

# GIDALARDA AROMA MADDELERİNİN BELİRLENMESİNDE GAZ KROMATOĞRAFİSİ-OLFAKTOMETRİ (GCO) TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI

Onur Güneşer, Yonca Karagül Yüceer\*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,  
Terzioğlu Yerleşkesi, Çanakkale

Geliş tarihi / Received: 23.02.2010

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 26.04.2010

Kabul tarihi / Accepted: 16.05.2010

## Özet

Enstrümantal ve duyu analiz tekniklerinin bir kombinasyonu olan Gaz kromatografisi-olfaktometri (GCO) tekniği Fuller ve arkadaşları tarafından 1964 yılında geliştirilmiştir. Bu teknik süt, peynir, et, meyve, sebze, meyve suyu ve şarap gibi birçok gıda ürününde bulunan aroma aktif bileşenlerin tanımlanması ve bu bileşenlerin gıdanın tüm aroması üzerine etkilerinin ortaya konması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. GCO'da verilerin toplanması, işlenmesi ve gıdalarda bulunan her bir aroma aktif bileşenin duyu katkısını saptamak için birçok GCO metodu geliştirilmiştir. Bu çalışmada; gıdalardaki aroma maddelerinin belirlenmesinde kullanılan GCO metotları hakkında genel bilgiler verilmiş ve bazı gıdalarda bu metotlarla ilgili çalışmalar değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gıda, gaz kromatografisi-olfaktometri, aroma analizi, aroma ekstraktı, aroma aktif bileşen

## USE OF GAS CHROMATOGRAPHY-OLFACTOMETRY (GCO) TECHNIQUES TO IDENTIFY AROMA COMPOUNDS IN FOODS

### Abstract

Gas chromatography-olfactometry (GCO) technique which is a combination of instrumental and sensory analysis techniques was developed by Fuller and coworkers in 1964. Gas chromatography-olfactometry (GCO) technique is widely used to identify aroma active compounds in various foods such as milk, cheese, meat, fruit, vegetable, fruit juice and wine and to determine the effect of these compounds on overall aroma. Several GCO methods have been developed to generate and handle GCO data and to determine a sensorial contribution of each aroma active compound in foods. In this study, general information on GCO methods used to determine aroma compounds in foods is presented and the studies concerning the use of this method in different foods are discussed.

**Keywords:** Food, gas chromatography-olfactometry, aroma analysis, aroma extract, aroma active compound

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

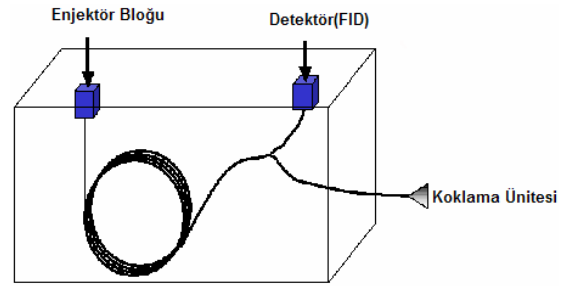
✉ yoncayuceer@comu.edu.tr ☎ (+90) 286 218 0018, 📠 (+90) 286 218 0541

## GİRİŞ

Gıdaların tüketilmesi ve tercih edilmesi insanın görme, tatma, koklama gibi duyularının uyarılmasıyla ilgilidir. Görünüş ve yapısal özellikleri ile birlikte gıdanın aroma özellikleri, o gıdanın tercih edilmesinde birinci derecede etkili olmaktadır (1). Gıdaların aroması yüzlerce farklı uçucu bileşenin ortak etkisi sonucu oluşmaktadır. Her bir bileşenin aroma profiline katkısı farklı düzeylerde olmaktadır. Düşük konsantrasyonlarda bulunup gıdanın aromasını oluşturan bu uçucu maddelere “aroma aktif bileşenler” denir. Aroma aktif bileşenler, gıdalarda, ppm ve ppb gibi çok düşük konsantrasyonlarda bulunmalarına rağmen insan burnu tarafından algılanabilmektedir. Her bir aroma aktif bileşenin aroma belirleme eşik değerleri de farklı olmaktadır. Bu nedenlerle, söz konusu bu bileşenlerin gıda matrisinde bulunan diğer uçucu bileşenlerden ayırt edilmesi aroma analizleri açısından önemli olmaktadır (1, 2).

