

# Nasıl Koku Alıyoruz?

Hayvanlar binlerce kokuyu tanıyabilirler. Ayrıca bu kokulardan bazılarına güçlü bir tepki de gösterirler. En son deneyler burun ve beyin kokuyu nasıl algıladığını aydınlatıyor.

Koku, koklama duyumuzla algıladığımız belki de belleğimizde en çok kalan, iz bırakan bir şeydir. Marcel Proust, Yitik Zamanın Ardında adlı romanında, madlen denen küçük çöreklerin kokusunu duyunca nasıl çocukluk yıllarını anımsadığını anlatır. İnsanlarda kokunun estetik bir önemi vardır; hayvanların çoğundaysa koku biyolojik amaçlara yöneliktir: Eş bulmak, besin sağlamak, yaklaşan düşmanın kokusunu almak gibi. Birçok canlıda koklama duymusu, öteki canlılarla ve çevreyle iletişim kurmanın etkili yoludur. Bu gibi canlıların hayatta kalabilmeleri için, doğuştan itibaren belli kokulara karşı belli davranışları göstermeleri gerekir. Çoğu zaman canlı, şu ya da bu kokuyu algıladığının bilincinde olmadan, içgüdüsel olarak o kokuya uyan davranışları gösterir.

Her canlının genetik olarak belirlenen kendine özgü bir kokusu

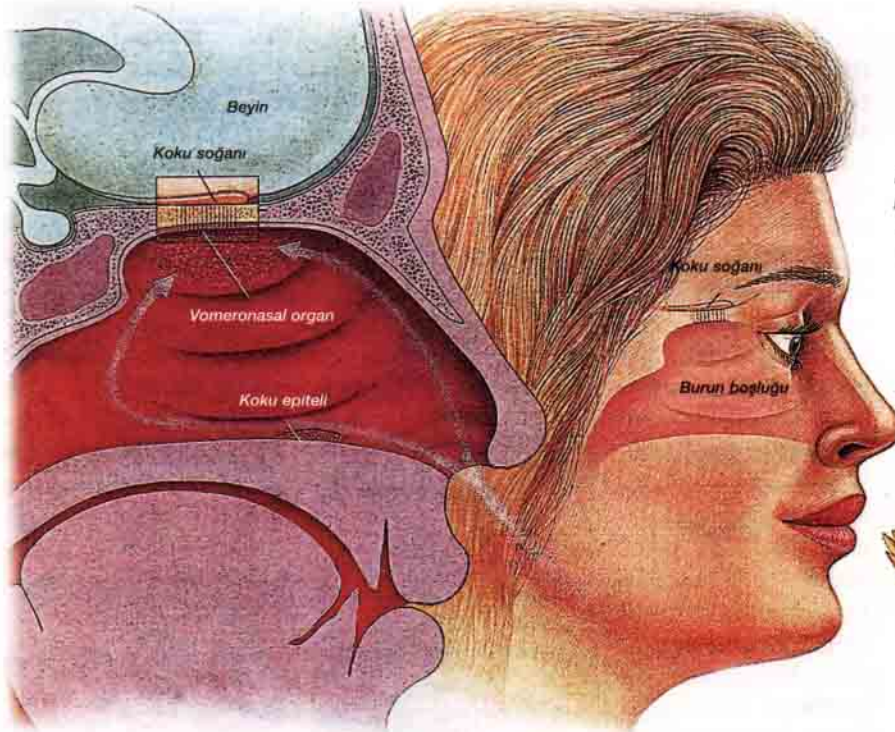
vardır. Ayrıca her canlıda birçok kokuyu tanıyabilmek gibi şaşılacak bir yetenek bulunur. Örneğin bir insan, bir çiçeğin çok güzel kokusundan öfkeli bir kokarcanın o itici kokusuna değin çok çeşitli kokuları tanıyıp ayırabilir. Hayvanların birçoğunda koku duymusu insandan daha fazla gelişmiştir; örneğin bazı tazi türlerinin olağanüstü koku alma yetenekleri dillere destan olmuştur.

İnsanın bilinçli olarak algıladığı çok çeşitli kokular, onda derhal, bilişsel ve duygusal yanıtlar oluşturur. Acaba insan da hayvanlar gibi farkına varmadan aldığı kimi kokulara karşı içgüdüsel davranışlar mı göstermektedir? İnsanın belli kokuları alması onda nasıl belli bir anı, duygu, düşünce ve davranış yaratmaktadır? Bütün canlılarda koku alma duymusu ister estetik, ister bedensel gereksinimlere yanıt versin, canlılar evrim sırasında çeşitli kokuları tanımayı, koku sinyallerini burundan

beyine nakletmeyi öğrenmişlerdir. Koku şifresi beyinde çözümlenerek böylece dış dünyanın içimizde temsil edilmesi sağlanır.

