

# LEZZET ALGILAMA MEKANİZMASI

## FLAVOUR PERCEPTION MECHANISM

Feryal KARADENİZ

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, ANKARA

**ÖZET:** Gıdalardaki lezzetin algılanması karmaşık bir süreçtir ve tatma, koklama, görme, değme ve işitme duyularından etkilenmektedir. Her bir duyu lezzet üzerine özel karakteristiği ile katkıda bulunmasına rağmen, lezzet başlıca tat ve kokunun kombinasyonu olarak değerlendirilmektedir. Tat maddelerinin algılanmasında en az beş farklı iletim yolu bulunmaktadır. Koku algılanması ise, burun boşluğunda yer alan reseptör hücrelerin membranlarına bağlı proteinler tarafından gerçekleştirilmektedir.

**ABSTRACT:** Perception of the flavour of foods is a complex process that involves the senses of smell, taste, sight, touch and sound at the time of food consumption. Even though each sense contributes special characteristics to a flavour, it is mainly considered the combination of taste and odour. In the reception and transduction of tastants at least five pathways involved. Odour reception is mediated by proteins embedded in the membrane of receptor cells which are located in the nasal cavity.

### GİRİŞ

Genel olarak lezzet (flavor) terimi; gıdanın tüketimi esnasında tüm duyuların (koklama, tatma, görme, değme ve işitme) katılımıyla algılanan bir özellik olarak tanımlanmaktadır (LINDSAY 1996). Her bir duyu lezzet üzerine kendi özel karakteristikleri ile etki etmektedir. Ancak flavor, çoğunlukta tat ve kokunun kombinasyonu olarak değerlendirilmekte ve diğer duyuların etkisi göz ardı edilmektedir. Bu makalede, lezzet için temel özellikler olan tat ve kokunun algılanma mekanizmaları ve bu duyuları etkileyen faktörler değerlendirilmektedir.

### GIDALARIN TÜKETİLMESİ ve LEZZET ALGILAMASI

Lezzet algılanması ilk olarak gıdanın görsel olarak değerlendirilmesi ve yenilebilir olup olmadığına karar verilmesiyle başlamaktadır. Yeme sırasında çok sayıda kimyasal uyarıcı açığa çıkmaktadır. Uçucu olan maddeler (koku bileşikleri ve rahatsız edici bazı bileşikler) ağızdan geriye doğru buruna ve burundaki koku reseptörlerine geniz aracılığı ile iletilirken, uçucu olmayan bileşikler (tat bileşikleri) tükürkle ağız boşluğundaki uyarıcılara doğru taşınmaktadır. Lezzetin açığa çıkmasını kontrol eden başlıca etkenler; tükürük, diş ve dil'dir. Diş gıdayı çiğneyerek parçalarken dil gıdanın dişe doğru hareketini ve yutulmasını sağlamaktadır. Tükürük salgılanması gıdanın düşünülmesi, görülmesi ya da koklanmasıyla oluşmakta ve çiğneme sırasında artmaktadır. Tadımda tükürüğün önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Bunlar; sindirim için gerekli olan enzimleri içermesi (LIANG ve JINKS 1996), tat maddelerini çözmesi ya da seyrelmesi ve bu bileşikleri reseptörlere aktarması, asitleri tamponlaması, bileşimindeki suyun özgül ısısının yüksekliğinden dolayı ısı kontrolüne yardımcı olması, yüksek konsantrasyonda tiyosiyanat ve K iyonu içermesidir. Tiyosiyanat iyonunun, tatlı bileşikler için alt eşik değerini yükseltirken, acı bileşikler için azaltmakta olduğu saptanmıştır. Potasyum konsantrasyonunun yüksek olması ise; tükürüğün tat reseptörlerinin bir tamamlayıcısı olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (AMERINE ve ark. 1965).

Tat, dilin yüzeyinde ve ağız ile boğazın dile yakın bölgelerinde bulunan tat tomurcukları ile tat veren bileşiğin sudaki çözeltisinin temasa geçmesi ile algılanmaktadır. Buna karşılık koku başlıca gaz formundaki bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Tat veren bileşikler genellikle polar, suda çözünür, yüksek molekül ağırlıklı ve uçucu değildir. Buna karşılık koku veren bileşikler uçucu olup, düşük molekül ağırlıklı ve daha az polardırlar. İrrite edici (rahatsız edici) bileşikler ise hem ağız hem de burun boşluğundaki alanları uyarabilmektedir ve molekül ağırlıkları ise koku bileşiklerine yakındır (COULTATE 1989, LIANG ve JINKS 1996). Tat ve koku algılanması ayrı değeri-

dirilmelidir. Ancak, tat ve koku algılaması ayrı proseslerle gerçekleşmekle birlikte bunların birbirinden ayrı olarak değerlendirilmesi oldukça zordur. Tat bileşikleri seyreltik halde yalnızca dili etkilemekteyken, daha konsantre durumda dil ve ağızın tamamında keskin ve acı bir his oluşmasına neden olmaktadır (AMERINE ve ark. 1965).

Gıdanın parçalanmasıyla açığa çıkan bileşikler hem yapıları hem de oluşturacakları uyarılar açısından farklılık göstermektedir (LIANG ve JINKS 1996). Bazı gıdalarda yeme esnasında meydana gelen değişimler uçucu bileşik profilini yani aromayı önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin; tereyağında çığneme ve tükürük etkisi ile gıdanın orijinal yapısı bozulmakta ve yağ bileşenleri erimeye başladığında yağ fazındaki su fazı, su fazındaki yağ şekline dönüşmektedir. Bu faz değişimi, ağızda farklı bir uçucu bileşik profili algılanmasına neden olmaktadır. Gıdaların fiziksel yapısı da uçucu bileşik profilini etkilemektedir. Örneğin, kuru gıdaların tükürükle hidrasyonu ya da tükürükteki amilazın nişastayı parçalaması, algılanan lezzeti etkilemektedir (TAYLOR ve LINDFORTH 1994).

