

## Doğal Aroma Maddeleri Üretimine Biyoteknolojik Yaklaşım<sup>(1)</sup>

Çeviren : Dr. Merih KIVANÇ

Atatürk Üniv. Ziraat Fak. TÜT Bölümü — ERZURUM

Doğal aroma maddelerine karşı ilgi artmaktadır. Aroma maddelerinin genişleyen dünyaya pazarında, biyoteknolojik işlemler yoluyla aroma maddeleri üretiminin çok sayıda avantajı ortaya konmuştur. Bu derlemede, aroma maddeleri üretimi için biyoteknolojinin ticari olarak kullanımı konusunda tüketici tercihi, yasal düzenlemeler ve teknik incelemelerin mevcut imkânlarla nasıl bağdaştırılacağı tartışılmıştır.

Günümüzde, aroma maddeleri için dünya pazarında 2-3 milyon dolar para harcanmakta ve bu devamlı olarak artmaktadır. Arzu edilir tat ve koku veren aroma maddeleri, dünyada kullanılan gıda katkı maddeleri miktarının % 10-15'inin oluşturur. Bu miktar, toplam gıda katkıları pazarının değer olarak % 25'idir.

### DOĞAL AROMA MADDELERİNDE DOĞRU PAZAR EĞİLİMİ

Eskiden beri, çok kompleks bileşiklerden basit bileşiklere kadar aroma bileşikleri fermentasyon yoluyla üretilmiş veya bitkisel kaynaklardan ekstrakte edilmiştir (fermente süt ürünleri gibi). Meyve aroması ve renk ilk sentetik aroma formunda 19. yüzyılda bulunmuştur. Aromaların esas temelini teşkil eden bileşiklerin yapıları ortaya konmaya başladıktan sonra, sentetik aroma bileşikleri elde edilir hale gelmiştir (Şekil 1). İlerlemelere rağmen birçok aroma bileşiği, ekonomik sebeplerle ve tüketicilerin doğal ürünleri tercih etmeleri yüzünden hala bitkisel kaynaklardan ekstrakte edilmektedir. Son yıllarda, tabiata geri dönme isteği son derece artmıştır. Bunun sebebi, büyük bir ihtimalle, doğal olmayan kimyasalların sayısındaki artış olabilir. Bu kimyasallardan bazıları toksik etki göstermektedir. Sonuç olarak, tüketiciler özellikle sık olarak tükettikleri maddelerde do-

ğal bileşiklerin bulunması ile kendilerini daha rahat hissetmektedirler.

«Doğal» teriminin manası toplumlara göre değişebilir. ABD'de «doğal aroma» terimi yasal olarak şöyle tarif edilmiştir :

«Gıdalarda besleme özelliğinden çok, aroma vermek için kullanılan baharat, meyve veya meyve suyu, sebze ve sebze suyu, yenebilir maya, çeşni otu, ağaç kabuğu, çiçek tomurcuğu, kök, yaprak veya benzer bitkisel materyal, et, deniz ürünleri, kanatlı etleri, yumurtalar, süt ürünleri veya fermentasyon ürünlerinden kaynaklanmış aroma bileşenleri içeren uçucu yağ, oleoresin, öz veya özüt, protein hidrolizati, restilat veya kızartma, ısıtma ve enzim tesiriyle oluşturulmuş diğer ürünlerdir» (Code of Federal Regulations, 21 CFR 101. 22. a.3).

Dolayısıyla, bu tanım, canlı hücreler veya (enzimler dahil) bileşenlerince modifiye edilmiş ürünleri kapsar.

### BIYOTEKNOLOJİK AROMA MADDELERİ ÜRETİMİNİN AVANTAJLARI

Doğal ürünlere artan ilgi, bitkiler gibi ham materyallerden ekstraksiyon yoluyla doğal aroma maddelerinin üretimini gerekli kılmıştır. Bununla beraber, bu hammaddelerin çeşitli problemleri vardır. Hammaddeler, arzu edilen aroma bileşiklerini çoğunlukla düşük konsantrasyonlarda ihtiva ederler ve bu yüzden ekstraksiyon pahalı olur. Ayrıca, materyallerin temini, aromanın kalitesine ve miktarına önemli ölçüde tesir eden, iklim ve mevsim değişmelerine bağlıdır. Temin, üretim bölgelerinin sosyopolitik şartlarından da etkilenir. Bu, aroma maddelerini üreten geleneksel ekstraksiyon teknolojisine dayalı endüstrilerin en büyük problemi- dir. Bundan başka bazı bitki türleri gündeme gelebilir veya bazıları ortadan kalkabilir.