Gıdalarda aroma aktif bileşenlerin belirlenmesi için kullanılan en yaygın metot ilk defa 1964 yılında Fuller ve arkadaşları tarafından önerilen Gaz Kromatografisi-Olfaktometri (GCO) tekniğidir. Bu teknikte insan burnu bir detektör olarak kullanılmaktadır (3). Çünkü insan burnu  $10^{-19}$  mol düzeyinde bir aroma belirleme limitine sahipken bir çok kimyasal detektör aroma bileşenleri açısından insan burnu kadar hassas olamamaktadır. Örneğin; bir uçucu bileşenin kütle spektrometresinde (MS) belirlenebilmesi için  $10^{-5}$ g/L konsantrasyon düzeyine eşit veya daha fazla konsantrasyonda olması gerekirken, gıdalarda uçucu bileşen konsantrasyonları  $10^{-11}$  ile  $10^{-4}$  g/L düzeyinde olabilmektedir (1). Ayrıca analitik detektörlerle elde edilen kromatogramlar gıda maddelerinin aroma profilini yeterli düzeyde yansıtmayabilmektedir. Burada aroma aktif maddenin “konsantrasyonu”, “aroma belirleme eşik değeri” ve “aroma tanıma eşik değeri” etkili olmaktadır. Bir aroma bileşiğinin duyuşsal tepkiye neden olması için gerekli olan en düşük konsantrasyon o bileşiğin aroma belirleme eşik değeri olarak tanımlanmakta ve söz konusu bileşiğin tanımlanması için gerekli olan en düşük konsantrasyon ise aroma tanıma eşik değeri olarak ifade edilmektedir (4).

Gaz kromatografisi-olfaktometri sistemi iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım kromatografik kısım olup aroma maddelerinin örneklenmesi, ekstraksiyonu, ayrımı ve aletsel olarak belirlenmesini içerirken, ikinci kısım ise insan kısmı olarak adlandırılmakta ve aroma maddelerinin kalitesini, yoğunluğunu, zamana bağlı değişimlerini ve tanımlanmasını içermektedir (5). GCO’da temel prensip gıdalardan izole edilen aroma ekstraktının gaz kromatografisine enjekte edilmesi ve ekstraktın kolon çıkışında eşit oranlarda ikiye bölünerek hem kimyasal detektöre (FID veya MS) gönderilerek aroma maddelerinin kromatografik olarak tespit edilmesine hem de koklama ünitesine gönderilerek aroma kalitelerinin belirlenmesine dayanır (Şekil 1) (6).



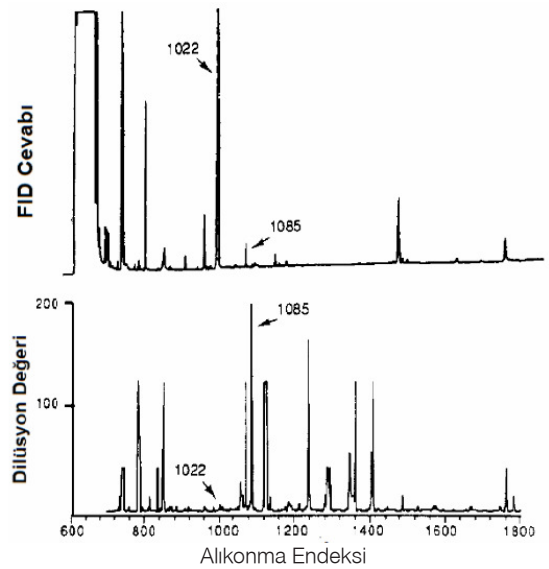
Şekil 1. Gaz kromatografisi-olfaktometri sistemi

Gaz kromatografisi-olfaktometride üç farklı parametre belirlenmektedir. Bunlar; aroma maddesinin hissedilen algısı veya kalitesi (örneğin; patlamış mısır), aroma maddesinin yoğunluğu ve aroma maddesinin alıkonma indeksidir. Bir aroma maddesinin alıkonma indeksi aroma maddesinin kromatogram üzerindeki yerine işaret etmektedir. Aroma maddesinin koku yoğunluğu ise önceden belirlenmiş 9 veya 10 puanlı bir skalaya göre ifade edilmektedir (5-8). Gaz kromatografisi-olfaktometride verilerin toplanması için kullanılan birçok metot bulunmaktadır: 1. Dilüsyon Analiz (Dilution Analysis), 2. Belirleme Sıklığı (Detection Frequency), 3. Zaman-Yoğunluk (Time-Intensity) ve 4. Koklama Sonrası Yoğunluk Belirleme (Posterior Intensity) Metodu (8). Bu çalışmada; gıdalardaki aroma maddelerinin belirlenmesinde kullanılan gaz kromatografisi-olfaktometri metotları hakkında genel bilgiler ve gıdalarda söz konusu metotlarla yapılan çalışmalardan örnekler verilmiştir.