Burun boşluğunda bulunan koku alma epitelindeki özel hücrelerin iz miktardaki uçucu koku bileşiklerini algılama özelliğinde olmaları, koku ve dolayısıyla lezzetin niteliği ve yoğunluğundaki sınırsız değişimin kaynağıdır (LINDSAY 1996).

Tadın değerlendirilmesinde en yaygın işlem eşik değerinin belirlenmesidir. ASKAR (1999), İngiliz Standard Enstitüsü (the British Standard Institute)'ne göre dört tip eşik değeri bulunduğunu aktarmaktadır. Bunlar; mutlak eşik değeri (detection threshold), normal eşik değeri (difference threshold), alt eşik değeri (recognition threshold) ve üst eşik değeri (terminal threshold) dir.

**Mutlak eşik değeri** : Uyarıcının tanımlanmasının gerekli olmadığı, belirlenen minimum fiziksel konsantrasyondur.

**Normal eşik değeri** : Bir bileşiğin; algılanmakta olan tat ve kokusunda ayırt edilebilir bir farklılık oluşumuna neden olan en düşük konsantrasyon farkıdır.

**Alt eşik değeri** : Bir bileşiğin doğru olarak tanımlandığı en düşük konsantrasyondur.

**Üst eşik değeri** : Bir bileşiğin konsantrasyonundaki artışların artık algılanmadığı yani tat ve koku üzerine etkili olmadığı konsantrasyondur.

Çizelge 1. Bazı Maddeler İçin Eşik Değerleri \*(AMERINE ve ark. 1965)

	Araştırmacı			
	Knowles ve Johnson (1941)	Hopkins (1946)	Pfaffmann (1951)	Pangborn (1959)
Sukroz	% 0.657	% 0.667	% 0.685	% 0.753
Kafein	% 0.0155	% 0.0350	--	% 0.0272
Glutamik asit	% 0.0147	% 0.0118	--	--
Tartarik asit	% 0.0039	% 0.0030	--	--
Sitrik asit	--	--	--	% 0.0223
Sodyum klorür	% 0.116	% 0.112	% 0.205	% 0.123

\* eşik değerleri mol de ve % olarak verilmiştir.

Farklı kaynaklarda aynı bileşik için farklı tat eşik değeri bildirilmektedir. Ancak, sonuçlar her zaman karşılaştırılabilir özelliklerde değildir. Çünkü, uygulanan tekniklerin farklılığı, kimyasalların saflığı, yetersiz sayıda test yapılması ya da sonuçların geçerliliği için kullanılan istatistiksel analizlerin yetersizliği ve uyarılan alan, yaş, cinsiyet, fiziksel durum, deneyimsizlik, günün hangi saati olduğu, dışarıdan gürültü gelmesi, sıcaklık, sunuş sırası gibi belirlenmemiş faktörlerin etkisi söz konusudur. Hatta her hangi bir bileşik için; aynı tadımcı ve aynı metot kullanılsa bile tat eşik değeri değerlerinde günden güne varyasyonlar oluşmaktadır. Bazı maddelere ilişkin eşik değerleri Çizelge 1'de verilmiştir (AMERINE ve ark. 1965).

Tat algılamasına uyku ve açlık, yaş, cinsiyet, sıcaklık, sigara kullanımı, hastalık, tat bileşiğinin bulunduğu ortam vb faktörlerin de etkisi bulunmaktadır (AMERINE ve ark. 1965).

Kimyasal yapı ve tat arasında da yakın bir ilişki bulunmaktadır. Kimyasal yapıdaki küçük değişiklikler ile tatlı bileşikler acı bileşiklere dönüşebilmekte veya tam tersi bir durum olabilmektedir. Örneğin; turunçgillerin kabuklarında bulunan ve acı bir terpen glikozit olan neohesperidin in 1. C atomundaki değişiklikle oluşan dihidroçalkon çok tatlıdır (Şekil 1a). Şeker ve tatlı uygulamada eş anlamlı olarak kullanılmasına rağmen, pek çok şeker esteri ve halojenli şekerler acıdır. Diğer taraftan sukraloz gibi bazı şeker türevleri sukrozdan çok daha tatlıdır (Şekil 1b) (WALTERS 1996).

## DİLİN ANATOMİSİ

İnsan dilinde 4 farklı tipte papilla (epitel çıkıntı) bulunmaktadır. Bunlar; yaprak şeklinde (foliate), mantar şeklinde (fungiform), iplik şeklinde (filiform) ve havuz şeklinde (circumvallate) olarak isimlendirilmektedir. İpliksi papillalar sayıca en fazla olmalarına rağmen, tat tomurcukları yoktur. Yapraklı papillalar ise insanlarda çok iyi gelişmemiştir. Havuz şeklinde papillalar ise dilin arka kısmında V-şeklinde dağılmış olup, geniştirler (2 mm yüksekliğinde, 1-1.5 mm çapında ve 1-1.5 mm derinliğinde) ve kolayca görünürler. Mantarsı papilla ise geniş, yuvarlak şekildedir ve görünüş olarak mantara benzemektedir (AMERINE ve ark. 1965). Mantarsı papilla, 0.3-2 mm çapındadır. Armut şeklinde tat tomurcuklarına (40-70 µm) sahiptir ve bu tomurcuklar ağıza çok dar bir gözenekle (2 µm) bağlıdır. Yetişkinler toplam olarak yaklaşık 2000 tat tomurcuğuna sahipken, bu değer çocuklarda 10.000 olduğu tahmin edilmektedir. Tat tomurcuğunun üstünde ise gözenek içinde mikrovilli'ler yer almaktadır. Tat tomurcukları çok fazla sayıda mikrovilli içermekte ve böylece tat bileşiklerinin absorpsiyonunun hızla gerçekleştiği düşünülmektedir. Mikrovilli 0.1-0.2 µm çapında ve 1-2 µm uzunluğunda olup tat veren bileşiklerle ilk temas noktasını oluşturmaktadır. Tat hücreleri sürekli olarak yenilenmektedir ve yenilenme periyodu 10 günle 2 hafta arasında değişmektedir (Çizelge 2) (VAN DER HEIJDEN 1993).

