

YENE BİLEN AŞILAR

Aşılar, hastalıklara karşı korunmak amacıyla kullanılan preparatlar. Birçoğumuz ilk aşımızı ne zaman olduğumuzu hatırlamayız bile. Dünya üzerindeki milyonlarca çocuk, aşılarla bulaşıcı hastalıklara karşı korunuyor.

Aşıların bulaşıcı hastalıkları önlemek amacıyla tıpta kullanılmaları, yaklaşık 200 yıllık bir geçmişe sahip. O yıllarda bağışıklık sistemi hakkında çok az bilgi sahibi olunmasına rağmen, İngiliz fizyolog Edward Jenner'in incelemeleri sonucu ilk aşılama 1796 yılında gerçekleştirildi. Jenner, sütçü kızların ineklerde görülen, fakat insanlarda hafif biçimde seyreden çiçek hastalığı (cowpox) mikrobunu aldıklarını tespit etti. Tuhaf bir şekilde, bu kadınlar, insanlarda öldürücü olan çiçek hastalığına (smallpox) çok ender yakalanıyorlardı. Bu iki hastalık arasında bir bağlantı olup olmadığını anlamak için, Jenner, ineklerde görülen mikrobi genç bir adamın derisine verir. Jenner, birkaç hafta sonra aynı kişinin derisine ölümcül çiçek hastalığının mikrobunu temas ettirdikten sonra, adamın hastalığa yakalanmadığını görür. Jenner'in başarıyla sonuçlanan bu gözlemi, günün birinde çiçek hastalığının aşılama yoluyla yok edilmesine kadar uzanacaktır. Bir kasaba doktorunun, gözlemlerine dayanarak yaptığı uygulamalarla başlayan aşılama, günümüzde bilim adamlarının, üniversitelerin ve araştırma laboratuvarlarının üzerinde çalıştıkları, uzmanlık gerektiren bir teknoloji haline gelmiş durumda. Çiçek aşısının etkin kullanımı sonucu, Jenner'in tahminleri gerçekleşmiş ve 1977'den bu yana dünyada çiçek hastalığı görülmemiş bulunuyor.

Çiçek hastalığının aşılama yo-

luyla yokedilmesinden sonra çocuk felci (polio) hastalığının da yine aşılama yoluyla ortadan kaldırılması hedeflendi. Bir zamanlar çocuk felci, insan sağlığını ciddi boyutta tehdit eden bir hastalıktı. Bu hastalığın kurbanlarından biri de ABD Başkanı Franklin Roosevelt idi. 1950'li yıllarda araştırmacılar bu hastalığa karşı güvenli ve etkili bir aşı geliştirmek amacıyla çalışmalar başlattılar. Dr. Jonas Salk tarafından geliştirilen aşı sayesinde dünyada 1991 yılından bu yana, geçtiğimiz yıl görülen birkaç vaka dışında çocuk felci vakasına rastlanmamış bulunuyor.

Görüldüğü gibi aşılar, bulaşıcı hastalıklarla mücadelede neredeyse mucizeler yaratıyor. Çiçek hastalığı aşılama sayesinde tarihe karıştı ve yakın bir zamanda aynı şey çocuk felci için de geçerli olacak. 1990'ların sonlarında dünya çocuklarının çok zararlı 6 hastalığa karşı bağışıklık kazanmasını sağlamak amacıyla uluslararası bir

kampanya başlatıldı, çocukların %80'ine ulaşıldı ve bu hastalıklardan ölen çocukların sayısı 3 milyon kadar azaldı. Fakat halen çocukların %20'sine bu 6 aşının (difteri, boğmaca, çocuk felci, kızamık, tetanoz ve tüberküloz) yapılamamış olması, gelişmemiş ülkelerde her yıl iki milyon çocuğun ölümüne neden oluyor. Hastalıklardan korunma, toplum sağlığının kilit noktasını oluşturmaktadır. Bir hastalıktan korunma, her zaman için hastalığı tedavi etmekten daha kolay.

Bilim adamları herhangi bir hastalığa neden olan mikroorganizma ya da toksinin özelliklerini belirlediklerinde, bu hastalığa karşı bir aşı geliştirmeyi hedeflerler. Aşıların geliştirilmesinde tüm yaklaşımlar, bağışıklık sistemi ve vücudun yabancı maddelere karşı olan doğal savunma sistemi üzerinde yoğunlaşır. Aşının amacı, bağışıklık sisteminde bir bellek oluşturarak, vücut aktif hastalık ajanlarıyla karşılaştığında, bağışıklık sisteminin önceden tanıdığı hastalıkla savaşmasını sağlamak.

