyla düşük konsantrasyonlarda bile başarılılabilmektedir [6].

Affinite bazlı biyosensörler belirli bir ligantı termodinamik olarak stabil kompleks formuna dönüştüren seçici etkileşimler oluştururlar [3].

Hibrit reseptörlerde biyosensör uygulamalarında nükleik asit kullanımı rapor edilmiştir. Bazı parça karakteristiklerinden dolayı nükleik asitler seçici bir şekilde işlemektedirler. Bu sensörlerin kullanım alanları DNA'da meydana gelen zararları kimyasal olarak belirleme ve DNA'nın türe özgü diziliminin hibridizasyonu ile mikroorganizmaların belirlenmesidir [6].

DNA biyosensörlerinin esas DNA hibridizasyonuna dayanmaktadır. İşlemin ilk aşamasında belirlenmek istenen hedef diziye karşılık gelen kısa bir baz dizimine sahip olan sentetik oligomerin (tek sarmal DNA, prob) elektrot yüzeyine bağlanmakta. Sonrasında biyosensörün hedefi içeren bir örnek çözeltisine daldırılmasıyla elektrot yüzeyinde hibrit oluşumu sağlanır. Hibridizasyon, elektrokimyasal veya optik bir transduser sinyali ile gözlemlenir [7].

Genel olarak biyolojik komponent uygun bir şekilde immobilizasyonla transdusera bağlanır. Immobilizasyon metodu immobilize edilecek biyokomponentin yapısına göre belirlenir. Kullanılan transdüksiyon elementi ve analitin fiziksel durumu da seçilecek metod için önemli faktörlerdir. Genel olarak 5 yaygın metod bulunmaktadır. Bunlar;

1-Adsorbsiyon

2-Mikroenkapsülasyon

3-Tutuklama

4-Çapraz bağlama

5-Kovalent bağlama'dır [6].

Biyolojik ve biyokimyasal sinyalleri veya cevabı belirlenebilir sinyale dönüştürebilen sistemlere transduser denir [8]. Bir substrat için komponentin aktivitesi O_2 tüketimiyle, H_2O_2 oluşumuyla, NADH konsantrasyonundaki değişimle, floresans, absorpsiyon, pH değişimiyle, kondüktivite, sıcaklık yada kütledeki değişimle izlenebilmektedir [9,3].

Transduserler temelde dört grup altında toplanırlar;

1-Elektrokimyasal transduserler

Amperometrik

Potansiyometrik

Kondüktometrik

2-Optik transduserler

3-Akustik transduserler

4-Termal transduserler

Bundan 40 yıl öncesinde ilk enzim elektrotunun bulunmasından bu yana biyosensör teknolojisinin çok hızlı gelişim gösterdiği belirtilmektedir [5].

Biyosensör endüstrisinin pazar olarak medikal, çevre, gıda ve askeri alanları içeren dört temel bölüme sahip olduğu belirtilmektedir [10,11].

GIDA ALANINDA BİYOSENSÖR KULLANIMI

Gıdalara uygulanan analizler temelde kalite ve güvenlik amacına yönelik olarak yapılmaktadır. Kaliteden amaç, bazı fiziksel özellikler ve kimyasal bileşenlerin miktarlarını, güvenlikten amaç ise zararlı mikroorganizmaları veya onların toksinlerini ve diğer allerjen ve toksik bileşenlerin miktarlarını saptamaktır. Ayrıca gıdalara dışarıdan katılan belirli bir amaca yönelik olan veya olmayan maddelerin tespiti de önemlidir [10].

Biyosensörlerin gruplarına göre analiz alanları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Biyosensörlerin gruplarına göre analiz alanları [10].

Biyosensör Grubu	Kapsadığı Analiz Alanı
Enzim Sensörleri	Küçük moleküllü organik ve anorganik maddeler (Metabolitler, ilaçlar, gıda maddeleri, vitaminler, antibiyotikler, pestisitler vb.)
Mikrobiyal Sensörler	Enzim sensörlerinin kapsadığı alanlar + BOD, toksisite, mutajenite
DNA sensörleri	Virüsler, patojen mikroorganizmalar
İmmüno sensörler	Virüsler, patojen mikroorganizmalar, ksenobiyotikler