Aromalar doğal maddelerin kimyasal transformasyonu ile üretilse bile son ürün aroma bileşiklerinin «doğal» olarak etiketlenmesi yasal

(1) Armstrong, D.W. and Yamazaki, H. 1986. Natural flavours production : a biotechnological approach. *Trends in Biotechnol.* 4: 264 - 268.

**Şekil 1. Aromanın Unsurları**

I) A — Koku (burunla alınan) : Başlıca olarak, gıdaların uçucu bileşenleri

B — Tat (ağıza alınan) : Başlıca olarak, gıdaların uçucu olmayan bileşenleri

Tuzluluk : Klor grubundan bir elementle oluşan tuz

Ekşilik : Protonik organik asitler

Tatlılık : İnorganik bileşikler, şekerler, polihidrik alkoller, karboksilik asitler, amino asitler, peptitler, proteinler, glikozitler, izokumarin deriveleri, indol, alkoloitleri, sentetik tatlandırıcılar vb.

Acılık : Alkoloitler, terpenler, şekerler (B-D-mannoz) flavonoitler, amino asitler, peptitler vb.

Umami\* : Aroma araştırmacılar veya aroma kuvvetlendiriciler Amino asitler (monosodyum glutamat) ve nükleoitler (inozinat monofosfat ve guanilat monofosfat)

Tat değiştiricileri :

Jimnemik asit, tatsızlığın giderilmesi,  
monosodyum glutamat tuzlu

Tat değiştirici protein  
ekşi tatlı

Klorojenik asit. sinarin,  
su tatlı

II) Özel tat duyuları - serinletici L-(—) mentol, yakıcı, keskin, sert (piperin) tesir.

III) Tekstür, sıcaklık ve fizyolojik faktörler (görünüş vb.).

\* Belli konsantrasyonlarda tuzlu, ekşi, tatlı veya acı şeklinde tanımlanamayan aromaya sahip bileşikler.

değildir. Ayrıca, kimyasal metotların sübstrat spesifikliği eksik olabilir, bu, düşük ürün safılığı ve verimine yol açar. Rasemik karışımlar ortaya çıkar ve bu karışımlardan arzu edilen izomeri ayırmak da zor değilse bile pahalıdır. Ekstraksiyonun veya sentetik üretimin bu dezavantajları, alternatifi olan biyoteknolojik işlemleri cazipleştirmektedir.

Hücreler ve enzimler, uygun şartlar altında çok özel çeşitli reaksiyonları gerçekleştirirler. Çünkü bu biyokatalistler, biyoteknolojik işlemlerin anahtar elemanlarıdır. Bu katalizörleri ihtiva eden, iyi kontrol edilmiş reaktörlerde yıl boyunca sabit ve kabul edilebilir durumda bileşikler üretilebilir. Dahası maliyeti azaltan ve işlemi kolaylaştıran biyokatalistler üzerindeki genetik çalışmalar vasıtasıyla, bileşiklerin saflığını ve miktarını artırmak için potansiyel mevcuttur. Mikrobiyal biyokatalistlere verilen önem, nisbeten ucuz besin unsurlarından yeniden ürünler sentez edilmesinden dolayıdır. Üstelik mikroorganizmalar, ilave edilen bileşikler üzerinde çok aşamalı transformasyonlar yapabilirler. Diğer taraftan, izole edilmiş formdaki

veya geçirgen hücrelerdeki enzimler, yüksek konsantrasyonlardaki mevcut maddeleri değiştirebilirler. En önemlisi, her iki durumda da ürünler, doğal maddelerden kaynaklanıyorsa, «doğal» olarak etkilenebilir.

**BIYOTEKNOLOJİK İŞLEMLER**

Enzimler veya hücreler kullanılarak üretilmiş doğal aroma bileşikleri başlıca iki gruba ayrılır :

1 — Aroma karışımları (aroma bileşiklerinin karışımı)

2 — Aroma maddeleri (tek tek aroma bileşenleri)

**Aroma Karışımları**

Birçok geleneksel gıda maddeleri ve içkilerin aroması, aroma maddelerinin kompleks bir karışımından ibarettir ve bilinen kimyasal bileşikler biraraya getirilerek teknik veya ekonomik sebeplerle kolayca oluşturulamazlar. Buna karşın, böyle aroma bileşikleri oldukça kolay bir şekilde biyoteknolojik işlemlerle üretilebilir.