Moleküler biyoloji ve immünoloji bilimindeki olağanüstü gelişmeler, yeni aşıların üretimi ve geliştirilmesi konusunda bilimadamlarına çok çarpıcı avantajlar sağlıyor. Gerek eski hastalıklar, gerekse çağımızda ortaya çıkan hastalıklar, bilim adamlarını aşılarla ilgili yeni yaklaşımlara götürmekte. AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome) hastalığına neden olan HIV (Human Immunodeficiency Virus) ajanı, dünya çapında toplum sağlığını tehdit etmeye devam etmekte ve günde yaklaşık 5000 insanın bu virüsü kapıldığı bilinmektedir. Bu hastalıktan korunmak için acil olarak gü-



1796 yılında Edward Jenner tarafından çiçek hastalığına karşı ilk aşılama yapıldı.

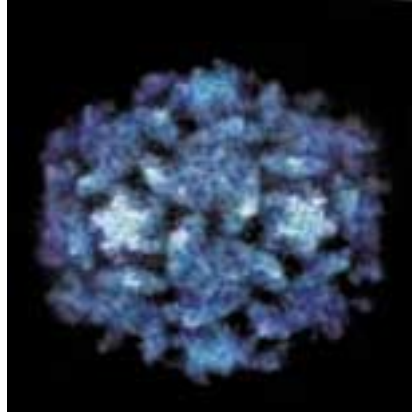
venli ve etkili bir aşıya gerek duyulmakta. ABD’de bulunan Ulusal Alerji ve Bulaşıcı Hastalıklar Enstitüsü (NI-AID-National Institute of Allergy and Infectious Diseases) bu konuyla ilgili yoğun çalışmalar yürütüyor. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda yaklaşık 20 kadar AIDS aşısı geliştirildi ve klinik testlere tabi tutuldu.

Bir aşının geliştirilmesi sırasında, hazırlanan ilk preparatlar hücre kültürü ya da doku kültürü sistemlerinde test ediliyor. Elde edilen sonuçlar olumluysa, testler laboratuvar hayvanları (fare ve maymun gibi) üzerinde devam ettiriliyor. Eğer üretilen aşı, bu klinik öncesi testleri geçerse, gönüllü insanlar üzerinde klinik testler yapılıyor. Klinik çalışmalar binlerce gönüllünün katılımıyla gerçekleşiyor. Aşı çalışmaları için gönüllü olan kişiye, klinik testleri yapılmakta olan aşı enjekte ediliyor. Gönüllü, belirli zamanlarda kliniği ziyaret ederek tıbbi testler için kan ve doku örnekleri veriyor. Yapılan bu testler sonunda aşının kullanılabilirliği, güvenilirliği ve etkinliğiyle ilgili son kararlar veriliyor. Bu şekilde 3 ayrı aşamada test edilmiş olan aşı için, onay almak üzere yetkili kuruluşlara başvuru yapılabilir.

Bugün araştırmacıların öncelikle üzerinde durdukları ve geliştirmeye çalıştıkları aşılardır; hepatit A, B, C ve D tiplerine, rotavirus, shigella, kolera, AIDS, B grubu streptokoklar, grip ve tüberküloz hastalıklarına karşı olanlar.

Aşıların hastalıkları, ölümleri ve sakatlıkları önledikleri başarıyla kanıtlanmış olmasına rağmen, dünya çapında aşılama ile ilgili bazı zorluklarla karşılaşmakta. Aşıların geliştirilmesi ve üretilmesi sırasında karşılaşılan sorunlar, teknolojiye ve biyotıp alanındaki gelişmeler sayesinde çözülebilmekte. Fakat aşıların dünya çapında dağıtılması ve kullanımıyla ilgili zorluklar henüz çözülebilmemiş değil. Dolayısıyla dünyanın üçüncü köşelerinde bulunan çocuklar, hastalıklardan korunmak için yeterli dozları alamıyorlar.