Proses boyunca in-line (sensörün örneğe daldırıldığı) yada on-line (örneğin sürekli olarak sensörün üzerinden geçtiği) analizlerde biyosensörler ürünlerin kalite kontrolünde ve gıda endüstrisinin bazı uygulamalarında kolaylık sağlayabilir. Proses kontrolünde kromatografik yöntemlerle karşılaştırıldığında biyosensörlerin iki avantajlı yönü yüksek seçicilik ve hızlı cevap süresidir. Doksanlı yılların sonunda gıda endüstrisinde çok az sayıda biyosensör kullanılmaktaydı ve bunlar da off-line analiz niteliğinde idi. Ticari olarak kullanım gıda ve içecek sanayinde benzer teknolojiler üzerine kurulmuştu ya bir oksijen elektrodu yada bir hidrojenperoksit elektrodu ile birleştirilmiş enzim sistemleri kullanılmaktaydı [9]. Gıda analizlerinde elektrokimyasal ve enzim sistemlerinin kombine edildiği sistemler ve özellikle oksidaz temelli sistemler ticari anlamda baskın rol oynamakta hücre doku veya mikroorganizmaya dayalı biyosensörlerin geç cevap süreleri nedeniyle kullanımının ise kısıtlı olacağı düşünülmektedir. Enzimlerin saflaştırılması, enzim stabilizasyonu ve immobilizasyon yöntemleri konusundaki ilerlemeler ve biyosensörlerde cevaplama hızının artması, analiz süresinin azalmasına katkılar sağlamaktadır. Biyosensörlerin eş zamanlı veri sağlama yetenekleri ve basit dizaynlarının yanı sıra ucuz olmaları gıda üretiminde kalite ve güvenliğin izlenmesinde çok çeşitli uygulamalarda kullanılmalarına olanak sağlayacaktır [9]. Örneğin optik biyosensörler asetaldehit, glikoz, alanin, laktat, nitrat, gliserol, etanol, ksilitol, glutamat ve sorbitol gibi çeşitli bileşenlerin konsantrasyon belirlemelerinde potansiyel uygulama bulacaktır. Bunun yanında et ve süt ürünlerinde ilaç kalıntıları, hormonlar, antibiyotik kalıntılarının belirlenmesi ve gıdaya bulaşan *Salmonella*, *Listeria* ve *Staphylococcus* gibi çeşitli mikroorganizmaların belirlenmesi biyosensörler tarafından gerçekleştirilebilmektedir.

Günümüzde birkaç ticari biyosensör çeşidi bulunmaktadır. Bu biyosensörler; otoanalizatörler, manuel laboratuvar cihazları ve taşınabilir cihazlar şeklinde mevcuttur. Bunlar, Apec Glikoz Analiz Sistemi, ESAT Glikoz Analiz Sistemi, Glucoprocasseur, Amperometrik Biyosensör Detektör, ISI Analiz Sistemi ve Oriental Tazelik Ölçer gibi ya oksijen elektrodu yada hidrojenperoksit elektroduna bağlanmış oksidaz sistemleri içeren benzer teknolojilere sahiptirler. Elektrokimya prensibine dayalı olarak çalışan Malthus 2000 gibi mikroorganizma izleyebilen ticari sistemler de mevcuttur. Bu cihaz mikroorganizmanın

gelişmesi ve metabolizması sonucunda meydana gelen yapıların elektriksel iletkenliğindeki (kondüktansı) değişiklikleri belirlemektedir ve bu cihazın analiz süresi 8-24 saattir. Midas Pro adlı cihaz ise amperometrik belirleme tekniğine sahiptir ve 20 dakika içinde mL’de 10^6 hücrelik değişim aralığında mikroorganizmaları saptayabilmektedir. BIACORE’un mikroorganizma belirlenmesi için SPR (Yüzey plazmon rezonans) teknolojisine dayalı cihazları mevcuttur. Lumac Biocounter ve Unilite ise biyoluminesans prensibine dayalı olarak çalışmakta ve mikrobiyal biyokütleyi belirlemektedirler. Her iki analiz cihazı da 10 dakikalık süre içinde mL’de 10^3 hücrelik değişimi saptayabilmektedir [3,12].

Gıda endüstrisinin gereksinimlerini karşılamaya yönelik dünya çapındaki biyosensör üreten firmalardan bazıları Tablo 2’de görölmektedir.