## GCO ANALİZ METOTLARI

**1. Dilüsyon Analiz Metodu:** Bu metot bir aroma maddesinin hava ortamındaki eşik değerini baz alarak onun ekstrakttaki aroma potansiyelinin belirlenmesine dayanmaktadır. Söz konusu metotta iki yaklaşım mevcuttur. Birinci yaklaşım Ullrich ve Grosch (9) tarafından belirtilen aroma ekstrakt dilüsyon analizidir (AEDA). AEDA'da aroma ekstraktı 1:2, 1:3 veya 1:5 oranında seyreltilerek bir seri dilüsyonu hazırlanmaktadır. Bu şekilde hazırlanan aroma ekstraktı GCO'da en az iki deneyimli panelist tarafından koklanmakta ve her bir aroma maddesinin algılanmadığı dilüsyon oranı kaydedilmektedir. Aroma maddesinin algılanmadığı dilüsyon oranı o aroma için dilüsyon faktörü (FD faktör) olarak belirtilmektedir. AEDA sonucunda her bir aroma maddesi için belirlenen FD faktörü logaritmik olarak alıkonma indekslerine karşı grafiğe geçirilmekte ve sonuçlar değerlendirilmektedir (8, 9). Analizde en yüksek FD faktörüne sahip aroma maddesi aroma profiline en fazla katkısı olan ve yoğunluğu en yüksek olan aroma aktif bileşen olarak ifade edilmektedir (10). Diğer bir yaklaşım ise Acree ve ark. (11) tarafından geliştirilen CharmAnalysis™ dir. Charm analizinde aroma ekstraktının dilüsyonları GCO'ya rastgele verilmekte ve koklamalar yapılmaktadır. Panelistler her bir aroma maddesinin ilk algılanma ve kaybolma zamanları ile yoğunluklarını Charmware™ bilgisayar programını kullanarak kaydetmektedir. Daha sonra her bir dilüsyonda kaydedilen yoğunluk ve buna bağlı olarak pik alanları toplanarak Charm™ kromatogramı oluşturulmaktadır. Charm™ kromatogramında pik alanları Charm değerleri ile ifade edilmekte ve  $c = d^{n-1}$  formülüyle hesaplanmaktadır. Burada d: dilüsyon faktörü, n: panelistler tarafından algılanan aynı aroma algısının sayısıdır. Bir aroma maddesinin Charm değeri onun ekstrakttaki aroma şiddeti ile orantılı olmakta ve aroma potansiyelini göstermektedir (12, 13). diğer bir ifadeyle bu değer aroma maddesinin miktarı ile doğrudan ilişkili olmayabilir. Örneğin şekil 2'de mekanik olarak sıkılmış ve işlenmiş portakal suyuna ait Charm™ kromatogramı verilmiştir (14). FID kromatogramında 1022 alıkonma indeksine sahip limonenin yüksek pik alanına sahip olduğu, yani portakal suyunun aroma ekstraktındaki konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmektedir. Fakat aynı aroma maddesinin Charm™ kromatogramında aroma yoğunluğunun

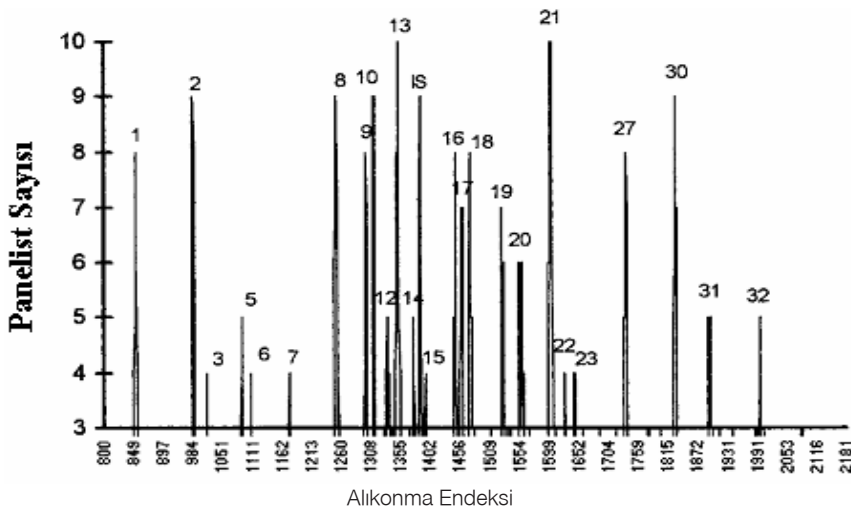
çok düşük olduğu ve portakal suyu aromasına etkisinin çok düşük olduğu görülmektedir. Engin (15) yaptığı bir çalışmada dilüsyon analiz metodu kullanarak çığ, pastörize ve ultraviyole ışınları uygulanmış inek sütlerinin aroma aktif bileşenleri saptamıştır. Çalışmada bazı aroma maddelerinin FD faktörlerinin süt örneklerine göre farklılık gösterdiği bulunmuştur. Örneğin; okside aroma kalitesiyle ifade edilen 2-nonanonun çığ sütte FD faktörü 3 iken UV işleme tabi tutulmuş sütlerde FD faktörü 5 olarak saptanmıştır. Yapılan diğer bir çalışmada çözünebilir (instant) kahve içeceğiyle, filtre kahvenin potansiyel aroma aktif bileşenlerinin karşılaştırılması AEDA metodu kullanılarak yapılmıştır (16). Çalışma sonucunda her iki üründe de 40 tane aroma aktif bileşen tespit edilmiştir. Tüm aroma aktif bileşenlerin filtre kahvedeki FD faktörlerinin kahveli içecekteki FD faktörüne göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (16). De Souza ve ark. (17) CharmAnalysis™ metodunu kullanarak Brezilya'da üretilen birbirine benzer Cachaça ve Rom içkilerinin aroma karakterizasyonlarını yapmışlardır. Çalışmada Cachaça içkisinde 24 Romda ise 16 adet aroma aktif bileşen saptanmıştır. Cachaça içkisinde bulunan aroma maddelerinin daha yüksek Charm değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2. Mekanik olarak sıkılmış ve işlenmiş portakal suyunun bazı aroma maddelerinin FID ve CHARM™ kromatogramları (Çalışmada aroma maddelerinin alıkonma indeksleri OV101 kolonda hesaplanmıştır. American Chemical Society izniyle) (14).