1990’ların başlarında, Texas A&M Üniversitesinden Charles J. Arntzen, bu sorunları çözmek için ortaya bir fikir attı. Dr. Arntzen Bangkok ziyareti sırasında, bir annenin ağlayan bebeğini muz yedirerek sakinleştirmeye çalıştığını görmüştü. Biyoloji biliminde-



Çocuk felci virüsü

ki gelişmeler, seçilmiş genlerin bitkilere aktarılmasıyla kodlanmış proteinler üreten transgenik bitkilerin yetiştirilmesini mümkün kılıyordu. Arntzen’in düşüncesi, bu gelişmelerden yola çıkarak besinlerin genetik olarak düzenlenmesiyle yenebilir kısımlarında aşıların üretilmesiydi. Böyle bir yöntem muazzam avantajlar getirebilirdi. Bitkiler standart yöntemlerle, bölgesel olarak ve ucuza yetiştirilebilirdi. Bitkilerin çoğu kendiliğinden yeniden üreyebildiğinden, üreticilerin her yıl tohum almaları gerekmeyecekti. Evde yetişen bitkilerde üretilen aşılar, halen kullanılmakta olan aşılar-



Muz, patates ve domates, enjekte edilen aşılar alternatif olmak üzere araştırılan besinler arasında yer alıyor. Muz, gelişmekte olan ülkelerin pek çoğunda yetişmesi, çiğ olarak yenmesi ve çocuklar tarafından sevilmesi nedeniyle aşı üretimi açısından özellikle yeğleniyor.

da karşılaşılan nakliye ve soğuk depolama gibi lojistik ve ekonomik problemler getirmeyecekti. Yenebilir olmaları nedeniyle, aşıların uygulanmasında şırıngalara gerek kalmayacak, hem enfeksiyon riski, hem de maliyet ortadan kalkacaktı.

Arntzen’in bu parlak fikrini gerçeğe dönüştürmek için yapılan çalışmalar halen başlangıç aşamasında sayılır. Yine de, 10 yıldır hayvanlar üzerinde yapılan testler, yenebilir aşıların kullanılabilirliğine dair umut vermekte. Yapılan araştırmalar, yiyecekler yoluyla alınan bazı aşıların otoimmüniteyi (vücudun kendi hücrelerini yabancı madde olarak algılayıp yok etmesi) bastıracağı yolundaki tartışmaları da alevlendirmiş durumda. Otoimmünite bozukluklarında meydana gelen rahatsızlıklar arasında tip 1 şeker hastalığı (genellikle çocukluk çağında ortaya çıkan şeker), multipl skleroz ve romatizmal artrit sayılabilir.

Vücuda hangi yolla alınırsa alınsın, bulaşıcı hastalıklara karşı olan aşıların amacı aynı: bağışıklık sistemini uyarak hastalık yapıcı ajanların, yani patojenlerin, belirtilere yol açmadan önce ortadan kaldırılmasını sağlamak.

Bağışıklık sisteminin uyarılması ya da harekete geçirilmesi, vücuda ölmüş veya üreyemeyecek kadar zayıf olan bakterilerin veya virüslerin gönderilmesiyle sağlanır. Bağışıklık sistemi, vücuda aşı yoluyla gönderilen yabancı organizmayı saptar ve vücut tam bir düşman saldırısıyla karşı karşıyaymış gibi davranarak hareket eder. Saldırmanı yok etmek için tüm gücünü harekete geçirir ve belirli antijenleri (yabancı olarak tanımlanan proteinler) hedef alır. Bu ani ve hızlı cevap daha sonra azalır ve görevi, bellek hücreleri olarak adlandırılan nöbetçi hücreler devralır. Bu hücreler her an alarmda olan ve hastalık yapıcı madde vücutta gelişme olanağı bulunduğu anda hemen harekete geçerek karşı cevap veren hücrelerdir. Bazı aşılar ömür boyu koruma sağlarken, bazılarının (kolera, tetanoz gibi) belli aralıklarla tekrarlanması gereklidir.

Klasik aşıların kullanımı az, fakat oldukça tedirgin edici bir risk oluşturmaktadır. Aşılar da kullanılan mikroorganizmalar, vücut içinde canlanarak aslında önlemleri gereken hastalıklara neden olabilirler. Buna bağlı olarak

aşı üreticileri 'subunit preparations' denilen ve hastalık yapıcının genlerinden alınmış antijen özelliğindeki protein yapılarıdan oluşan rekombinant preparatları yeğliyorlar. Tek başlarına proteinlerin bir enfeksiyon başlatması mümkün değil. Ne var ki, rekombinant aşılarda maliyeti, bakteri ya da hayvansal hücre kültürlerinde üretilmeleri ve sonrasında saflaştırma işlemine tabi tutulmaları nedeniyle yüksek.