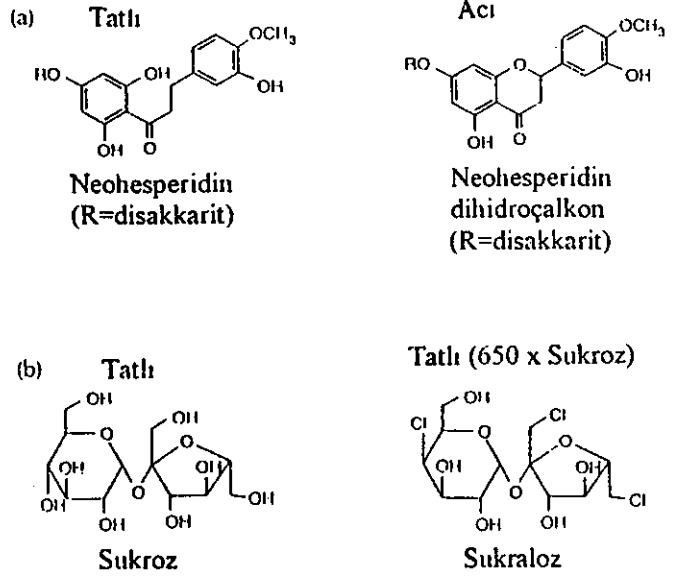
Çizelge 2. İnsanlarda Tat Papillaları (VAN DER HEIJDEN 1993)

Papilla ismi	Dildeki yeri	Papilla sayısı	Tat tomurcuğu sayısı	Algılanan asıl tat
Havuz şeklinde	Arkada V-şeklinde	8-12	1000-1500	Acı
Yaprak şeklinde	Yan köşelerde	15-20	150-200	Ekşi
Mantar şeklinde	Tüm yüzeyde, uçta ve yan kenarlarda	200	300-400	Tatlı, tuzlu
İplik şeklinde	Tüm yüzeyde, uçta ve yan kenarlarda	1000	Yok	Yok

## TEMEL TATLAR

Dört temel tat (tatlı, tuzlu, acı, ekşi) bulunmaktadır. Tuzlu ve ekşi tat veren bileşikler, iyonize olabilen bileşiklerdir. Ancak, acı ve tatlı tat veren bileşikler genellikle iyonize olmamakta, bunun yerine dipol özellik göstermektedirler (SHALLENBERGER 1998).

**Ekşi :** Zayıf asitlerin daha az hidrojen iyonu konsantrasyonuna sahip olduğu ve buna bağlı olarak daha az ekşi tatta olduğu teorisi (AMERINE ve ark., 1965) günümüzde geçerliliğini yitirmiştir. COULTATE (1989), ekşi tat için asidik gıda maddelerindeki organik asitlerin dissosiyasyonunun yani  $H_3O^+$  konsantrasyonunun, dissosiyasyon olmamış formundan daha önemsiz olduğunu aktarmaktayken, LINDSAY (1996)'de, bir çözeltinin asitlik gücünün ekşi algılamayı belirleyen birincil etken olmadığını, tam anlaşılabilmiş olmakla birlikte molekül özelliği ile ilgili diğer bazı etkenlerin (molekül ağırlığı, boyutu, polarite gibi) asıl etken olduğunu bildirmektedir. Dahası; asitle-



Şekil 1. (a) Neohesperidin ve neohesperidin dihidroçalkonun formülleri, (b) Sukroz ve sukrozun klor türevi olan sukralozun formülleri (WALTERS 1996).

rin ekşilik yoğunluğunun; hem zayıf hem de güçlü asitler için aynı olduğu, yani ekşilik yoğunluğunun, asitlerin disosiyasyon derecesi ile ilgili olmayıp, toplam potansiyel hidrojen iyonu konsantrasyonu ile ilgili olduğu aktarılmaktadır (SHALLENBERGER 1998).

**Tuzlu :** Tuzlu tat NaCl tarafından oluşturulan tat olarak tanımlanmaktadır. Potasyum ve lityumun klorür, bromür, iyodür, nitrat ve sülfatları da tuzludur ancak genellikle karışık bir tat vermektedirler. KCl, tuzlu ve acıdır. Oluşan tat, yalnızca verilen tuza değil ayrıca konsantrasyonuna da bağlıdır. Ayrıca tadı veren iyonlar olduğu bildirilmektedir. Tuzlu bileşiklerin hepsi pozitif ve negatif iyonların çözünebilir tuzlarıdır. Bir tuzun reseptörleri uyaran başlıca kısmı katyondur. Ancak, anyonun etkisi de önemlidir. Sodyum tuzları için anyon serileri  $SO_4^- > Cl^- > Br^- > I^- > HCO_3^- > NO_3^-$  şeklindedir (AMERINE ve ark. 1965).

**Tatlı :** Tatlı tat iyonize olmayan alifatik hidroksi bileşikler, özellikle de alkoller, glikoller, şekerler ve şeker türevleri tarafından oluşturulmaktadır. Berilyum ve bazı kurşun tuzları gibi elektrolitler ve pek çok  $\alpha$ -amino asit de tatlıdır. Ancak amino asitlerin  $\beta$ - ve özellikle de  $\delta$ - formları genellikle tatlı değildir. Tatlı tat veren pek çok amino asit her zaman olmamakla birlikte genellikle D-serisine aittir. Diğer taraftan glisin ve  $\alpha$ -dimetilüre tatlı olmalarına rağmen D ve L formları mevcut değildir. Ancak, aspartamın izomeri (L-aspartil-L-fenilalanin metil ester) tatlıdır. Siklamik asit ve sakkarinin tuzları çok tatlıdır ancak sakkarinin tuzları tadıldıktan sonra acı bir tat hissi vermektedir. Çünkü, daha ileride açıklanacak olan Saporous birimdeki B fonksiyonu için sakkarin yapısında 2 aday birlikte yer almaktadır. Siklamik asit ve tuzları ise sakkarine kıyasla yan tat oluşturmamaktadırlar. Karbonhidratlarda ise  $\beta$ -glukoz türevleri,  $\alpha$ -glukoz türevlerinden daha acı olmakla birlikte her ikisi de tatlıdır (AMERINE ve ark. 1965, SHALLENBERGER 1998).