**2. Belirleme Sıklığı Analiz Metodu:** Deneyimli panelist sıkıntısı ve aroma dilüsyon analizdeki eşik değer kısıtlamalarının giderildiği bir analiz metodudur. Bu metot Linssen ve ark. (18) tarafından önerilmiş ve Pollien ve ark. (19) tarafından da geliştirilmiştir. Bu metotta gıda maddesinin orijinal aroma ekstraktı fazla deneyimli olmayan 6-12 panelist tarafından aynı anda koklanmaktadır. Ekstraktın GC'de koklanma süresince, aynı alıkonma zamanında aynı aroma kalitesini belirten panelistin oranı belirleme sıklığı olarak ifade edilmektedir. Belirleme sıklığı yüksek olan aroma aktif bileşenin oransal önemliliğinin de yüksek olduğu sonucuna varılmakta ve bu da aroma maddesinin yoğunluğuyla ilişkilendirilmektedir. Bu metotta her bir panelistin koklama süresince aroma aktif bileşene verdiği tepki birleştirilerek toplanmakta ve standardize edilmektedir. Bu şekilde her bir aroma maddesi için elde edilen veriler alıkonma zamanına karşı grafiğe geçirilmektedir. Kromatogramda pik yüksekliği aroma aktif maddenin kaç panelist tarafından belirlendiğini göstermektedir ve araştırmacılar tarafından nasal etki sıklığı (NIF: nasal impact frequency) olarak adlandırılmaktadır. Pik alanı ise nasal etki sıklığı alanı olarak (SNIF: surface of nasal impact frequency) ifade edilmekte ve aroma aktif bileşenin algılandığı süre ile nasal etki sıklığının çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Her iki parametre de aroma aktif bileşenin

etkisini belirlemek için kullanılmaktadır (19-21). Şekil 3'de kalkan balığında bulunan aroma maddelerinin belirleme sıklığı kromatogramı görülmektedir. Kromatogram incelendiğinde 32 tane aroma bileşenin tüm aromaya katkısının olduğu ve bunlardan; 1 (trimetilamin: balığımsı) 2 (2,3-bütandion: tereyağı), 8 (Z)-4-heptonal: pişmiş balık), 10 (4-metil-2-pentanol: mantar), 13 (bilinmeyen: kokmuş balık), 18 (bilinmeyen: mantar), 21 ((E,Z)-2,6-nonadienal: salatalık) ve 30 ((E,E)-2,4-dekadienal: çimen) nolu bileşiklerin belirleme sıklığının yüksek olduğu görülmektedir (22). Rochat ve ark. (23) NIF değerlerini kullanarak karides tozu ve karides aromasına katkıda bulunan aroma aktif bileşenleri belirlemişlerdir. Her iki ürün için de yüksek NIF değerine sahip olan aroma aktif maddeler 2-asetil-1-pirolin (patlamış mısır), 3-metil bütanal (meyvemsi), diasetil, 2,3-pentandion (tereyağı), 1-okten-3-on (mantar) ve prolidin (deniz/ransit) olarak bulunmuştur. Yapılan diğer bir çalışmada 8 panelist ile belirleme sıklığı metodu kullanılarak Cabernet sauvignon cinsi üzümlerden üretilen 2 farklı şarabın aroma aktif bileşenleri belirlenmiştir. Çalışmada şaraplardaki aroma aktif bileşenlerin aromaya etkisinin SNIF değerleriyle daha iyi açıklandığı tespit edilmiştir. Ayrıca şaraplardaki en önemli aroma aktif bileşenlerin izovalerik asit, Furaneol™, 2-fenil etanol, bütirik asit, fetil etil alkol, 2-metoksi-3-izobütilpirazin ve