Yenebilir aşılarda, patojenlerin oluşması için gerekli genler yerine sadece antijen taşıdıklarından rekombinant preparatlara benzerler. 10 yıl kadar önce Arntzen, yenebilir aşılarda rekombinant aşılarda kadar güvenilir olacağını, hatta maliyet, saflaştırma ve depolamada avantajlar elde edileceği sonucuna vardı. Fakat yenebilir aşılarda insanların üzerindeki etkileri araştırılmadan önce, cevaplandırılması gereken birkaç soru vardı. Antijen genleri taşıyan bitkiler, bu belirli proteinlerin işlevsel kopyalarını oluştururlar mı? Testlerde kullanılan hayvanlara besinler yoluyla verilen antijenler, etki göstermeden mide ortamında bozunurlar mı? Antijenler bozunmadan kalsalar bile bağışıklık sisteminin ilgisini çekebilirler mi? Bağışıklık sisteminin verdiği cevap, hayvanı hastalıklardan koruyacak kadar etkili olur mu?

Bunlara ek olarak araştırmacılar, yenebilir aşılarda "mukozal bağışıklığı" da harekete geçirip geçirmeyeceğini bilmek istiyorlar. Bildiğimiz gibi birçok patojen vücudumuza ağız, burun ve diğer açık bölgelerden giriyor. Böylelikle ilk karşılaştıkları savunma, solunum yolunu, sindirim sisteminin ve üriner sistemi kaplayan mukoz (sümküsü) zarları oluyor. Mukozal bağışıklık cevabı etkili olduğunda, antikolar (antijenleri yok etmek üzere bağışıklık sisteminin salgıladığı proteinler) geçiş yolu üzerindeki boşluklara hızla ilerleyerek karşı karşıya geldikleri her patojeni etkisiz hale getiriyorlar. Bu etkili reaksiyon, bağışıklık sisteminde bulunan diğer hücreleri de etkinleştirerek, hastalık yapıcıların yok edilmesini sağlıyor.



Enjeksiyon yoluyla alınan aşılarda mukozal bağışıklık cevaplarını uyararak yetiniyorlar. Fakat yenebilir aşılarda, sindirim sisteminin çeperleriyle etkileşiyorlar. Bu durumda kuramsal olarak hem mukozal bağışıklığı, hem de sistemik bağışıklığı etkinleştirmeleri gerekir. Bu ikili etkileşiminse, özellikle ishale neden olan tehlikeli mikroorganizmalara karşı koruma sağlama bekleniyor.

Yenebilir aşılarda geliştirilmesinde çalışan araştırmacılar ishale mücadelede özellikle önem veriyorlar. Norwalk virüsü, *Vibrio cholera* ve enterotoksijenik *Escherichia coli*'nin neden olduğu bu hastalık gelişmekte olan ülkelerde yılda yaklaşık üç milyon bebeğin ölümüne neden olmakta. Hastalık etkeni patojenler ince bağırsakta bulunan hücrelerin bozunmasına yol açarak kan ve dokulardaki suyun bağırsakta toplanmasına neden olurlar. Sonuçta, dokularda meydana gelen bu su kaybı damardan ya da ağız yoluyla elektrolit içeren çeşitli çözeltilerin vücuda verilmesiyle yenilmeye çalışılsa da, bu tedavinin işe yaramadığı durumlarda hastalık ölümle sonuçlanır. Söz konusu patojenlere karşı koruyucu bir aşı henüz geliştirilmemiş durumda.

1995 yılında araştırmacılar bitkilerin uygun yapılarında yabancı antijenlerin üretilebileceklerini saptadılar. Arntzen ve grubu, hepatit B virüsünden elde edilen bir protein genini bütün bitkisine yerleştirerek, bitkinin bu proteini sentezlemesini sağladılar. Elde ettikleri antijeni bir fareye enjekte ettiklerinde ise, farenin bağışıklık sisteminin harekete geçtiğini ve sistemin verdiği bu cevabın, virüse verilen cevapla aynı olduğunu saptadılar (Hepa-

tit B virüsü ciğerlerde zarara yol açar ve hastalık kansere kadar ilerleyebilir).