Modern tatlılık teorisinden önce, şekerlerin fazla miktarda hidroksil ( $-OH$ ) grubu içermesi nedeniyle tatlılığın hidroksil gruplarıyla ilgili olduğu düşüncesi yaygındı. Ancak, bu düşünce kısa bir süre içerisinde haklı olarak eleştirilmiştir. Çünkü, polihidroksi bileşikler tatlılık açısından büyük farklılıklar göstermektedir. Ayrıca pek çok amino asit, bazı metalik tuzlar ve ayrıca kloroform ( $CHCl_3$ ) ve sakkarin gibi birbirleriyle ilgisiz bileşikler de tatlıdır. İlk olarak 1967 yılında Shallenberger ve Acree, tatlı tat veren tüm bileşiklerde bulunan ve tat veren ünite için AH/B teorisini önermişlerdir (LINDSAY 1996).

Burada A ve B elektronegatif atomları (genellikle oksijen) temsil etmekte ve AH ise hidrojen bağlama yeteneğini ifade etmektedir. Elektronegatif B atomu ile A atomuna bağlı H atomu arasındaki mesafe  $3^\circ A$ 'a yani 0.3 nm'ye yakın olmak zorundadır (Şekil 2) (COULTATE 1989).

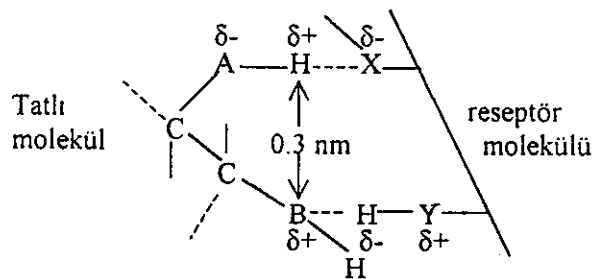
Yani, tatlılık için bir molekülde birbirleri ile komşu elektronegatif atomların bulunması esastır. Dahası; atomlardan bir tanesinde bağlanmış olarak hidrojen atomunda bulunmalıdır. Tatlı moleküllerdeki oksijen, azot ve klor atomları sıklıkla bu rolleri üstlenmektedir ve OH gruplarının oksijen atomları molekülde ya AH ya da B fonksiyonu görevini üstlenmektedir (LINDSAY 1996, SHALLENBERGER 1998).

AH-B grupları 4 farklı tipte bulunabilmektedir:

1. (H-NO, O-NH): üre, nitroanilin ve oksimler
2. (OH-OH, OH-OCH<sub>3</sub>): izokumarinler ve karbonhidratların halojenli türevleri
3. (NH<sub>3</sub><sup>+</sup> - COO<sup>-</sup>): dipeptid esterleri ve triptofanlar
4. (HN-SO): sülfamatlar, asesülfamlar ve sakkarinler (VAN DER HEIJDEN 1993)

Ancak, Saporous birimin AH/B bileşeni ile tat reseptörü arasında uygun bir düzenleme olması için bazı stereokimyasal gerekliliklerde olmalıdır. Tatlı molekülün aktif grubu ile tat reseptörü arasındaki ilişki günümüzde yeniden değerlendirilmiş ve tat reseptöründeki benzer yapılar, AH/B bileşiklerinin H bağlaması aracılığıyla tadın oluştuğu görüşü benimsenmiştir.

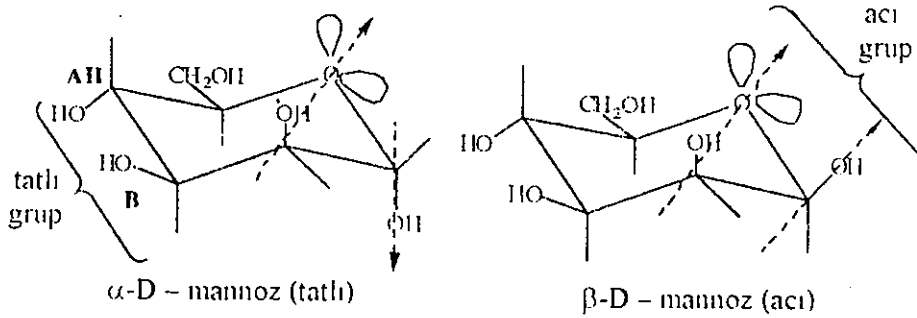
Tatlılığı çok yoğun olan bileşiklerde tatlılık teorisi için üçüncü bir özellik eklenmiştir. Bu özellik; tatlı moleküllerin uygun stereokimyasal şekilde düzenlenmiş lipofilik bölgelerine (genellikle  $\gamma$  şeklinde düzenlenen), tat reseptörlerinin benzer lipofilik bölgeleri tara-



Şekil 2. Shallenberger'in önerdiği AH-B teorisi "Saporous birimi" (COULTATE 1989)

findan ilgi duyulmasını ifade etmektedir. Tatlı moleküllerin lipofilik molekülleri genellikle metilen ( $\text{CH}_2-$ ), metil ( $-\text{CH}_3$ ), fenil ( $-\text{C}_6\text{H}_5$ ) gruplarıdır. Çok yoğun tatlı bileşiklerin aktif ünitelerinin hepsinin (AH, B ve  $\gamma$ ) reseptör molekülü ile üçlü teması gerçekleşmekte ve bu düzenleme tatlılığın 3 yapı tarafından oluşturulduğunu açıklamaktadır.  $\gamma$ -tarafı, yoğun tatlı bileşiklerin en önemli özelliğidir ancak şekerin tatlılığında daha az rol oynamaktadır. Bazı belirgin moleküllerin tat reseptör tarafına geçmesini sağlayarak fonksiyon gösterdiği ve böylece algılanan tatlılık yoğunluğunu etkilediği bildirilmektedir (LINDSAY 1996).