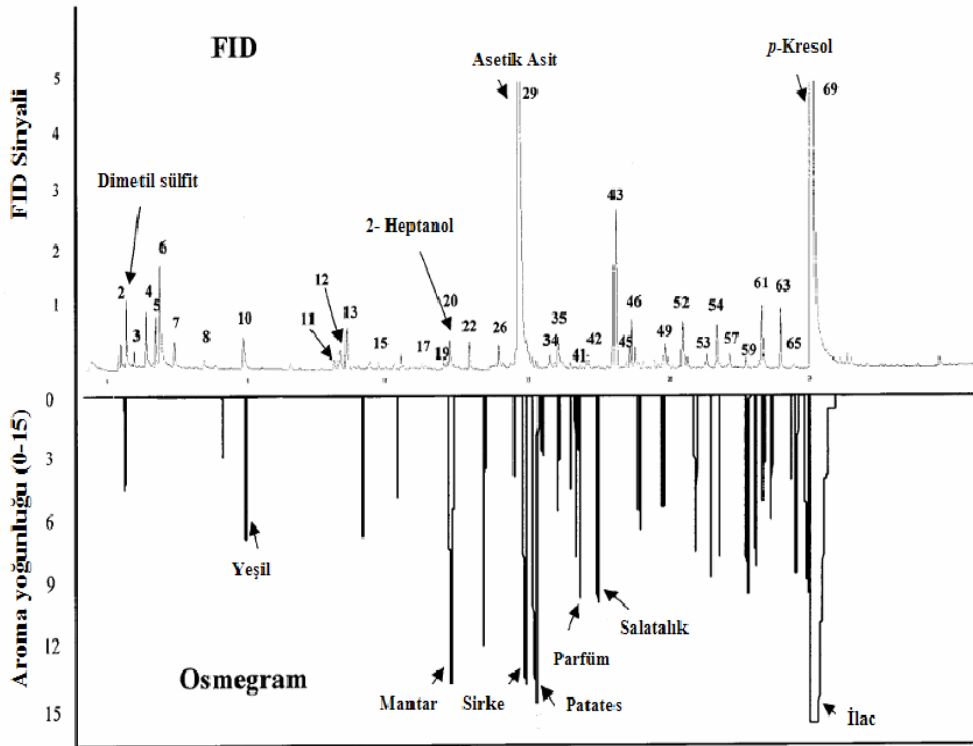


Şekil 3. Kalkan balığı etine ait belirleme sıklığı kromatogramı (Belirleme sıklığı yüksek olan aroma bileşenleri: 1: trimetil amin; 2: 2,3-bütandion; 8:(Z)-4-heptonal; 10: 4-metil-2-pentanol; 13: bilinmeyen; 18: bilinmeyen; 21:(E,Z)-2,6-nonadienal; 30:(E,E)2,4-dekadienal. American Chemical Society, izniyle) (22).

$\beta$ -damassenon olduğu belirlenmiştir (24). Botelho ve ark. (25) hem belirleme sıklığı hem de koklama sonrası yoğunluk belirleme metodunu kullanarak kırmızı şaraplarda 36 adet aroma aktif bileşen belirlenmişlerdir. Belirlenen aroma aktif bileşenler için belirleme sıklığı değerleri ile koklama sonrası yoğunluk değerleri arasında pozitif yönde önemli bir korelasyonun olduğu saptanmıştır.

**3. Zaman-Yoğunluk Metodu:** Zaman yoğunluk metodu OSME (Yunanca koklama anlamına gelmektedir) olarak bilinmektedir. Bu metot McDaniel ve ark. (26) tarafından geliştirilmiş olup Pinot noir üzümlerinden elde edilen şarapların aroma aktif bileşenlerinin saptanması amacıyla kullanılmıştır. Metotta temel olarak aroma ekstraktının dilüsyonu hazırlanmadan doğrudan ekstraktın kendisi koklanmaktadır. Koklama esnasında, panelistler özel olarak hazırlanmış elektronik skala yardımıyla ekstraktta algıladıkları aroma bileşenlerinin yoğunluklarını, geliş sürelerini ve aynı zamanda kalite tanımlamalarını yapmaktadırlar. Metotta kullanılan skala 15 puanlı bir skala olup 0= yok, 7= orta ve 15= çok fazla olarak ifade edil-