Memelilerde kokuları duyan burnun arka bölümünde "koku epiteli" denilen küçük bir alan vardır. Bu bölgenin taramalı elektron mikroskopuyla incelenmesinde iki ilginç hücre tipi görülür: Koku alıcı sinir hücreleri (koku nöronları) ve sinir hücrelerine destek olucu hücreler. Koku epitelinde bulunan milyonlarca koku alıcı sinir hücresi (nöron) dış dünyayla beyin arasında bir fiziksel arayüz oluşturur. Her koku nöronunun serbest yüzeyinden kirpik (cilia) denilen koku alıcı, kıla benzer uzantılar çıkar; bunlar havayla doğrudan temas halindedir. Her koku nöronunun dibinden akson denilen bir sinir lifi çıkarak beyne girer.

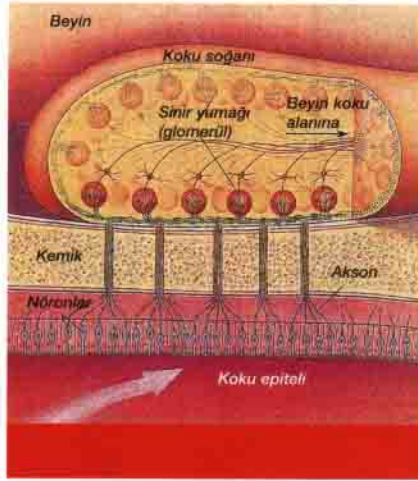
Bunlara ek olarak koku epitelinde "nöron ana hücreleri" bulunur; bunlar canlının yaşamı boyunca koku epitelini defalarca yeniden oluştururlar. Vücuttaki nöronların çoğu canlının yaşamı sırasında ölür ve bunların yerine yeni nöronlar asla yapılamaz; buna karşın koku epiteli



Burun boşluğunun alt tarafında cinsel kokularla ilgili vomeronasal organ (VNO) ve üst tarafında koku epiteli vardır. Koku epitelinin aksonları beyin alin lobunun alt yüzeyindeki sağlı sollu koku soğanlarına gelir. Koku sinyalleri buradan beyin kabuğunun koku algılamakla görevli yüksek koku alanlarına gider. Koku burada algılanır. Koku sinyalleri beyin görevleriyle hipotalamus bölgesine, bellek ve duygularla ilgili limbik sisteme, şakak lobu ve amigdala çekirdeğe, talamus çekirdeği yoluyla düşünme bölgesi olan alin lobu ön-alt bölümüne gelir.



Bir çiçeğin kokusu, önce burun boşluğunun üst bölümünde bulunan koku epiteli tarafından alınır. Burada koku molekülleri, koku nöronlarının kirpik gibi uzantıları üzerindeki koku almaçlarına bağlanır. Koku almaçları koku genleri tarafından yaptırılan özel proteinlerdir. Her kokunun kendine özgü almaçları vardır. Nöronlar burundan koku soğanına 3-4 cm uzanmış durumdadır. Nöronların akson denen uzantıları, burnun tavanındaki delikli bir kemik levhayı delerek sol ve sağ koku soğanlarına gelir. Aksonlar, koku soğanının sinir yumağı (glomerül) denilen yapılarında sona erer. Her kokunun kendi almaçları, kendi nöronu olduğu gibi kendi sinir yumağı vardır. Koku sinyalleri buradan beynin koku alanlarına gider. Vomeronasal organ bazı memelilerde dışının yaydığı feromonları algılayarak cinsel etkinliği artırır. İnsanda varsa da rolü bilinmemektedir.



nöronları sürekli olarak yenilenir; tıp dilinde buna "rejenerasyon" denilmektedir.

Bir canlı havayla burnuna koku molekülleri çektiği zaman, bu moleküller koku kirpiklerden salgılanan almaç proteinlerine bağlanır. Bu bağlanmanın yarattığı elektrik sinyali aksonları geçip koku soğanına gelir. Koku soğanı beyinde koku algılanması için ilk ara istasyondur: Koku soğanı burunla koku algılayıcı beyin kabuğunu birleştirir. Beyindeki koku algılama alanı, düşünceleri, duyguları, davranışları kontrol eden daha yüksek beyin alanlarıyla bağlantılıdır.