Tablo 2. Gıda endüstrisi için ticari biyosensörler [3]

Şirketler (Ülkeler)	Biyosensörler	Gizli bileşen
Danvers (ABD)	Apec glukoz analyser	Glikoz
Biometra Biomedizinische Analytik GmbH (Almanya)	Biometra Biosensors for HPLC	Glikoz, etanol ve metanol
Eppendorf (Almanya)	ESAT 6660 Glukoz Analyser	Glikoz
Solea-Tacussel (Fransa)	Glucoprocasseur	Glikoz ve laktat
Universal Sensors (ABD)	Amperometrik Biosensor Detector	Glikoz, galaktoz, L-amino asitler, askorbat ve etanol
Yellow Springs Instruments (ABD)	ISI Analysers	Glikoz, laktoz, L-laktat, etanol, metanol, glutomat ve kolin
Toyo Jozo Biosensors (Japonya)	Models: PM-1000 ve PM-1000 DC (on line), M-100, AS-200 ve PM-1000 DC	Glikoz, laktat, L-amino asitler, kolesterol, trigliseridler, gliserin, askorbikasit, alkol
Oriental Electric (Japonya)	Oriental Freshness Meter	Balık freshness
Swedish BIACORE AB (İsveç)	BIOCORE	Bakteri
Malthus Instruments (İngiltere)	Malthus 2000	Bakteri
Biosensori SpA (İtalya)	Midas Pro	Bakteri
Biotrace (İngiltere)	Unilite	Bakteri

Biyosensörler gıdalarda kompozisyon belirlemede, işlenmiş ve çiğ gıdalarda kontaminasyonu belirlemede, fermentasyon prosesinin on-line kontrolünde kullanılmaktadır. Yine analiz süresini

kısaltması ve maliyetinin daha az olması nedeniyle on-line ölçüm sistemleri oluşturularak HACCP sistemlerinde kontrol mekanizması olarak kullanılabilir [3].

Gıda bileşenleri üzerine değişik gıdalarda çeşitli transduserler ve biyokomponentlerle hazırlanmış biyosensörlerin tespit aralıkları Tablo 3 ve 4’de verilmiştir.

Tablo 3. Gıda maddelerindeki çeşitli bileşenler için biyosensör uygulamaları [3]

Analit	Uygulama	Biyokomponent	Transduser	Tespit aralığı
Glikoz	Yumuşak içkiler, meyve suları ve süt	Glikoz oksidaz	Amperometrik	50-500 mM
Glikoz ve Laktoz	Süt	Glikoz oksidaz, β -galaktosidaz ve mutarotaz	Amperometrik	4.44 g/100g (laktoz)
Glikoz, Fruktoz, Etanol, L-Laktat, L-Malat, Sülfıt	Şarap	Glikoz oksidaz D-fruktoz dehidrogenaz, Alkol dehidrogenaz, L-Malat dehidrogenaz, Sülfıtoksıdaz Diyaforaz	Amperometrik	0.03-15 mmol (Glikoz) 0.01-10 mM (fruktoz) 0.014-4 mM (etanol) 0.011-1.5 mM (L-laktat) 0.015-1.5 mM (L-malat) 0.01-0.1 mM (sülfıt)
Fruktoz	Bal, süt, meyve suyu ve şarap	D-fruktoz dehidrogenaz	Amperometrik	50×10^{-6} - 10×10^{-3} mol/L
Nişasta	Buğday unu örnekleri	α -amilaz, amiloglikosıdaz ve glikoz oksıdaz	Amperometrik	5×10^{-6} - 5×10^{-4} mol/L
Etanol	Bıra	Alkol oksıdaz	Amperometrik	0.12- 2.00 mM
Aset aldehit	Alkollü içecekler	Alkol dehidrogenaz	Amperometrik	0.5-330 μ M
Polifenol	Yeşil çay, üzüm ve zeytin ekstartkları	Tyrosinaz	Amperometrik	10-100 μ mol /L
Sitrik asit	Meyve suyu ve sporcu içecekleri	Sitrat liyaz	Amperometrik	0.015-0.5 mM
L-malat	Şarap, meyve suları ve cider	L-malat dehidrogenaz ve salsilat hidroksilaz	Amperometrik	0.01-1.2 mmol/L
Askorbik asit	Meyve suları	Askorbat oksıdaz	Amperometrik	5.0×10^{-5} - 1.2×10^{-3} M
L-amino asitler	Sentetik örnekler	L-amino asit oksıdaz ve horşeradiş peroksıdaz	Potansiyometrik	-
L-glutamat	Gıda aromaları	L-glutomat oksıdaz ve NADH oksıdaz	Amperometrik	0.05-1.0 mM
Aminler	Balık	Diamin oksıdaz	Amperometrik	<6 mM
Biyojenik aminler	Balık	Diamin oksıdaz	Amperometrik	< 9.5×10^{-7} M
Histamin	Deniz ürünleri	Histamin oksıdaz	Amperometrik	10-20 μ M
Hipoksantin	Balık	Ksantin oksıdaz	Amperometrik	0.5-30 μ M
Nitrat	Sentetik örnekler	Nitrat redüktaz	Amperometrik	< 100 μ M nitrat
Okzalot	Ispanak örnekleri	Okzalot oksıdaz	Amperometrik	0.12-100 μ M
Okzalot	Ispanak örnekleri	Okzalot oksıdaz ve horşeradiş peroksıdaz	Amperometrik	0.1-2.0 mmol/L