mektedir. Analiz dört deneyimli panelist tarafından yürütülmektedir. Her bir ekstrakt dört defa koklanmakta ve en az üç panelistin verdiği aroma yoğunluk ortalamaları ve algılanma zamanları kullanılarak aromagram oluşturulmaktadır. OSME metodunda oluşturulan kromatogram osmeogram olarak adlandırılmaktadır. Osmeogram klasik kromatograma benzemektedir. OSME metodunda AEDA ve CharmAnalysis™ metodlarında olduğu gibi aroma aktif bileşenin eşik değeri baz alınmamaktadır. Aroma aktif bileşenin hissedilen algı yoğunluğu saptanmaktadır. Bu nedenle metottaki değerlendirmeler Steven ve Fechner'ın duyuşsal algı ile ilgili psikofiziksel kanunları olan Logaritmik ve Power modellerini dikkate almaktadır. Söz konusu modellerde temel olarak herhangi bir duyuşsal uyarıcıya karşı (örneğin aroma aktif bileşen) verilen tepkinin her zaman doğrusal bir şekilde artış göstermediği, uyarıcının konsantrasyonunun artması veya azalmasına karşı duyuşsal tepkinin doğrusal olabileceği gibi logaritmik bir şekilde değişebileceği de ifade edilmektedir. OSME ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi t testi veya varyans analizi gibi genel istatistiksel



Şekil 4. Fermente bambu filizine ait osmeogram (American Chemical Society, izniyle) (29)



analizlerle yapılabilmektedir (12, 26-28). Şekil 4'de Tayvan'da bambu filizine ait örnek bir osmegram verilmiştir (29). Osmegram incelendiğinde bambu filizlerinde OSME ile belirlenen ve yüksek aroma yoğunluğuna sahip patates, parfüm ve salatalık aromalarının FID detektörde çok küçük pik verdiği veya hiç pik vermediği görülmektedir. *p*-Kresol (ahır), 2-heptanol (mantar), asetik asit (sirke) ve 1-okten-3-ol (mantar) bambu filizinde yüksek aroma yoğunluğuna sahip bileşenler olarak belirlenmiştir.

Garutti ve ark. (30) cashew elmalarından (*Anacardium occidentale L*) elde edilen meyve suyunun aroma bileşenlerini GC-FID/MS ile belirledikten sonra OSME metodunu kullanarak bu aroma bileşenlerinin tüm aromaya katkılarını tespit etmişlerdir. Çalışmada metil 3-metil bütanoat (tatlı), etil 3-metil bütanoat (meyvemsi), metil bütanoat (meyvemsi, karamel), etil bütanoat (ester), etil trans 2-bütanoat (olgunlaşmış meyve) ve metil 3-metil pentanoat (ekşi) cashew elmalarından elde edilen meyve sularında önemli aroma bileşenleri olarak bulunmuştur. Çalışmada en dikkat çekici sonuç ise FID detektörde belirlenemeyen sülfür benzeri bileşiklerin olfaktometri ile panelistler tarafından algılanmış olmasıdır. Yapılan diğer bir çalışmada yaban mersininden elde edilen sirkelelerin aromasına 47 tane bileşenin katkıda bulunduğu OSME metoduyla belirlenmiştir. Bu bileşenlerden özellikle asetik asit (sirke), 2/3-metil bütirik asit (ter), feniletil asetat (tatlı, bal), 2-feniletanol (gül), oktanoik asit (ter), eugenol (karanfil) ve fenilasetik asit (çiçek) aromaya en fazla katkıda bulunan aroma aktif bileşenler olmuştur (31). Quian ve ark. (32) tarafından yapılan bir çalışmada hem AEDA hem de OSME tekniğini kullanarak Blue peynirde yağ türevli aroma maddeleri belirlenmiştir. Peynirde 17 tane aroma bileşeni olduğu belirlenmiştir. AEDA yöntemiyle yapılan analizde diasetil (tereyağımsı), metiyonal (haşlanmış patates), bütirik asit (peynirimsi), 2-heptanon (Blue peynir), 2-nonanon (Blue peynir), 3-metil bütirik asit (ter, peynir) ve bilinmeyen bir bileşiğin FD faktörlerinin yüksek olduğu belirlenirken aynı maddelerin OSME değerlerinin de yüksek olduğu saptanmıştır. Tüm aroma bileşiklerinden en yüksek OSME değerlerine sahip olanlar 2-heptanon ve 2-nonanonur.