## Bir Almaçlar Ailesi

Beyinde kurulmuş olan karmaşık bir mantıksal düzen sayesinde, beyin burnun aldığı kokuyu tanır; onu öteki kokulardan ayırdeder ve algılanan kokuya karşı duygusal ve davranışsal bir yanıt gösterir.

Columbia Üniversite'sinden Richard Axel, Harvard Üniversitesi'nden Linda Buck ile birlikte koku almaçlarını kontrol eden genleri bulmak için uğraştılar. Onların bulgularına göre, genler hücredeki proteinler için bir kalıp görevini yapar; proteinlerse (enzimler vb.) hücredeki görevleri üstlenir. Koku almaçlarının yapı-

sını incelemek için en iyi yol, koku almaçları denen proteinleri yaptırarak koku genlerini incelemektir.

Genleri incelemek, almaçları incelemekten çok daha kolay ve hızlıdır. Koku genleriyle oynayarak koku almaçlarını değiştirebiliriz; böylece moleküllerin koku algılanmasındaki rolünü ortaya koyabiliriz.

"Gen klonlama" denilen bir teknikle, koku almaçlarını yaptırarak koku genleri bulunabilir. Bu koku genleri, koku tanımayı sağlayıcı birçok özellik taşımaktadır.

Birinci özellik: Koku genlerinin yaptırdığı almaç proteinleri, daha önce tanımlanmış olan öteki bazı almaçlara benzemektedir; bu almaçlar nöron zarından yedi kere geçerler ve G proteinleri denen sinyal proteinlerini etkinleştirirler. Weizmann Bilim Enstitüsünden Doron Lancet ve John Hopkins Tıp Fakültesi'nden Randall R. Reed koku almaçlarının, koku aksonlarında elektrik yaratmak için G proteinleri kullandıklarını gösterdiler.

İkinci özellik: Koku almaç proteinlerini yaptıran genler yalnız koku nöronlarında etkindir. Vücutta her hücre, hemen her genin bir kopyasını taşır; fakat birçok gen, yalnız görev ve çağrıldıkları özel hücrelerde etkindir; koku genleri vücudun her hücresinde buldukları halde yalnız koku nöronlarında etkin hal alabilirler, öteki hücrelerde susturulmuşlardır.

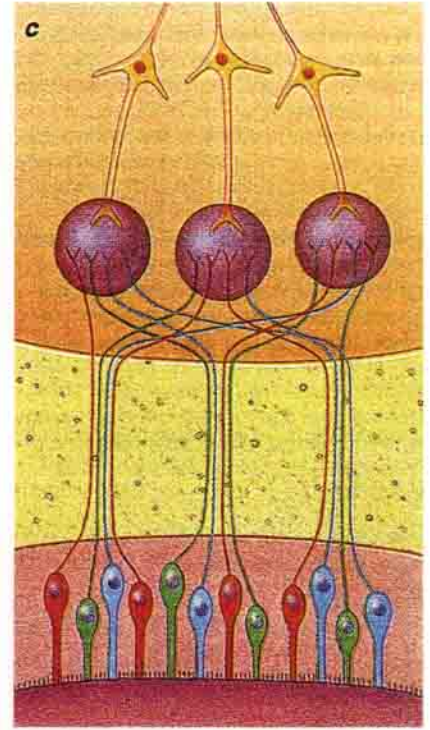
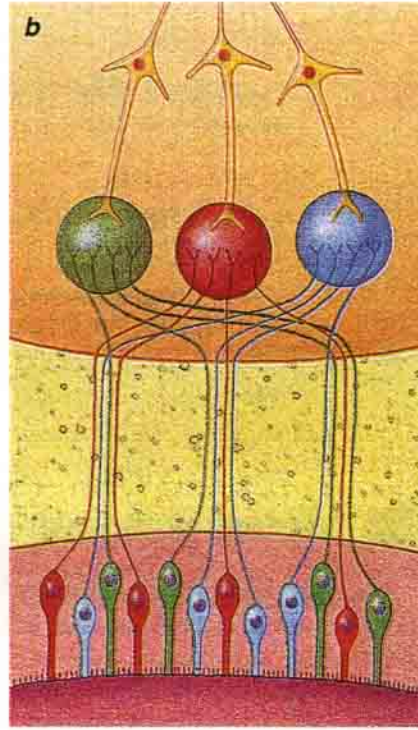
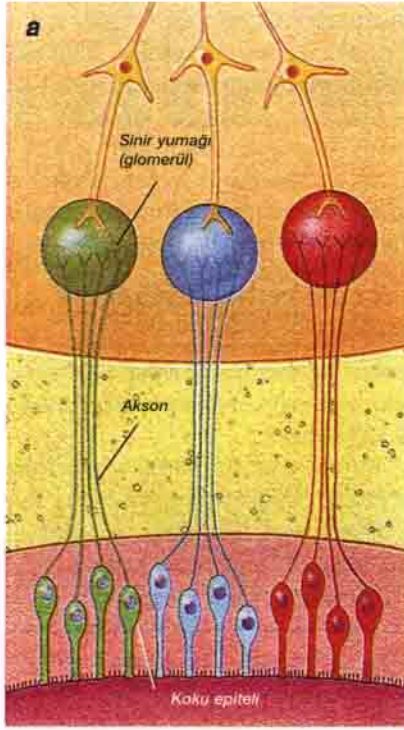
Üçüncü özellik: Prof. Axel çeşitli memelilerde 1 000 farklı kokunun tanınmasını sağlayan 1 000 farklı gen bulmuştur. Memeli DNA'sında yaklaşık 100 000 gen bulunduğundan koku genleri genlerimizin %1'ini oluşturmaktadır; memelilerde aynı görevi yüklenmiş bundan daha geniş bir gen grubu yoktur; bunun nedeni herhalde koku almanın besin bulma, düşmanı tanıma ve üremedeki büyük rolüdür.