Peynir aroma bileşikleri, peynirlerin içerisinde meydana gelen biyokatalitik reaksiyonlar sonucunda gelişir ve peynir olgunlaşması normal olarak 3-9 ay alır; masraflar, maliyeti önemli ölçüde artırır (her ay için pound başına 3 sent). Peynir mikrobiyal olarak elde edilmiş lipaz ve proteaz ilavesinin, olgunlaşmayı 2-4 kat hızlandırdığı gösterilmiştir. ABD'de geleneksel olgunlaştırma metodlarıyla her yıl 2 milyon pounddan daha fazla çedar peyniri üretilir. Eksojen enzimler kullanılması düşünülürse, potansiyel tasarrufun önemi ortaya çıkar. Mikrobiyal proteaz ve lipazın bazı karışımları bugün ticari olarak mevcuttur. Mavi peynir aroması konsantreleri, on karbonlu veya daha az uzunluktaki serbest yağ asitlerini meydana getiren ve süt yağlarını hidrolize eden **Penicillium roqueforti** lipazı kullanılarak da üretilmektedir. **Candida rugosa** ve **Mucor miehei**'den elde edilen lipazlar farklı uzunluktaki yağ asidi zinciri için farklı etkiler gösterir. Bu özellikten, değişik peynir aroma karışımları oluşturmakta yararlanılabilir. Benzer olarak, mikrobiyal aktivite ile süttten ve pıhtıdan kaynaklanan çeşitli aroma karışımları, fırın ve şekerleme ürünlerine tereyağ aroması vermek için yaygın bir şekilde kullanılır.

Gıdalarda, özellikle meyve ve sebzelerde ısıtma işlemi, aromanın gelişmesi için gerekli olabilen endojen enzimlerin denatüre olmasına sebep olur. Bu nedenle, aroma önmaddelerini (precursor) ihtiva etseler bile bir çok işlenmiş gıdada doğal aroma noksanıdır. Teorik olarak, aroma bütünlüğü kaybolan enzimlerin ilavesiyle geliştirilebilir. Yine de, aroma gelişmesinin mekanizması (gidiş, enzim özellikleri vb.), böyle bir yaklaşımı başarıyla uygulamadan önce ortaya konmalıdır. Ekonomi, muhtemelen, endojen enzimlerden ziyade mikrobiyal enzimlerin kullanılmasını önerecektir.

Enzimler, gıdalardaki aromayı korumak veya artırmak için de dolaylı olarak kullanılabilir. Bitkisel kaynaklardan ısıya hassas ve diğer karsız aroma bileşenlerinin elde edilmesini ıslah etmek için, bitki dokuları, pektinaz ve selüloz gibi enzimlerle değirmen şartları altında parçalanabilir. Örneğin, Japonlar, portakal suyu ekstraksiyonunu artırmak için fungal selüloz enzimi kullanırlar. Bu işlem, bozuk aroma duru-

munu ve mekanik ekstraksiyon metotları ile kabuktaki yağ hücrelerinin parçalanmasından ileri gelen acılığı önler.

#### Aroma Maddeleri

Biyokatalistler esterler, laktonlar, terpenler, pirazinler, aldehitler, amino asitler ve nükleotitler gibi kimyasal olarak bilinen aroma bileşiklerinin yeniden sentezinde ve biyotransformasyonunda kullanılabilir.

Geçen yüzyılda, mikroorganizmaların meyvemsi bir aroma ortaya çıkarabildiği ortaya konmuştur. Örneğin, **Pseudomonas fragi**, ananas aroması veren etil butirat esterlerini üretir. Laktonlar, meyvemsi ve hindistan cevizimsiden tereyağımsı ve tatlımsıya kadar aromalar veren bileşiklerin diğer önemli sınıfıdır. Mayalar (**Candida** vb.), küfler (**Penicillium** vb.) ve bakteriler (**Sarcina** vb.) nisbeten basit fermentasyon ile keto-asitlerden laktonları üreten metabolik kapasiteye sahiptir. Aksi takdirde, keto-asitlerden laktonların kimyasal sentezi çok basamaklı bir işlemdir. Örneğin, **Trichoderma reesei**, 6 pentilpiron (distilasyonda elde edilen uçucu yağın % 90'ından fazlasını teşkil eder) 'un oluşumuyla sonuçlanan kuvvetli bir hindistancevizi benzeri koku üretir. Aynı bileşiğin kimyasal sentezi 7 basamakta gerçekleştirilebilir.