Fakat amaç, korumayı enjeksiyon yoluyla değil, besinler yoluyla sağlamak. Geçtiğimiz beş yıl içerisinde yapılan çalışmalarda Arntzen ve grubu domates ve patates bitkilerinin Norwalk virüsü, *Vibrio cholera* ve enterotoksijenik *Escherichia coli*'den alınan antijenleri sentezleyebildiğini tespit ettiler. Daha da ötesi, denek

hayvanları antijen-bağlanmış yumru kök veya meyvalarla beslendiğinde, hayvanları patojenlere ya da mikrobiyal toksinlere karşı koruyan mukozal ve sistemik bağışıklık cevaplarının ortaya çıktığı görüldü. Laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan deneylerde, yenebilir aşılarda ayrıca şap virüsü, *Helicobacter pylori* (ülsera neden olan bir bakteri türü) ve mink enterik virüs (insanlarda etkili değildir) üzerinde de etkili olduğu saptandı. Aslında besin maddesi olan bitkilere nakledilen antijenlerin, mideden bağırsaklara uzanan yolda bozunmadan kalması ve etkilerini bağışıklık sistemini harekete geçirebilecek kadar korumaları çok da yadırganacak bir durum değil. Görünen o ki, bitki hücrelerinin dayanıklı dış duvarı, antijenler için geçici bir zırh oluşturuyor ve antijenleri mide sıvılarının tahrip edici etkilerinden koruyor. Bağırsaklardaysa bitki duvarı parçalanır ve hücreler, içlerinde taşıdıkları antijeni ortama salıyorlar.

Tabii ki buradaki kilit soru, yenebilir aşılarda insanlarda etkili olup olmayacağı. Bu teknoloji için klinik deneyler çağrı yeni başlıyor. Yine de Arntzen ve grubu insan deneylerinde güven verici bazı sonuçlar elde ettiklerini yayınladılar. 1997 yılında *E. coli* toksininin iyi huylu bir parçasını içeren kabuksuz, çiğ patatesi yiyen gönüllü deneklerde, mukozal ve sistemik bağışıklık cevaplarının alındığı görüldü. Daha sonraki deneylerde, Norwalk virüsü içeren patatesten yiyerek aşılardan 20 kişiden 19'unda bağışıklık etkinliğine rastlandı. Benzer biçimde, Thomas Jefferson Üniversitesinden Hillary Koprowski, üç gönüllüyü hepatit B antijeni içeren transgenik marula aşılarken 2 denekte çok iyi dü-

zeyde sistemik bağışıklık cevapları elde etti. Ne var ki, yenebilir aşılardan insanların hastalıklara karşı koruyup koruyamayacağı halen açıklığa kavuşturulmayı bekleyen bir soru.

Kısacası bugüne kadar hayvan ve insanlarda yapılan çalışmalar, stratejinin mümkün ve uygulanabilir olacağını gösteriyor. Tabii ki bazı konular halen belirsizliğini korumakta. Öncelikle, bitki tarafından sentezlenen aşının miktarı az. Araştırmacılar, hem üretimin artırılması, hem de yenebilir aşının bilinen dozda antijen içermesini sağlamak için çalışmalar yapmaktalar.

Bunlara ek olarak, antijenlerin vücutta kullanılmadan atılması fikrine karşılık, bağışıklık sistemini etkinleştireceğine dair kanıtların kuvvetlendirilmesi gerekiyor. Bitkilerde dezavantaj olan düşük düzeyli antijen üretimi, bitkiye antikor üretimini hızlandıran maddelerin eklenmesi ve bağışıklık sistemine hedeflemenin doğru yapılmasıyla ortadan kaldırılabilir. Hedefleme stratejilerinden biri, antijenlerin bağırsak çeperlerinde bulunan ve M hücreleri olarak bilinen bağışıklık sistemi bileşenlerine afinite (ilgi) gösteren moleküllerle bağlanarak kullanılması. M hücreler ince barsağa gelen materyallerden (patojenler dahil) örnek alarak bunu bağışıklık sisteminin antijen-tanıyan hücrelerine iletirler. Makrofajlar ve antijen tanıma özelliğine sahip öteki hücreler bu örneği parçalar ve sonuçta ortaya çıkan protein parçalarını hücre duvarına yerleştirirler. Eğer, yardımcı T lenfositler denilen beyaz kan hücreleri bu parçaları yabancı olarak tanımlarlarsa, B lenfosit hücrelerinin nötralize edici antikor salgılamalarını ya da tanımlanmış olan düşmanın yok edilmesi için saldırı başlatılmasını sağlarlar. Zararsız olan bir V. cholera segmentinin (B segment) M hücreler üzerindeki bir moleküle kolaylıkla bağlandığı ve yabancı maddelerin bu hücreye gelmesinde öncü olduğu tespit edilmiş durumda. Başka patojenlerden alınan antijenler bu segmentin üzerine yapıştırılarak vücutta gönderilirse, antijenlerin M hücreler tarafından tutulma olasılığı artacak ve bağışıklık sistemi gönderilen antijene karşı kuvvetlenecektir. B segmenti aynı zamanda kendi kopyalarıyla da etkileşerek yüzük biçiminde bir şekil alır. Bu özelliğinden dolayı, M



hücrelerine değişik antijenler taşıyabilecek bir aşı üretilmesi için kullanılabilir. Bu yolla tek bir aşı kullanılarak birçok hastalıktan korunma sağlanacaktır.