Koku almaçları çok çeşitli olduğu halde, gözdeki görme almaçlarının sayısı çok sınırlıdır. İnsanlar gözün ağ tabakasında (retina) bulunan yalnız üç almaç (fotoreseptör) sayesinde yüzlerce renk tonunu tanıyabilir. Bu ışık almaçları görünen ışığı birbiriyle kısmen örtüşen dalgalı boyalarında algırlar; ağ tabakada üç çeşit almaç bulunduğu halde, bunların görev alanlarının örtüşmesi sayesinde beyinde



İnsan burnu koku epitelinde (sol) koku nöronları, onları saran destek hücreleri ve altlarında nöron ana hücreleri. Bu sonuncular canlıların yaşamı boyunca koku nöronlarını yeniler. Her koku nöronundan koku kirpikleri (cilia) denilen kıl gibi koku alıcı uzantılar çıkar (üst) Bu kirpikler üzerinde bulunan almaçlar koku moleküllerini bağlar (17 500 kere büyütülmüş mikroskopik resim).





Sinir yumağı (glomerül) aksion koku epiteli: Koku epitelinden koku soğanındaki sinir yumaklarına giden aksionlar üç şekilde düzenlenmiş olabilir: a) Koku epitelinde kokuya duyarlı almaçlar (aynı renkte) bir araya gelmiştir. Koku epitelinde her kokunun kendine özgü bir yeri vardır. Her almaç grubunun aksionları kendine uyan bir sinir yumağına girer. Beyin, koku soğanındaki yumak etkinliğine bakarak hangi kokunun alındığını algılayabilir. b) Koku epitelinde farklı kokulara duyarlı (farklı renkten) almaçlar rastgele dağılmış ise de, her almaçın (her kokunun) aksionları kendine ait sinir yumağına girer. Beyin yine koku soğanındaki sinir yumakları haritasına bakarak kokuyu tanır. c) Koku epitelinde almaçlar rastgele dağıldığı gibi aksionların sinir yumaklarına girişi de rastgeledir. Beynin kokuları tanıması bu durumda çok zordur. Deneyler beyinde bu durumun olmadığını göstermiştir.

yüzlerce farklı renk algılanır. Araştırmalar koku için bunun olamayacağını, yani memelilerde az sayıda koku almacıyla bütün kokuların algılanamayacağını göstermiştir.

Memeliler en az 10 000 koku tanır; o halde 1 000 koku almacının her biri birçok koku molekülünü tanımaktadır. Ayrıca her koku birçok farklı almaca bağlanmaktadır. Genellikle kokulu bir maddenin molekülünde, her biri farklı bir almacı etkileyen çeşitli kimyasal gruplar vardır. Örneğin yasemin ve taze pişmiş ekmek kokularını veren moleküllerin yapısı birbirinden farklıdır; bu moleküller farklı kimyasal gruplar içerir ve her grup bir almaç kümesine bağlanır. Beyin, hangi almaç gruplarının etkinleştiğine bakarak kokuyu algılar.