Uçucu yağların temel bileşenleri olan terpen bileşikleri, biyokatalik işlemlerden potansiyel olarak üretilebilen diğer önemli bir aroma sınıfıdır. **Kluyveromyces lactis**, linalol ve sitronelloi (turunçgil içeceklerinde kullanılan çiçeksi aromalar) üretir. Bir seskiterpen olan valensen (portakal yağında bulunur, fakat ticari değeri düşüktür), yüksek değerli seskiterpen notkaton'a (greyfurt aroması) belli bakteriler tarafından çevrilebilir. L-mentol (nane tadı verir, serinletici tesiri vardır), şekerlemelerden tıbbi ürünlere kadar çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılan terpendir. Nane bitkisinde yağ oluşumu, çiçeklenme başlangıç dönemi ile tamamen çiçekleme arasındadır. Bu sırada, sadece L-menton'un az bir miktarı L-mentole çevrilirken, büyük bir kısmı ticari değeri düşük olan diğer ürünlere dönüşür. L-menton'un bitkiden en yüksek seviyede elde edilebileceği ve daha sonra **Pseudomonas putida** gibi mikroorganizmaların dehidrojenaz aktivitesi yoluyla

L-mentol'e dönüştürülebileceği öne sürülmüştür.

Aroma bileşiklerinin diğer geniş bir grubu mısır patlağı, fındık, fıstık, kahve ve çikolata da bulunan kızartılmış aromayı veren pirazinlerdir. Dolayısıyla, pirazinlerin mikrodalga ile hazırlanmış gıdalarda kullanılması yararlı olabilir. Bu gıdalarda (normal esmerleşme reaksiyonları yoktur) kızartılmış aromayı oluşturan pirazinlerin belli tiplerini üretmek için, *Corynebacterium* spp. ve *Bacillus* spp. mutantlarından yararlanılabilir.

Bütilik asit, diasetil ve asetaldehit gibi birçok aroma maddesi, nisbeten basit kimyasal bileşiklerdir; kimyasal sentez yoluyla kolayca üretilebilirler. Bununla beraber, «doğal» aroma üretmek istendiğinde, bu tip bileşiklerin biyoteknolojik yolla üretimi zorunludur. Bu bileşikler, işlem süresince kaybolan doğal aromayı desteklemek veya aroma hissini vermek için ilave edilebilir. Örneğin, meyvelerde «meyvemsi» ve hatta «cevizsi» aromaya katkıda bulunabilen asetaldehit son üründe tazelik vermede önemli role sahiptir. Yüksek uçuculuğu (K.N. 21°C) ve düşük seviyeleri sebebiyle asetaldehit, meyve vb. gıdalardan işleme sırasında kolayca kaybolabilir. Tazeliği yenilemek için doğal asetaldehit ilave edilebilir (Özellikle portakal suyuna «taze sıkılmış» hissinin verilmesinde). Son zamanlarda, *Candida utilis*'in etanol konsantrasyonuna bağlı olarak etanolü etil asetata (meyvemsi aroma) veya asetaldehite çevirebildiği bulunmuştur. Fermentasyon etanolü ve gıda mayasının kullanımıyla, kolayca ticari ürün haline getirebilen doğal aromalar üretilebilir.

Bazı aromalar bitkilere özgüdür ve mikrobiyal yolla üretilemeyebilir. Bitki hücrelerinin büyük çapta kültürasyonu artık mümkün olduğundan, böyle aroma bileşikleri, dikkatlice kontrol edilen fermentörlerde yetiştirilmiş bitki hücrelerinden ekstrakte edilebilir. Bitki aroma bileşiklerinin sentezinin biyokimyasal mekanizmaları ortaya konulduğunda, ilave edilen ön maddenin biyotransformasyonunda veya onların yeniden sentezinde genetik ve fizyolojik manipülasyonları uygulamak mümkün olabilir. Aroma araştırmalarının bu alanı, henüz başlangıç safhasındadır.