**4. Koklama Sonrası Yoğunluk Belirleme:** OSME metoduna benzer. Bu yöntemin OSME metodun-

dan tek farkı panelistin koklama işlemi sırasında ekstrakttaki aroma aktif bileşenin yoğunluğunu algıladığı en yüksek konsantrasyonu bir skalaya bağlı kalarak kaydetmesidir. Burada aroma aktif bileşenin koklama esnasında yoğunluğunda meydana gelen değişimden daha çok koklama sonrası algılanan en yüksek yoğunluk dikkate alınmaktadır. Metotta en iyi sonuçlar deneyimli bir panelist grubunun kullanılmasıyla elde edilmektedir. Bu nedenle panelistler arasındaki tutarsızlıklar, metotta kullanılan skala ölçeklendirmesi ve skalanın panelistler tarafından doğru bir şekilde kullanılmaması elde edilen verilerin doğruluğunu büyük ölçüde etkilemektedir (8, 21).

Karagul-Yuceer ve ark. (33) yaptıkları bir çalışmada Ezine peynirinin aroma profilini koklama sonrası yoğunluk belirleme metodunu kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmada, Ezine peynirinde 35 adet aroma-aktif bileşen olduğu, bu bileşenlerden (Z)-4-heptenal (okside yağ), 1-okten-3-on (mantar), asetik asit (sirke), bütirik asit (peynirimsi), ve *p*-kresol (ahır) gibi bileşenlerin diğerlerine göre daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Lozano ve ark. (34) yaptıkları bir çalışmada ise soğuk depolama koşullarının ve farklı ambalaj materyallerinin tatlı krema tereyağının aroma aktif bileşenleri üzerine etkisini aynı yöntemle ve 8 puanlı skala kullanarak incelemişlerdir. Pastörize tereyağında bütirik asit (peynirimsi),  $\delta$ -oktalakton (bitkisel),  $\delta$ -dekalakton (tatlı), 1-okten-2-on (mantar), 2-asetil-1-pirolin (patlamış mısır), dimetil trisülfid (lahana) ve diasetil (tereyağımsı) bileşiklerinin temel aroma aktif bileşenler olduğu ve aroma yoğunluklarının 1,5-5 puan arasında değiştiği belirlenmiştir. Diğer taraftan çalışmada tereyağında istenmeyen aromaya neden olan etenilbenzenin (plastik) mumlu kağıtla 6-12 ay süresince depolanan tereyağlarında alüminyum folyeli kağıtla depolanan tereyağlarından daha yoğun olduğu bulunmuştur. Avşar ve ark. (35) yaptıkları bir çalışmada hem AEDA metodu hem de koklama sonrası yoğunluk belirleme metodunu kullanarak Cheddar peynirinde fındığımsı algıya neden olan uçucu bileşenlerin karakterizasyonunu yapmışlardır. Dinamik tepeboşluğu ekstraksiyonu, AEDA ve model çalışmalar sonucunda Strecker aldehitleri olan 2/3-metil bütanal (maltımsı) ve 2-metil propanal (bitter çikolata) Cheddar peynirinde fındığımsı aromanın kaynağı olarak belirlenmiştir.

### GCO Analiz Metotlarındaki Sınırlamalar

Dilüsyon analiz metotlarında verilerin kolay bir şekilde elde edilmesi metodun en büyük avantajıdır. Ancak her bir dilüsyonunun tek tek koklanması çok fazla zaman harcanmasına, panelistlerin yorulmasına ve adaptasyona uğramasına neden olmaktadır. Bu nedenle analizlerde çok fazla tekrar gerçekleştirilememekte ve metodun tekrar edilebilirliği azalmaktadır. Dilüsyon analizlerinde aroma maddelerinin eşik değeri baz alındığı için her bir aroma maddesinin konsantrasyonu ile hissedilen yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayılmaktadır (2, 8, 10, 12). Ancak bir uyarıcının konsantrasyonuna verilen tepki her zaman doğrusal olmadığı gibi logaritmik ya da üssel olabileceği Fechner ve Steven kanunları ile detaylı bir şekilde açıklanmıştır (27, 28). AEDA metodunu sınırlandıran diğer bir faktör yüksek uçuculuğa sahip aroma maddelerinin dilüsyon hazırlanması sırasında kaybolabilmesidir. CharmAnalysis™ en büyük dezavantajı GCO verilerinin toplanmasında ve değerlendirilmesinde özel ekipmanlara gereksinim duyulmasıdır. Ancak panelistlerden kaynaklanan hataların en aza indirgenmesi ve psikofiziksel kanunların dikkate alınması AEDA'ya göre avantaj sağlamaktadır. Zaman-yoğunluk metodu olan OSME'de psikofiziksel kanunların dikkate alınması daha güvenilir sonuç alınmasına olanak sağlamaktadır. Ancak bu metotta aynı anda hem aroma kalitesinin değerlendirmesi hem de aroma maddelerinin geliş ve bitiş sürelerine göre aroma yoğunluğunun belirtilmesi panelistlerin çok fazla yorulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle analizi gerçekleştirecek olan panelistlerin çok fazla eğitim alması gerekmektedir. Belirleme sıklığı metodunun en büyük avantajı ise deneyimli panelist ihtiyacının az olmasıdır. Belirleme sıklığı metodunda birden fazla panelistin kullanılması ve en az 4-5 GCO enjeksiyonunun yapılması tekrar edilebilirliği yükseltmektedir. Sonradan belirtilen yoğunluk metodunda ve OSME'de aroma maddesinin algılanan yoğunluk ölçümü yapıldığı için bir skalaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla çok farklı skalalar kullanılabilir. Bu da panelistlerin değerlendirme yaparken skala çeşidinden etkilenmesine neden olabilmektedir. Fazla puanlı skala kullanılması panelistin yanlış değerlendirme yapmasına neden olabilmektedir. Az puanlı skalaların (örn; 3 puanlı) kullanılması ise istatistiksel değerlendirmelerin yapılmasını zorlaştırmaktadır (8, 10, 12, 20, 21).