AH, B hipotezinin doğrulanmasında, heksozlarda birincil etkenin etilen glikol grubu olduğu (AH grubu olarak 4. karbon atomuna bağlı OH grubu; B grubu olarak 3. karbon atomuna bağlı oksijen atomu) belirlenmiştir. Ancak, bu koşul hem  $\beta$ -D-mannoz hem de  $\alpha$ -D-mannozda sağlanmasına rağmen birincisi acı iken, ikincisi tatlıdır. Ayrıca, mannozun  $\beta$ -anomerinde molekülün sonunda ve aynı zamanda birincil AH, B grubunun karşı yönünde bir acı grubun yer aldığı belirlenmiştir. Bu gözlemin, tatlılık teorisindeki son gelişmelerde önemli bir uygulaması vardır. Şekil 3'de görüldüğü gibi; D-mannozun  $\beta$ -anomeri; molekülün anomerik merkezindeki düzlemde yer alan 3 oksijen atomu bulundurmaktadır ve bu durum ise dipol-dipol etkileşimini engellemektedir. Bu şekilde dipol-dipol etkileşiminin engellenmesi  $\alpha$ -D-anomerde söz konusu değildir, dolayısıyla bu molekül tamamen tatlıdır (SHALLENBERGER 1998).



Şekil 3 : Mannozda AH/B grubu,  $\alpha$ -D-mannoz ve  $\beta$ -D-mannozun anomerik merkezindeki dipol yönleri (SHALLENBERGER 1998)

**Acı :** Acılık bir kaç grup kimyasal madde ile ilgilidir. Dilin arkasındaki tat tomurcukları fenolik bileşiklere ve bazı inorganik tuzların acılığına yanıt vermektedir (COULTATE 1989). Acı tat; kakao, peynir, bira ve kahve gibi bir çok gıdada oldukça önemlidir. Sebzeler çok sayıda acı bileşik içermektedir ve bunlar sıklıkla ilaçlarda ve zehirli maddelerde bulunmaktadır. Acı tat veren bileşiklerin hem pozitif hem de negatif etkileri araştırılmıştır. Tatlı bileşiklerde olduğu gibi acı bileşikler de çok farklı kimyasal bileşik grupları içerisinde yer almaktadır. Acı tat, genellikle zararlı bileşiklerle (örneğin; alkaloidler ve glikozitler) ilgilidir. Acı tadı verenin hangi kimyasal grup olduğuna dair bilgiler oldukça sınırlıdır. İki ya da daha fazla nitro grubu bulunan ya da açılıtyokarbamid fonksiyonu olan bileşiklerin çoğunlukla acı olduğu gözlemlenmiştir (LINDSAY 1996).

Acı bileşiklerin acılık potansiyeli de tatlı bileşiklerde olduğu gibi genellikle eşik değeri ile ifade edilmektedir. Bu değer ne kadar düşükse, bileşik o kadar etkilidir. Ancak, bazı bileşikler için eşik değerleri tam olarak bilinmemektedir. Sukrozun standart olarak kullanıldığı tatlandırıcıların aksine, acı bileşiklerin gerçek bir referans örneği yoktur. Örneğin; en etkin acı bileşikler olan amarogentin, artabsin ve lusidenik asit; standart olarak değerlendirilen pikrik aside kıyasla  $10^6$ - $10^7$  kat daha fazla etkindir. Elde edilen bu değerler; sukroza kıyasla en etkili olan tatlandırıcılarından çok yüksektir (VAN DER HEIJDEN 1993). Genel olarak; acı bileşikler diğer tat bileşiklerine nazaran daha düşük tat eşik değerlerine sahiptirler ve ayrıca tat veren diğer materyallere kıyasla suda daha az çözünme eğilimindedirler (LINDSAY 1996).

Bu temel tatlar dışında tat ile ilgili diğer bazı tanımlarda bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı burukluk (astringency)'tur.

**Burukluk (Astringency) :** Burukluk acılıkla ilgili olan bir algılamadır ve pek çok insan tarafından çoğu zaman acılıkla karıştırılmaktadır. Ancak bu algılama genellikle dil üzerinde olduğu kadar burun boşluğunda da his-

sedilmektedir. Kırmızı şarap ve çayda çok önemli olan burukluk genellikle, tanen ya da polifenollerin tükrükteki proteinler ile reaksiyona girmesi ve çökelti ya da agregat oluşturması sonucu ortaya çıkmaktadır. Çayda arzu edilen bir flavor özelliği olmasına rağmen, çaya süt ya da krema ilavesi, süt proteinlerinin polifenollerini bağlaması nedeniyle burukluğu engellemektedir (COULTATE 1989, LINDSAY 1998).

### KOKU BİLEŞİKLERİNİN ALGILANMASI

Koku, görme duyusundan daha ilkel ve tatdan ise daha karmaşık bir algılamadır. Koku sıklıkla; H, C, N, O ve sülfür içeren bileşiklerde bulunur. Halojenli bazı bileşikler ile P, Ar, Se, B, Sb ve silikonlu bazı bileşiklerde koku vardır. Bir bileşiğin kokulu ya da kokusuz olmasını belirleyen kimyasal grup, ozmoforik grup olarak adlandırılmaktadır. Güçlü ozmoforik gruplar arasında P, Ar, S, Se, Cl ve Br bulunmaktadır. Ayrıca karboniller, esterler, aminler, iminler ve laktonlar da iyi ozmofordur'lar. Alifatik alkollerin serisi; metil (molekül ağırlığı 32), etil (42), propil (60), bütül (74) ve amil (88) sırasıyla, 1, 4, 100, 1000 ve 10.000 bağılı koku yoğunluğuna sahiptirler.