## İŞLEM ÖZELLİKLERİ

Biyokatalistler tarafından aroma bileşiklerinin transformasyonu veya sentezi ve bu biyokatalistlerin (enzimler, mikrobiyal ve bitkisel hücreler) üretimi, mevcut fermentasyon ve enzim teknolojileri ile yapılabilir. Ancak, birçok aroma ön maddesinin sulu çözeltideki çözünürlüğü sınırlıdır. Bu nedenle, dikkatler, su olmayan ortamlardaki (yani organik çözümlerde) enzimik transformasyonlar üzerine yoğunlaştırılmıştır. Bu yaklaşım, hem çözünürlük problemlerini (bu reaksiyonların kolaylaştırılması) çözer, enzim stabilizasyonunu artırır. Hücre sistemlerinde, aroma bileşiklerinin birçoğu, üretilen hücrelere toksiktir. Bileşikler polar değilse polar olmayan çözücüler ile devamlı ekstraksiyon, bu olumsuzluğu gidermek için kullanılabilir. Bununla birlikte, hem enzim sistemleri hem hücreler için, ürünlerden çözücüyü uzaklaştırma yeterli olmalıdır. Çünkü, ürünün «doğal» olarak kabul edilebilmesi için, kalıntı çözücünün son düzeyi çok düşük olmalıdır (Örneğin, 0.5-50 ppm).

Ürünlerin ayrılması için başka metotlar da kullanılabilir. Polar olmayan reçineler ile polar olmayan ürünlerin ve iyon değiştiriciler ile iyonik bileşenlerin sürekli uzaklaştırılmasının verimi artırdığı gösterilmiştir. Mikrobiyal hücreler için toksik olan asetaldehit gibi uçucu ürünler, gaz yoluyla veya vakum fermentasyonu ile devamlı olarak uzaklaştırılabilir. Bu yeni işlemlerin gelişmesi, ilginç yenilikler getirmiştir. Ancak, kabul edilmelidir ki, herhangi bir biyoteknolojik işlem, geleneksel işlemler ile ekonomik olarak rekabet edebilmelidir.

## YASAL DÜZENLEMELER

Aroma üretimi için biyoteknolojik işlemlerin başarıyla uygulanması, sadece pazar talebine ve ekonomisine değil aynı zamanda gıda yasal düzenleme isteklerine de bağlıdır. Endüstriler, yasal düzenleme organları tarafından kabul edilmiş süreç boyunca mümkün olduğu kadar çabuk piyasaya girmek isteyeceklerdir. Biyoteknolojinin yeni ürünleri şayet mevcut (geçerli) kanunlara, yönetmeliklere ve nizamalara uymazsa, uygun bir şekilde yeniden incelenmeyi ve onayı beklemek zorunda kalacaktır. Gelişmiş ülkelerde, gıdalar ve gıda kat-

kı maddeleri hükümet tarafından tamamen düzenlenmiştir. ABD'de yeni gıda maddelerine yasal düzenlemeler getiren Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), mevcut kanun ve düzenlemelerin biyoteknolojik gıda işlemlerini içine almak için yeterince geniş ve esnek olduğunu bildirmiştir (Federal Sci, 12/13/84). Bu özel ürünler, duruma göre değerlendirilecektir. Diğer ülkeler, mevcut düzenlemelerin uygunluğunu halâ incelemektedirler.

ABD'de, aroma bileşenleri bilimsel işlemlerle veya uzun yıllar yaygın kullanmayla GRAS (genellikle sağlıklı olarak tanınması) kabul edilmişse gıda katkı maddeleri olarak sınıflandırılmalarına gerek kalmaz. GRAS aromalar FDA'ya müracaat etmeksizin kullanılabilirse de, bu konu hâlâ tartışmaya açıktır. Geleneksel metotlarla üretilen birçok aroma bileşiği GRAS statüye kabul edilmiştir. Biyoteknolojik olarak üretilen bileşikler de aynı statüye kabul edilmelidir; böylece, gıda katkıları için gereken uzun ve masraflı yasal işlemler de ortadan kalkmış olacaktır. Aroma bileşiklerinin biyoteknolojik üretimi GRAS mikroorganizmalara veya onların enzimlerine bağlıysa, işlemler için onay almak daha kolay olacaktır. Bu sebeple, endüstriler GRAS olan mikroorganizmaları ve enzimlerini kullanmayı tercih edecektir (Tablo 1). Bazı GRAS laktonların mikrobiyal üretimi, henüz FDA onayı alamamıştır; çünkü, kullanılan mikroorganizmalar henüz GRAS statüsüne kabul edilmemiştir. Bu çeşit problemler, son zamanlarda FDA kültür distilatlarının kullanımını tastiklediğinden, gelecekte azalabilir.