Tablo 4. Gıda analizlerinde kalıntı, mikroorganizma, toksin ve katkılar için biyosensör uygulamaları [3]

Analit	Uygulama	Biyokomponent	Transduser	Tespit oranı
Antibiyotikler	Süt	Antibadiler	SPR	-
Antibiyotikler	Gıdalar	Antibadiler	SPR	20-35 ng/ml
Bakteri	Tavuk karkası	Anti- <i>Salmonella</i> antibody	Amperometrik	10^3 - 10^7 cfu/ml
Bakteri	Beef	Anti- <i>E.coli</i> 0157:H7	Fiber-optik	3-30-cfu/ml
Bakteri	Gıdalar	Anti- <i>E.coli</i> ve Anti- <i>Salmonella</i> antibadileri	Amperometrik	50-200 hücre/ml
Bakteri	Tavuk ve balık	<i>S.enteridis</i> proteinleri	Piezoelektrik quartz kristal	-
Bakteri	Gıdalar	Anti- <i>Salmonella</i> spp antibadi	Piezoelektrik quartz kristal	5×10^5 - 1.2×10^9 cfu/ml
Herbisit	Sebzeler	Antibadiler	ISFET	5-175 ng/ml
Herbisit	Gıdalar	Antibadiler	Potansiyometrik	0.5- 5 μ g/ml
Herbisit	İçme suyu	Antibadiler	Piezoelektrik quartz kristal	-
Pestisitler	Sentetik örnekler	Asetilkolinesteraz	Piezoelektrik quartz kristal	5×10^{-8} - 1.0×10^{-5} M (parokson) 1.0×10^{-7} - 5×10^{-5} M (karbaril)
Pestisit	Sentetik örnekler	Asetilkolinesteraz	Fiber-optik	5×10^{-8} - 5.0×10^{-7} M (karbofuran) 5×10^{-7} - 5.0×10^{-6} M (parokson)
Pestisit	Sentetik örnekler	Bütirilkolinesteraz ve kolin oksidaz	Amperometrik	3.3-209 μ mol/L
Pestisit	Sentetik örnekler	Asetilkolinesteraz	Fiber-optik	0.5-20mM
Pestisit	Sentetik örnekler	Asetilkolinesteraz ve bütirilkolinesteraz	Potansiyometrik	1.5×10^{-3} - 2.5×10^{-3} mol/L
Pestisit	Sentetik örnekler	Asetilkolinesteraz	Amperometrik	1.8×10^{-7} - 5.4×10^{-5} M
Pestisit	Süt	Kolinesteraz	Amperometrik	1×10^{-11} - 5×10^{-7} M
Pestisit	Sebzeler	Asetilkolinesteraz ve bütirilkolinesteraz	Amperometrik	5×10^{-5} -50 mg/kg
Pestisit	Meyve ve sebze suları	Asetilkolinesteraz ve bütirilkolinesteraz	Amperometrik	0.5-2500 μ g/L(karbaril)
Pestisit	Meyve ve sebzeler	Kolinoksidaz, asetilkolinesteraz ve asetilkolin	Amperometrik	1×10^{-8} - 4×10^{-7} M
Pestisit	Spiked elma örnekleri	Tirosinaz	Amperometrik	0.2-2.2 μ mol/L
Toksin	Gıdalar	Anti-aflatoksin antibadi	Fiber-optik	-
Toksin	Sentetik örnekler	Anti-Staphylococcal enterotoksin B(SEB) antibadi	Piezoelektrik quartz kristal	1-10 μ g SEB/ml
Toksin	Sentetik örnekler	Antibadiler	SPR	-
Toksin	Gıdalar	Anti-Staphylococcal enterotoksin A(SEA) antibadi	Optik	10-100 ng/g
Toksin	Gıdalar	Anti-Staphylococcal enterotoksin B(SEB) antibadi	SPR	1-10 ng/ml
Aspartam	Gıdalar	Alkol oksidaz, α -simotrizin ve katalaz	Amperometrik	-

SORUNLAR

Biyosensörlerin ticari olarak üretilmesine engel teşkil eden bazı etkenler vardır. Bunlar biyoreseptörlerin, antibadilerin ve enzimlerin uzun süreli stabilizasyonundaki sorunlar, sensörlerin sterilize edilebilirlikleri, in vivo uygulamalar için biyoygunluk sorunları, diğer maddelerle oluşan spesifik olmayan adsorbsiyonlar, enzim bazlı sensörlerde immobilizasyon ve mediatör sorunları, gıdalardaki diğer bileşenlerin oluşturduğu girişimin azaltılmasındaki problemler, sensörlerin ufaltılmasındaki problemler sayılabilir [13]. Sterilizasyon iki açıdan önemlidir, birincisi 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 etmesidir [14].