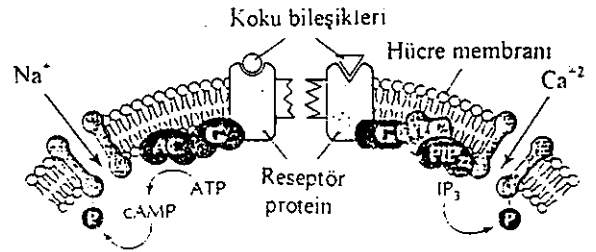
Koku alma açısından önem taşıyan faktörler; bileşiğin uçucu olması, kokuyla yüklü havanın reseptörlere ulaşması, koku bileşiklerinin difüzyon oranlarının farklı olması, koku bileşiğinin mukusta çözünmesi ve bu yolla difüze olmasıdır.

Koku maddelerinin algılanmasında da herhangi bir tanımlamanın yapılamayacağı kritik bir konsantrasyon vardır. Yani kritik bir konsantrasyon altında bir algılama söz konusu değildir. Ancak burada eşik değeri tanımlanması, diğer duylardan kıyasla oldukça zordur. Hatta bazı araştırmacılar gerçek eşik değerlerinin ölçülmediği görüşündedirler (AMERINE ve ark. 1969).

#### Kokunun Algılanmasında Uyarıcının Kodlanması ve İletimi

Koku algılaması reseptör hücrelerin membranlarında bulunan proteinler aracılığıyla oluşmaktadır. Reseptör hücreler burun boşluğunun arka üst kısmında 1-2 cm<sup>2</sup> lik bir alanda yer almaktadır. Genetik çalışmalar en az 1000 tip koku reseptör proteini bulunduğunu ve her bir hücrede mevcut olan reseptör proteinlerin yalnızca bir ya da bir kaç farklı tipinin olduğunu göstermektedir. Farklı koku maddeleri farklı affinitedeki özel bir reseptör proteinini bağlayabilmektedir. Böylece, bir karışımdaki koku bileşikleri reseptör için rekabet etmekte ve sonucunda da daha zayıf koku bileşikleri daha az algılanmaktadır.

Bir koku maddesinin reseptör bir proteine bağlanması, spesifik G proteinini aktive etmektedir. Aktive olan bu protein ya koku almaya özgü bir enzim olan adenilat siklaz (AC) enzimini sitümüle ederek siklik adenozin monofosfat (cAMP) oluşturmakta ya da fosfolipaz C (PLC) enzimini aktive etmektedir. PLC enzimi membran lipidi fosfatidil inozitol bifosfatı (PIP<sub>2</sub>) ikinci mesajcı inozitol tri fosfat (IP<sub>3</sub>) ve diasetilgliserol (DAG)'e dönüştürmektedir. IP<sub>3</sub> ve cAMP farklı iyon kanallarını açmaktadır (LIANG ve JINKS 1996). İyon kanallarının açılmasıyla Ca<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup> iyonları hücreye girmekte ve bu da membranda depolarizasyona neden olmakta ve az miktarda elektrik yükü (sinirlerin uyarılması) oluşmaktadır. Sinirlerin uyarılması sonunda da hücreyi uyarıcı koku maddesinin miktarı ve tanımlanması hakkında gerekli bilgiler sağlanmaktadır. Günümüzde halen daha hangi yolla hangi koku maddesinin insanları uyardığı tam olarak açıklık kazanmamıştır, hatta önerilen bu her iki yolun birbirinden bağımsız hareket edip etmediği de açık değildir (LIANG ve JINKS 1996, BELL 1996) (Şekil 4).



Şekil 4. Koku algılanmasında uyarıcının kodlanması ve iletimi (LIANG ve JINKS 1996)

#### TAT VEREN MADDELERİN İLETİMİ ve ALGILANMA MEKANİZMALARI

Tat bileşiklerinin iletimi ve algılanmasında en az 5 farklı yol bulunmaktadır. Şekerler ve yapay tatlandırıcılar reseptör proteinlere bağlanmakta ve farklı iki yolu aktive etmekteyken, acı bileşikler reseptör proteinlere bağlandıktan sonra en az bir yolu aktive etmektedirler. Buna karşılık, tuz ve asit gibi iyonize tat bileşikleri; reseptör

hücrelerin elektrik durumunu değiştirmektedir. NaCl, membrandaki iyon kanalları aracılığıyla reseptör hücrenin iç kısmına geçerek, KCl tat reseptör hücreleri arasından difüze olarak, asitler ise kanalların protonlarla bloke olmasına yol açarak hücrenin elektrik durumunu değiştirmektedir (LIANG ve JINKS 1996).

Daha az çalışılmış bir konu olmakla birlikte bir diğer yolda lezzet geliştirici bileşikler tarafından kullanılan yoldur. Lezzet geliştirici bileşiklerin tat iletim mekanizması henüz tam olarak açıklık kazanmamış olmasına rağmen, tatlı ve acı tatlarınkine benzer bir mekanizma ile yani reseptör aracılığı ile algılandığı düşünülmektedir. Lezzet geliştirici bileşiklerin bazı gıdalarda algılanan tatlılık ve tuzluluğu ya da lezzet karakteristiklerini artırdığı açıktır. Lezzet geliştirici özellik ilk kez glutamatlar tarafından oluşturulan karakteristik bir tat olarak tanımlanmıştır ve o günden bu yana da monosodyum glutamat (MSG) ve 5' - nükleotid inozin monofosfat (IMP)'ın disodyum tuzu ve guanozin monofosfat (GMP) ve adozin mono fosfat (AMP) ile ilgilidir (FUKE ve UEDA 1996). Bu bileşiklerin algılanmasında reseptör proteinlerin 2 farklı bağlanma tarafı olduğu bildirilmektedir. Bu noktalardan birisi, MSG'nin bağlandığı diğeri ise allosterik taraf olan ve nükleotidlerin bağlandığı taraftır. Bir tarafa nükleotidin bağlanması MSG bağlayan kısmın daha kolay reaksiyona girmesine neden olmakta ve böylece lezzet geliştirici tat üzerine sinerjetik etki etmektedir (LIANG ve JINKS 1996).