Beyin, 1 000 farklı almaçtan hangilerinin etkinleştiğini nasıl anlar? Birçok varsayım ileri sürülmüştür. Eğer her nöronda 1 000 çeşit almaç varsa, her koku için her nöron beyne sinyal gönderecektir. Bu durumda her almaçın kendine özgü bir sinyali olması gerekir; bu sayede beyin, hem gelen sinyalleri algılar hem de bunları karşılaştırarak hangi kokunun alındığını anlar.

Bir başka olasılık her nöronun tek tip almaç içermesidir; bu durumda beyin, hangi almaçların değil, hangi nöronların etkinleştiğini bulması gerekir. Bu da doğal olarak beyin için çok daha kolay bir görevdir.

## Bir Nöron, Bir Almaç

Bu iki varsayımdan hangisinin doğru olduğunu anlamak için, Dr. Axel ekibi yeniden koku genlerine döndüler. Varılan sonuç şuydu: 1 000 çeşit almactın her biri, nöronların binde birinde bulunuyor; bunun anlamı, her nöronun tek tip almaç üstlenmesidir. Balıklarda 100 çeşit koku almacı vardır ve bunların her biri nöronların yüzde birinde bulunur; yine her nörona tek tip almaç düşmektedir. İnsanlarda ve balıklarda her koku almacı için ayrı bir gen olduğu anlaşılmıştır. Demek ki bir nöron-bir almaç-bir gen durumu vardır. Her koku nöronunda tek bir kokuya duyarlı bir almaç, bu almacı yaptıran tek bir gen bulunmaktadır. Bir diğer deyişle 1 000 gen, 1 000 çeşit koku almacı yaptırmakta, her nöronun üzerinde bir çeşit koku almacı yer almaktadır. Bu nedenle

1000 gen-1 000 almaç -1 000 çeşit nöron durumu vardır.

Beyin hangi nöronun etkinleştiğini nasıl anlıyor? Bütün öteki duyumlarda beyin, nöronların farklı yerlerde olmasını algılayarak karar verir. Koku da böyle olması gerekir.

Koku nöronlarının aksionlarıyla beyin ilişkileri için değişik olasılıklar vardır. Koku epitelinin belli bölgelerinde belli almaçlar kümelenmiş olabilir. Bu, yukarıdaki şekilde en solda aynı almacı taşıyan nöronların aynı renkten oluşu ve bir arada bulunuşuyla gösterilmiştir. Bu durumda her koku çeşidi, koku epitelinin belli bir bölgesindeki nöronları etkinleştirecektir. Bir başka olasılık, her biri değişik bir almaç taşıyan nöronların koku epitelinde rastgele dağılması; fakat aynı almaca ait aksionların koku soğanında aynı sinir yumağında (glomerül) sona ermeleridir. Bu durumda belli bir koku, koku soğanında belli bir sinir yumağını etkinleştirecektir. Üçüncü bir model, hem nöronların, hem de bunların beyindeki karşılıklarının rastgele dağılmasıdır. Bu son durumda beyin işi çok zordur: rastgele sinyallere bir anlam verebilmek için



karmaşık bir algoritma uygulamak zorundadır.

Burunda aynı kokuya duyarlı bazı koku nöronları, belli bir bölgede bir araya gelmiştir. Memelilerin çoğunda, insanlar dahil, bir "cinsel burun" ya da vomeronasal organ vardır; cinsel burun epiteli, koku epitelinden ayrı bir bölgededir. Cinsel burun yalnız üreme ve sosyal davranışlarla ilgili feromonların kokusunu alır. Örneğin kemirici hayvanların erkeklerinde, dişinin salgıladığı feromonların vomeronasal organca algılanmasıyla birlikte cinsel etkinlik başlar. Hiç çiftleşmemiş farelerin burnunda vomeronasal organ tahrip edilince, bunlar yine koku almaya devam ederler; fakat asla cinsel birleşme yapamazlar.

Dr. Axel ve Dulac'ın feromon genleri üzerindeki çalışmaları göstermiştir ki vomeronasal organın almaçlarıyla koku epitelinin almaçlarının kimyasal yapısı (aminoasit dizilişi) arasında çok fark vardır. Bu iki koku sistemi farklı bir evrim göstermiş olmalıdır.

Vomeronasal organla koku epitelinin aksonları beyinde farklı alanlara giderler. Bu nedenle bu iki bölgenin sinyalleri birbirlerinden tümüyle farklı davranışlara yol açar. Vomeronasal organın sinyalleri, beyin bilişsel bölgelerini atlayarak doğrudan içgüdüsel davranışlar ve duygular alanlarına giderler. Koku epitelise beyin kabuğunun kokuyla ilgili alanlarına sinyal gönderir ve içgüdüsel olmayan, daha bilinçli yanıtların oluşmasını sağlar.