Araştırmacıların üzerinde durdukları diğer bir sorunsu, bitkilerin yabancı proteinler üretmeye başladıklarında, gelişimce zayıf olmaları. Önerilecek çözümlerden biri, bitkiye bazı düzenleyici elemanlar yerleştirerek, kodlanan antijenin yalnızca belli zamanlarda (örneğin bitki neredeyse olgunluğa ulaştığında) üretilmesi ya da yalnızca bitkinin yenebilen bölgesinde üretilmesi sağlanabilir. Bu konuda yapılan çalışmalarda gelişmeler var.

Tüm bunlara ek olarak her bitki kendine göre avantaj ve dezavantajlara sahip. Patates bitkisi pek çok bakımdan avantajlı görünmekte. Üretimi kolay ve uzun süre soğuk depolama koşullarına gerek duyulmaksızın saklanabilir. Fakat patates genellikle pişirilerek yenilen bir sebze ve pişme sırasında alacağı ısı, protein yapılarının bozunmasına neden olabilir. Aslında patates bitkisi, tıpkı tütün gibi elde etmesi kolay olduğundan aşı aracı olarak kullanılmaktan çok, deney malzemesi olarak kullanılmış bulunuyor. Ayrıca, beklenenin tersine, patates pişirildiğinde, içeriğinde bulunan protein yapısındaki antijenin tamamının bozunmadığı görülmüş bulunuyor. Muz, pişirme gerekmesiz yenebildiği ve gelişmekte olan ülkelerde çok miktarda yetiştirildiği için avantajlı konumda. Fakat muz ağacının olgunluğa ulaşması birkaç yılı alır ve meyve olgunlaştıktan kısa bir süre sonra bozulur. Domates kolay yetişir, fakat çok çabuk çürür. Üzerinde çalışılan diğer yiyeceklerse, marul, havuç, yerfıstığı,

pirinç, buğday, mısır ve soya fasulyesi.

Bilim adamlarının emin olmaları gereken diğer bir konu, bağışıklık sistemini kuvvetlendirmesi gereken aşılardan ters teperek, sistemi uyarmak yerine, sistemin çalışmasını önlemesi. "Oral tolerans" olarak adlandırılan konu hakkındaki araştırmalar, birtakım proteinlerin sindirilmesinin, vücudun bu proteine karşı tepkisiz hale gelmesine neden olduğunu ortaya koymuş durumda. Yenebilir aşılardan da güvenli ve etkili dozlar tayin edilmeli ve oral yolla alınan bir antijenin bağışıklık sistemini nasıl etkilediği araştırılmalı.

Son olarak üzerinde mutlaka çalışılması gereken bir konu, hamileler tarafından alınan besinlerdeki aşılardan, ceninleri dolaylı olarak etkileyip etkilemediği. Teorik olarak hamile bir kadın, aşı içeren bir muz yediğinde, placentaya yoluyla cenine kadar ulaşabilecek antikor üretimini başlatmış olabilir. Ya da aynı şekilde, emziren annelerde antikor, süt yoluyla bebeğe geçebilir.

Bulaşıcı hastalıklarla savaşta, yenebilir aşılardan kullanılması için katedilmesi gereken uzun bir yol var. Bununla birlikte teknik engellerin üstesinden gelinebileceği düşünülüyor. Hiç bir gelişme dünya üzerindeki milyonlarca savunmasız çocuğun hayatını kurtarmak kadar sevindirici olamaz.

Prof. Dr. Menemşe Gümüşderelioğlu
Araş. Gör. Ayşe Gönen Karakeçili
Hacettepe Üniversitesi, Kimya Mühendisliği ve
Biyomühendislik Ana Bilim Dalları

Kaynaklar
William H.R. Langridge, 'Edible Vaccines', Scientific American, Eylül 2000.
<http://www.sabin.org>
<http://www.cdc.gov>
<http://www.fda.gov>