Ayrıca yakıcı (hot), serinletici (cooling), keskin (pungency), gıdıklayıcı (tickling) ve batıcı (sting) algılamalara yol açan bileşiklerin aktivasyon mekanizmaları hakkında da çok az bilgi bulunmaktadır. Bu bileşiklerin burun ve ağız boşluğunda mukozla kaplı epitelyum hücrelerindeki serbest sinir uçları ile reaksiyona girmeleri ve sinirlerin lipofilik membranlarında çözünerek sinirlerin  $Ca^{+2}$  iletkenliğini değiştirmeleri yoluyla etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bileşikler, nükleofilik gruplarla reaksiyona girenler (HO,  $H_2N$ , HS), disülfid bağlarını parçalayanlar (amonyak), kısa zincirli alifatik ve aromatik alkoller (yanma hissi veren kapsaisin gibi), esterler, asitler ve monoterpenler (serinleme hissi uyandıran mentol gibi) olmak üzere başlıca üç gruba ayrılmaktadır.

Algılanan tat üzerine tat bileşiklerinin etkileşimlerinin belirlendiği araştırmalar; sodyum tuzlarının acı bileşiklerle reaksiyona girdiğini ve böylece acılığın değişen düzeyde baskılanabilir olduğunu, tuzluluğun ise etkilenmediğini göstermektedir. Ayrıca acı bileşikler ve asitlerin; konsantrasyon, gıda ve deney metoduna bağlı olarak birbirlerinin etkisini ya baskılamış ya da artırmış olduğu gözlemlenirken, tuzlu ve asitlerin orta konsantrasyonlarda birbirinin etkisini artırdığı, yüksek konsantrasyonlarda ise birbirlerini baskıladığı belirlenmiştir (BRESLIN 1996). Tatlı ve acı bileşikler karıştırıldığında ise her iki bileşiğin algılanma durumu azalmaktadır. Sakkarozdan sonra suyun içilmesiyle su acı tatta algılanırken, kinin, üre ya da kafein gibi acı olan bileşiklerden birinin alınmasından sonra içilen su tatlı olarak algılanmaktadır (WALTERS 1996). Bir karışım farklı tatda iki bileşik içerdiğinde; her bir bileşik için alt eşik değeri bastırılmaktadır. Bu durum; iki bileşik arasında aynı tipteki reseptör için kimyasal bir rekabet olduğunu göstermektedir (SHALLENBERGER 1998).

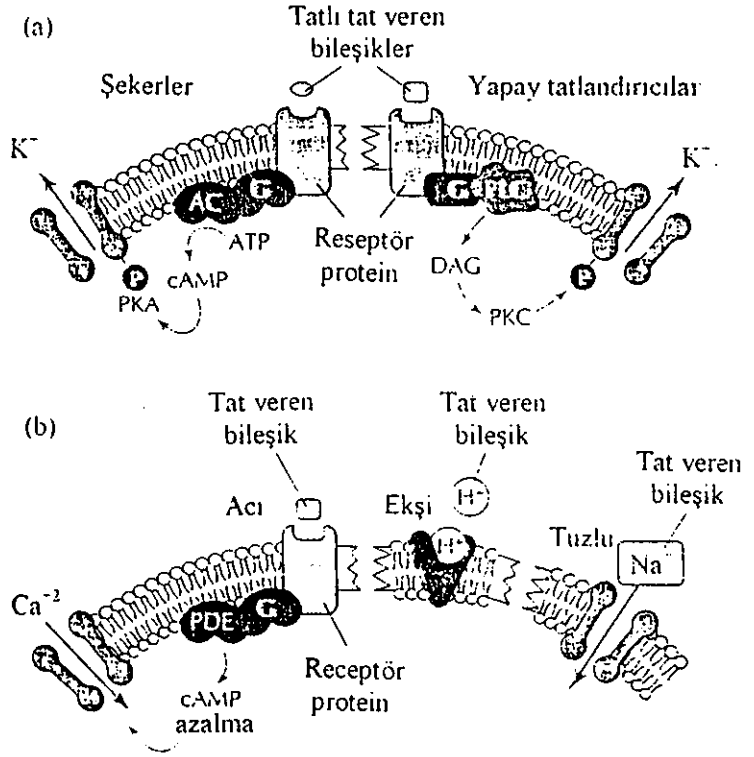
## **TAT BİLEŞİKLERİNİN ALGILANMASINDA UYARICININ KODLANMASI ve İLETİMİ**

**Tatlı tatlar (şekerler ve yapay tatlandırıcılar):** Şekerler tat reseptör hücrelerinin membranındaki reseptör proteine bağlanarak G-proteini (G) aktive etmekte ve bu da adenilat siklaz (AC) enzimini sitümüle etmektedir. Bu enzim ise protein kinaz A (PKA)'yı aktive eden ve potasyum kanallarını fosforlamakta olan cAMP'yi sentezlemektedir. Bu durum kanal kapanmasını teşvik etmekte ve membran potansiyeli değişmektedir. Deneysel olarak tam olarak açıklanamamakla birlikte sakkarin gibi yapay tatlandırıcılar, reseptör proteini ya da proteinlere bağlanmakta, ancak şekerlerin aksine bunlar fosfolipaz C (PLC) enzimini sitümüle etmekte ve bu da diasetil gliserol (DAG) üretmektedir. DAG ise protein kinaz C (PKC) enzimini aktive etmekte ve fosforilasyon sonucunda yine  $K^+$  kanalları kapanmakta ve membran potansiyeli değişmektedir (Şekil 5a) (LIANG ve JINKS 1996).