## Örgülenmiş Aksonlar

Koku epitelindeki her nöron, beyine dallanmamış tek bir akson gönderir. Koku epitelinden gelen 10



*Siçanın koku soğanı enine kesitinin mikrofotografı. İki beyaz nokta, belli bir kokuya duyarlı nöronların aksonlarının, koku soğanında belli sinir yumaklarında toplanmasına karşılıktır. Her akson koku soğanında belli bir bölgeye geldiğinden, koku soğanı çeşitli kokuların iki boyutlu bir haritasını oluşturur. Beyin bu haritadan yararlanarak kokuyu tanır.*

milyon akson birleşerek koku sinirini yapar; koku siniri beyne girer. Her 10 000 akson bir arada koku soğanında bulunan sinir yumaklarında sonlanır. Koku epiteli aksonları, yumak içinde beyin yüksek merkezleriyle bağlantı kurar.

Vassar ve Buck'ın deneyleri göstermiştir ki, koku epiteli, her biri farklı bir almaç tipi içeren dört bölgeye ayrılmıştır. Her bölgede almaçlar rastgele dağılmıştır. Fakat aynı almaca karşılık olan nöronlar, aynı sinir yumagında toplanmaktadır. Bunu destekleyen birçok bulgu vardır.

Bunların ilki, yumak sayısının almaç tipi sayısı kadar olmasıdır. Her nöron tek tip almaç içerdiğinden, her nöron tipi belli bir sinir yumagına bağlıdır. İkincisi: Farklı kokular beyin farklı bölgelerini etkinleştirir. Örneğin, Yale Üniversitesi'nden Gordon M. Shepherd'in deneyleri göstermiştir ki, yeni doğmuş kemiricilerin anne sütünü koklamaları ko-

ku soğanlarının çok belirli bir bölgesini etkinleştirir. Üçüncü bulgu: Tufts Üniversitesi'nden J.S. Kauer, elektrik gerilimine duyarlı boyalar kullanarak, farklı kokuların koku soğanının farklı bölgelerini etkinleştirdiğini gösterdi. Son bulgu: Osaka Biyolojik Bilimler Enstitüsü'nden Kensaku Mori'nin çalışmaları, dolaysız olarak her kokunun koku soğanında belli bir sinir yumagını etkinleştirdiğini ortaya koydu.

Dr. Axel, ekibiyle birlikte, moleküler melezleşme denilen bir teknikle şunu da gösterdi: Belli bir almaç tipini taşıyan nöronların aksonları, koku soğanı içindeki binlerce koku yumagından ancak birkaçı üzerinde sonlanır. Her yumagın koku soğanı içindeki yeri sabittir. Böylece, belli bir türün bireylerinde belli bir A kokusu, koku epitelinde rastgele dağılmış (belli bir bölgede toplanmamış) A nöronlarından, koku soğanındaki tek bir A sinir yumagına gitmektedir. A sinir yumagı koku soğanının her zaman aynı noktasındadır.