Bir madde rekombinant DNA (rDNA) teknikleriyle üretilirse, kabul edilmiş işlemin ürününe özdeş olsa bile, gıda katkı maddesi ola-

rak izne bağlanması şu an için kesin değildir. GRAS mikroorganizmalar içindeki rDNA'nın transferi, FDA onayını kolaylaştıracaktır. Son zamanlarda DNA illaçlarının kabul görmesi, DNA ürünlerine olan güveni artırmıştır. Biyoteknolojinin önemli ölçüde geliştiği farkına varıldığından hükümetler, bu yeni teknolojiye çok daha etkili bir şekilde yararlanmak için yasal düzenleme mekanizmasını geliştirecektir.

#### GELECEKTE BEKLENENLER

Aroma pazarının yılda yaklaşık % 30 oranında artması beklenmektedir. Biyoteknoloji, bu talebi karşılamada artan bir rol oynayacaktır. Aroma üretiminde biyoteknolojik uygulamalar nisbeten yeni olduğundan, küçük uygulamalar ve bu alanda çalışacak bilim adamları için imkânlar mevcuttur. Uluslararası planda, biyoteknolojik aroma üretim işlemlerinin başarıyla gelişmesi, geleneksel ham materyale bağımlılığı azaltacaktır ve üretici ülkelerinin ekonomileri için muhtemelen zararlı olacaktır.

Aşağıdaki örnekler, gelecekteki beklentilerin önemini göstermektedir.

- 1 — Doymamış ve düşük yağlı diyetlere yönelik büyümesi, hayvansal ürünlerden ziyade bitkisel ürünlerin kullanımını artırmıştır. Bununla birlikte, et aroması istendiğinde, fermantasyon yoluyla üretilen guanilat, inozinat, monosodyum glutamat gibi aroma araştırmacılar ile maya hidrolizatlarına talep artacaktır.
- 2 — Biyokatalistler hakkında bilgiler arttıkça, aroma bileşenlerinin potansiyel ön maddeleri olan çok sayıdaki henüz kullanılmayan biyolojik maddelerden (uçucu yağ-

Tablo 1. Gıdalarda ve gıda işlemede geleneksel olarak kullanılan mikroorganizmalar

Küfler	Bakteriler	Mayalar
<i>Aspergillus niger</i> <sup>a</sup>	<i>Bacillus subtilis</i> <sup>a</sup>	<i>Candida lipolytica</i>
<i>Aspergillus oryzae</i> <sup>a</sup>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <sup>a</sup>
<i>Penicillium roqueforti</i> <sup>a</sup>	<i>Streptomyces</i> spp.	<i>Kluyveromyces lactis</i> <sup>a</sup>
<i>Rhizopus oryzae</i> <sup>a</sup>	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> <sup>a</sup>	<i>Kluyveromyces fragilis</i> <sup>a</sup>
<i>Mucor javanicus</i> <sup>a</sup>	<i>Streptococcus lactis</i> <sup>a</sup>	
<i>Mucor</i> spp.	<i>Leuconostoc oenos</i> <sup>a</sup>	
	<i>Arthrobacter</i> spp.	

<sup>a</sup> Bu mikroorganizmalar uygun yetiştirme şartları altında kullanılırsa, test veya inceleme altına almaya gerek yoktur.

- ların belli bileşenleri vb.) ticari olarak faydalanmada artacaktır.
- 3 — Bitkiye özgü aromalar, ya bitki hücre kültürleriyle veya bitki genlerinin mikroorganizmalara aktarılmasıyla üretilecektir. Sükrozdan 2000 - 3000 kere daha tatlı olan bitki proteini tomatın'ın bakteriyel üretimi iyi bir örnektir.
- 4 — İyononlar ve sitrat gibi uçucu aroma bileşiklerinin genel olarak insan sağlığı üzerinde olumlu değişiklikler yaptığı bulun-

muştur (aromaterepi). Bu ve diğer tedavi edici aroma maddelerindeki talep artışı, geleneksel üretim yöntemleriyle karşılanamadığı durumda biyoteknoloji için yeni bir fırsat doğmuş olacaktır.

Biyoteknolojik aroma üretimi sağlam bir pazar araştırması, ilerleyen bilimsel ilkelerin etkili bir şekilde uygulanması ve yasal sınırlamalara dikkat edilmesini gerektirmektedir. Bu hususların uyumlu bir şekilde biraraya getirilmesiyle, gelecekte önemli gelişmeler olacaktır.