**Acı ve ekşi tatlar :** Acı uyarıcı reseptör proteinine bağlanmakta ve G-proteini (G) aktive edilmekte ve bu da fosfodiesteraz (PDE) enzimini aktive etmektedir. PDE ise hücredeki cAMP düzeyini azaltmakta ve sonucunda da iyon kanalları açılmakta (fosforilasyon düzeyini değiştirerek),  $Ca^{+2}$  iyonları hücre içine akmakta ve bu da depolarizasyona neden olmaktadır.

Tuz ve asit gibi iyonik uyarıcılar ise; tat reseptör hücre membranındaki iyon kanalları ile doğrudan reaksiyona girmektedir. İyon kanallarına asitlerin ( $H^+$ ) bağlanması,  $Na^+$  akışının durmasıyla sonuçlanmaktadır. Bu durum ise membranda depolarizasyona neden olarak, tat hücrelerinden ileticinin serbest kalıp tadımla ilgili sinirler üzerine gitmesini sağlamaktadır. Buna tezat olarak; iyon kanalları tuz katyonları için ( $Na^+$ ) geçirgen özelliktedir ve membran boyunca elektrik potansiyelde değişim olmakta ve depolarizasyon gerçekleşmektedir (Şekil 5b) (LIANG ve JINKS 1996).

İyon kanallarının özelliklerinin değişmesi ise sinir sistemini aşağıda açıklandığı şekilde etkilemektedir. İstirahat halinde, hücre sitoplazması negatif elektrik potansiyeline sahiptir (yaklaşık  $-75$  mV). Potasyum iyonunun hücreler arası konsantrasyonu yüksek iken,  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Ca}^{+2}$  iyonlarının hücreler arası konsantrasyonu düşüktür. İstirahat halinde bazı potasyum iyon kanalları, potasyumun hücreden ayrılmasına izin vermekte ve bu durum hücre içinde negatif elektrik potansiyelinin sürdürülmesine yardım etmektedir. Eğer  $\text{Na}^+$  ya da  $\text{Ca}^{+2}$  kanalları açılırsa, bu pozitif iyonlar hücre içine girerek elektrik potansiyelini yükseltmekte ve 0'a yakın bir değere ulaştırmaktadırlar. Bu durum ise sinir liflerinde sinyallerin oluşmasına neden olmaktadır. Eğer potasyum iyon kanalları kapanırsa; K iyonları hücre içerisinde toplanmakta ve yine elektrik potansiyeli yükselmektedir. Bazı tatlı ve acı bileşikler ise reseptörleri atlayarak doğrudan etki etmektedir. Bazı çalışmalarda kinin, sakkarin, neohesperidin ve dihidroçalkon'un doğrudan G-proteinini aktive ettiği belirlenmiştir (WALTERS 1996).



Şekil 5. (a) Şeker ve yapay tatlandırıcıların iletim mekanizması, (b) Acı, ekşi ve tuzlu tatların iletim mekanizması (LIANG ve JINKS 1996)

## KAYNAKLAR

- ACREE, T. E. 1993. Bioassays for flavor. In "Flavor Science. Sensible Principles and Techniques". Terry E. Acree ve Roy Teranishi (Eds.). ACS Professional Reference Book. American Chemical Society, Washington, DC. pp. 1-120.
- AMERINE, M. A., PANGBORN, R. M. and ROESSLER, E. B. 1965. Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press. New York. 602 s.
- ASKAR, A. 1999. Flavor changes during processing and storage of fruit juices - I. Markers for processed and stored fruit juices. Fruit Processing. 7 : 236-244.
- BELL, G.A. 1996. Molecular mechanisms of olfactory perception: Their potential for future technologies. Trends in Food Science and Technology. 7: 425-431.
- BRESLIN, P.A.S. 1996. Interactions among salty, sour and bitter compounds. Trends in Food Science and Technology. 7: 390-399.
- COULTATE, T.P. 1989. Food. The chemistry of its components. Royal Society of Chemistry. London. 316s.
- FUKE, S and UEDA, Y. 1996. Interactions between umami and bitter flavor characteristics. Trends in Food Science and Technology. 7: 407-411.
- LAWLESS and LEE, 1993. Common chemical sense in food flavor. In "Flavor Science. Sensible Principles and Techniques". Terry E. Acree ve Roy Teranishi (Eds.). ACS Professional Reference Book. American Chemical Society, Washington, DC. pp. 23-66.
- LIANG, D.G and JINKS, A. 1996. Flavor perception mechanisms. Trends in Food Science and Technology. 7: 387-389.
- LINDSAY, R.C. 1996. Flavors. In "Food Chemistry". Owen R. Fennema (Ed.) Marcel Dekker, Inc. New York. pp. 723-766.
- SHALLENBERGER, R.S. 1998. Sweetness theory and its application in the food industry. Food Technology. 52(7): 72-76.
- TAYLOR, A.J. and LINFORTH, R.S.T. 1994. Methodology for measuring volatile profiles in the mouth and nose during eating. In "Trends in Flavor Research" (H. Maarse, D.G. van der Heij) (Eds.) Elsevier, Amsterdam. pp. 3-14.
- WALTERS, D.E. 1996. How are bitter and sweet tastes related?. Trends in Food Science and Technology. 7: 399-403.
- VAN DER HEIJDEN, A. 1993. Sweet and Bitter Tastes. In "Flavor Science. Sensible Principles and Techniques". Terry E. Acree, Roy Teranishi (Eds.) ACS professional reference book. American Chemical Society, Washington, DC. pp. 67-115.