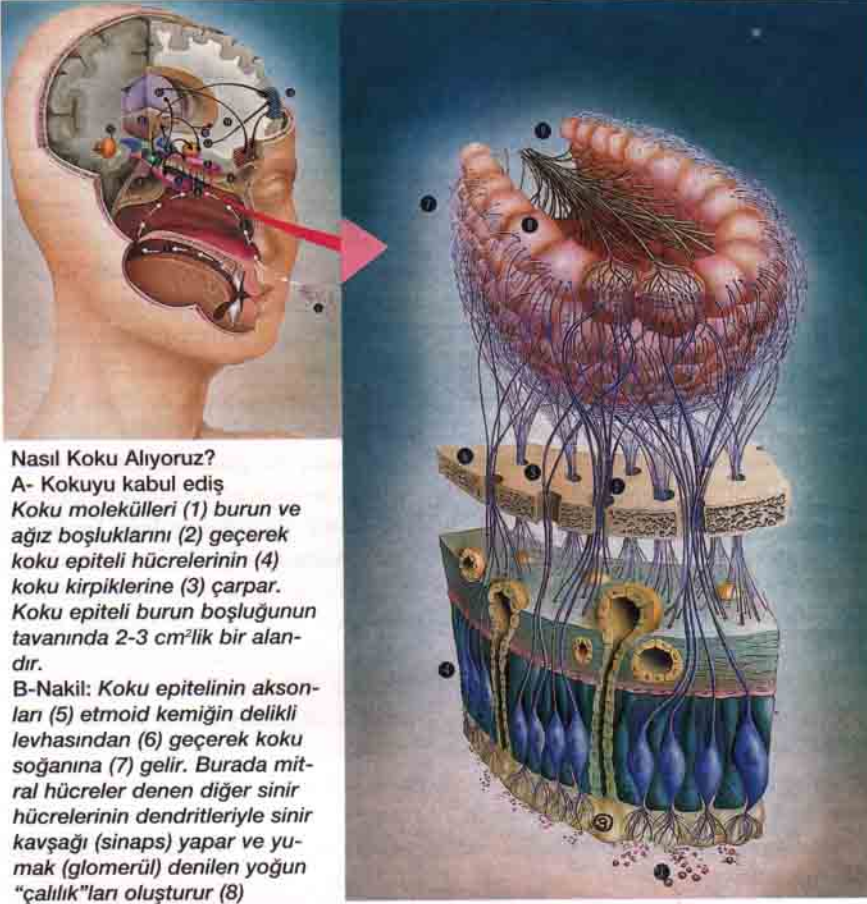
Dr. Axel ve ekibinin bir başka deneyi şuydu: Öyle transgenik (genleri değiştirilmiş) fareler elde edildi ki, belli bir kokunun almacını taşıyan nöronlar o kokuyu alınca mavi renk alıyordu. Bu sayede belli bir A kokusu almacına karşılık olan gen elde edildi. Buna ikinci bir işaret geni eklendi. Eklenen işaret geninin görevi, fare A kokusunu alınca, A almacını taşıyan nöronları ve aksonları kimyasal bir tepkimeyle maviye boyamaktı. A geni işaret geniyle birlikte bir hücreye ve hücrede fare embriyonuna nakledildi. A kokusunu alan farenin bu kokuyla ilgili almaçları taşıyan nöronları mavileşiyordu.

Bu yöntemle, fare koku epiteli ve beyinde yapılan deneylerde, A kokusuna karşılık her 1 000 nörondan birinin mavileştiği görüldü. Bu nöronların mavileşmiş aksonları beyne kadar izlendi. Mavi aksonlar koku soğanındaki 2 000 kadar sinir yumagından yalnızca ikisi üzerinde sonlandı. Bu deney bir nöron-bir almaç-bir sinir yumagı kavramını kesinlikle kanıtlıyordu. Belli kokulara karşılık olan nöron ve almaçlar koku epitelinde rastgele dağıldıkları halde aynı cins koku nöronlarının aksonları ko-



*Mavi nöronlar belli bir koku almacı taşır. Bu nedenle belli bir kokuya duyarlıdır. Solda koku epitelinde rastgele dağılmış koku nöronları, sağda ise aksonların koku soğanında bir noktaya toplandığı görülüyor.*





### Nasıl Koku Alıyoruz?

#### A- Kokuyu kabul ediş

Koku molekülleri (1) burun ve ağız boşluklarını (2) geçerek koku epiteli hücrelerinin (4) koku kirpiklerine (3) çarpar. Koku epiteli burun boşluğunun tavanında 2-3 cm<sup>2</sup>'lik bir alandır.

B-Nakil: Koku epitelinin aksanları (5) etmoid kemiğin delikli levhasından (6) geçerek koku soğanına (7) gelir. Burada mitral hücreler denen diğer sinir hücrelerinin dendritleriyle sinir kavşağı (sinaps) yapar ve yumak (glomerül) denilen yoğun "çalılık"ları oluşturur (8)

C- Kodlama: Koku soğanında-ki sinyaller, karşı taraftaki koku epitelinden gelen milyonlarca aksan yumaklarına dağılır. Mitral hücrelerin aldığı sinyaller yoğunlaştırılır. Her koku belli bir glomerül kümesini etkiler; böylece koku soğanında her kokunun adeta parmak izi alınır.