Bunun yanında biyosensör hazırlamanın uzun sürmesi, moleküler biyolojik prosesler hakkında yeterli bilgi birikiminin olmaması gibi sorunlarda biyosensörlerin yaygınlaşmasını yavaşlatmaktadır [10].

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 [13].

SONUÇ

Biyosensörler görüldüğü üzere bazı temeller üzerine kurulmuştur. Bu temelleri irdeleyen bilim dallarındaki gelişmeler aynı zamanda biyosensörlerin gelişmesine olanak tanıyacaktır. Biyosensörlerle eş zamanlı gözlemlerin elde edilebilirliği, zamanında müdahaleyi mümkün kıldığından, gıda sanayisinde büyük çaplı üretimlerde riskin en aza indirilmesinde, iş gücü kaybı ve hammadde kaybının önlenmesinde önem arz etmektedir. Gıda güvenliği açısından önemli bir uygulama olan HACCP sistemi için biyosensörler sigorta görevi görebilecek niteliklere sahiptir. Biyosensörlerin spesifik ve hassas sonuçları kısa sürede elde etmeleri, genellikle kolay kullanımları, kullanım için fazla eğitim gerektirmemeleri gelecekte onların yoğun bir şekilde kullanılacağına işaretidir.

KAYNAKLAR

1. Telefoncu, A., 1997. Enzimoloji. Lisansüstü yaz okulu 21-27 Eylül 1997 Kuşadası, Aydın Türkiye. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Baskı Atölyesi. s: 400-423.
2. Yücel, U. ve Yıldız, H., 2001. Kalite güvence sisteminde yeni uygulamalar: Biyosensörler. Dünya yayıncılık. GIDA Şubat:93-94.
3. Mello, L. D. ve Kubota, L. T., 2002. Review of the use of biosensors as analytical tools in the food and drink industries. Food Chemistry Vol 77:237-256.
4. Velasco-Garcia, M. N. ve Mottram, T., 2003. Biosensor technology addressing agricultural problems. Biosystems Engineering Vol 84 (1):1-12.
5. Junhui, Z., Hong, C. ve Ruifu, Y., 1997. DNA based biosensors. Biotechnology Advances Vol 15 (1): 43-58.
6. Mehrvar, M., Bıs, C., Scharer, J. M., Moo-Young, M. ve Luong, J. H., 2000. Fiber-optic biosensors-Trends and advances. Analytical Science Vol 16 July: 677-692.
7. Ozsoz, M., 2005. Elektrokimyasal DNA biyosensörleri. Gıda kongresi (19-21 Nisan 2005 Bornova/İzmir) Sözlü bildirimler s:266-273.
8. Gürsoy, O., Kınık, Ö. ve Kavas, G., 2002. Gıda güvenliği ve HACCP kapsamında süt teknolojisi açısından biyosensörlerin değerlendirilmesi. Dünya yayıncılık. GIDA Kasım:62-68.
9. Luong, J. H. T., Bouvrette, P. ve Male, K. B., 1997. Developments and applications of biosensors in food analysis. TIBTECH September Vol (15):369-377.
10. Telefoncu, A., 1999. Biyosensörler. Biyokimya lisansüstü yaz okulu 20-26 Haziran 1999 Kuşadası, Türkiye. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Baskı Atölyesi. s: 1-9.
11. Alocijila, E. C. ve Radke, S. M., 2003. Market analysis of biosensors for food safety. Biosensors and Bioelectronics Vol 18:841-846.

12. Ivnitski, D., Abdel-Hamid, I., Atanasov, P. ve Wilkins, E., 1999. Biosensors for detection of pathogenic bacteria. *Biosensors & Bioelectronics* 14:599-624.
13. Deshpande, S.S. ve Rocco, R.M., 1994. Biosensors and their potential use in food quality control. *Food Technology* June:146-150.
14. Prodromidis, M. I. Ve Karayannis, M., 2002. Enzyme based amperometric biosensors for food analysis. *Electroanalysis* Vol 14 (4):241-261.