D- Algılama: Her koku soğanındaki sinyaller karşı taraftaki koku soğanına gider; kokunun yeri bu sayede bulunur. Sinyal buradan koku rolünü oynayan priform kortekse (10) gelir. Buradan üç yöne dağıtılır:

- Hipotalamus (11). Burası ısı regülasyonu, seks, beslenme vb. merkezidir. Hipofiz bezinin (12) hormon salgılarını bu bölge kontrol eder. Kokunun "iyi" ya da "kötü" koku olduğu burada anlaşılır. Yemek kokuları burayı etkileyerek iştah uyandırır.
- Amigdal (13), hipokampus (14) ve oradan şakak lobu. (15) Bu üçlüye "şakak kompleksi" denir; buraları bellek merkezleridir. Koku burada belleğe kaydedilir. Birşeyin ne kokusu olduğu burada anlaşılır.
- Talamus çekirdeği (17) yoluyla alın lobu "ön-alt (supraorbital kıvrımlar) bölgesine (16) gelir. Alın lobu düşünme bölgesidir. Burada kokuyla ilgili kararlar alınır. Örneğin açlığınıza karşın yemek yememe (diyet yapma) ya da hoşlanmadığınız bir yemeği nezaket gereği gülümseyerek yeme kararları buradan çıkar.

ku soğanının çok belirli bir sinir yumagında sona erdiğinden, değişik kokuların koku epitelinde çizilemeyen iki boyutlu haritası koku soğanında çizilebiliyordu. Koku soğanı üzerinde A,B,C,... kokularına karşılık olan, yerleri sabit A,B,C, sinir yumakları vardı. Koku yumaklarına gelen sinyaller hemen beynin yüksek koku algılama alanlarına gitmekte ve koku tanınmaktadır. Belli kokular koku soğanında yeri belli tek bir yumacı etkileştirmektedir. Fakat koku soğanında koku algılanmamaktadır. Kokuyu tanıma işi beyin kabuğundaki yüksek koku alanlarına ait bir iştir.

## Koku Sinyalinin Tanınması

Bu modele göre memelilerin olağanüstü yüksek sayıda kokuları tanıması gerekir. Bir koku molekülünün, değişik kimyasal grupları aracılığıyla birden fazla almaçı etkileyebileceğini söylemiştik. Böylece ortaya hayvanın algılayabileceğinden fazla kombinasyon çıkar. Bu yüzden, öteki duylarda olduğu gibi koku alma sistemi çevreyi ancak bir ölçüde yansıtır. Hayvanlar, yalnızca üreme ve hayatta kalma (beslenme, av, düş-

manı tanımayla vb) ilgili kokuları tanıyabilir, kendilerine gerekemeyecek kokularıyla tanımazlar.

Koku algılama birçok bakımdan diğer duyu organlarındaki algılamalara benzer. Örneğin görme olayında beyin imgenin bileşenlerini (biçim, yer, hareket, renk) analiz eder. Bu özelliklerin herbirine ait sinyaller beyin kabuğunun yüksek görme alanlarında birleştirilir; algılama bundan sonra olur. Benzer olarak, beyin kabuğundaki koku alanı kokunun değişik bileşenlerini analiz eder ve sonra birleştirilerek algılar.

Peki, beynin koku alanı koku soğanının haritasını nasıl okuyor? Her nörona bir almaç tipi karşılık olmak üzere, farklı almaçları taşıyan nöronlar burunda rastgele dağıldığından beyin bunu anlayamıyor; beyin, yalnız koku soğanında belli noktalara belli koku sinyalleri gelişini değerlendirerek kokuyu tanıyor. Örneğin koku soğanının A noktası A kokusuna karşılıktır. Beyin, koku soğanındaki A noktasının etkinleşme sinyallerini alarak kokuya A kokusu diyor. Fakat bunu nasıl yapıyor? Bu sinir sistemi biyolojisinin koku merkezinde de, koku soğanında olduğu gibi, fakat ondan çok daha karmaşık, bir sıralanma var; bir başka deyişle A kokusuna karşılık beynin koku alanında bir A bölgesi var. Ancak koku sinyallerinin buradan sonraki yolu bilinmiyor. Koku alanı duyu, bellek ve merkezi olan limbik sisteme ve fizyolojik görevlerle ilgili hipokampus'a hangi yollarla bağlıdır? Belli bir koku bizde nasıl olup da belli anılar uyandırıp, belli davranışlara yol açıyor? Feromon kokusu almak hayvanlarda üreme sistemini nasıl harekete geçiriyor? İnsanın aldığı kokuların ne kadarı bilince yansıtmakta, ne kadarı yansımamaktadır? Davranış ve duygularımız çevremizdeki kokulardan hangi ölçüde etkilenmektedir? Koku almanın mantığını ve nasıl geniş kapsamlı anılar ve duygular uyandırabileceğini (ayrıldığı sevgilisinin sürdüğü esansı koklayan kişinin onu hatırlaması ve hüznü duyusu gibi) yeni yeni anlamaya başlıyoruz.