Sonuç olarak enstrümantal ve duyu analizi tekniklerinin bir birleşimi olan Gaz kromatografisi-olfaktometri metodu gıdalarda bulunan aroma aktif bileşenlerin tanımlanması ve aroma üzerine etkilerinin ortaya konması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. GCO'da aroma aktif bileşenlere ait verilerin elde edilmesine dair farklı prensiplere dayalı çeşitli metotlar bulunmaktadır. İnsanın aroma algısı ve gıdalardaki aroma maddelerinin özellikleri üzerine yapılan çalışmalar mevcut GCO tekniklerinin geliştirilmesine veya yeni GCO metotlarının ortaya çıkmasına neden olabilecektir.

### KAYNAKLAR

1. Reineccius GA. 1994. Flavor analysis. In: Source Book of Flavors, Reineccius GA, (Ed) Chapman & Hall, New York, pp.24-60.
2. Mayol AR, Acree, TE. 2001. Advances in gas chromatography-olfactometry. In: Gas Chromatography-Olfactometry The State of the Art, Leland JV, Schieberle P, Buetterner A, Acree TE, (Eds), ACS Symp Ser 782, American Chemical Society, Washington, DC, pp.1-11.
3. Fuller GH, Steltenkamp R, Tisserend GA. 1964. The chromatography with human sensor: perfumer model. Ann N Y Acad Sci, 116:711-724.
4. Belitz HD, Grosch W, Schieberle P. 2009. Food Chemistry. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 340-400.
5. Lopetcharat K, McDaniel M. 2005. Sensory analysis of foods. In: Methods of Analysis of Food Components and Analysis. Ötleş, S. (Chief Ed) CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 262-295.
6. Fiedrich JE, Acree, TE. 1998. Gas chromatography olfactometry (GC/O) of dairy products. Int Dairy J, 8:235-241.
7. Hışıl Y. 2004. Enstrümantal Gıda Analizleri-II. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın no: 30. İzmir.
8. Van Ruth SM. 2001. Methods for gas chromatography-olfactometry: a review. Biomol Eng, 17:121-128.
9. Ulrich F, Grosch W. 1987. Identification of the most intense odor compounds formed during autoxidation of linoleic acid. Z Lebensm Unters Forsch, 184: 277-282.
10. Blank I. 1997. Gas chromatography-olfactometry in food aroma analysis. In: Techniques for Analyzing Food Aroma. Ray Marsili (Ed), Marcel Dekker, New York, pp. 293-329.
11. Acree TE, Barnard J, Cunningham DGA. 1984. A procedure for the sensory analysis of gas chromatography effluents. Food Chem, 14: 273-286.
12. Mistry BS, Reineccius T, Olson, LL. 1997. Gas chromatography-olfactometry for the determination of key odorants in foods. In: Techniques for Analyzing Food Aroma. Ray Marsili (Eds), Marcel Dekker, New York, pp. 265-291.

13. Acree TE, Bernard J. 1994. Gas chromatography-olfactometry and Charmanalysis™. In: Trends in Flavour Research, Maarse H, van der Heij DG (Eds), Elsevier, Amsterdam, pp. 211-220.
14. Marin AB, Acree TE, Hotchkiss JH, Nagyl S. 1992. Gas chromatography-olfactometry of orange juice to assess the effects of plastic polymers on aroma character. *J Agric Food Chem*, 40: 650-654.
15. Engin B. 2009. Ultraviyole ışınları ve ultrasound uygulamalarının sütün aroma-aktif bileşenleri ve mikroorganizma yükü üzerine etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 55 s.
16. Sanz C, Czerny M, Cid C, Schieberle P. 2002. Comparison of potent odorants in a filtered coffee brew and in an instant coffee beverage by aroma extract dilution analysis (AEDA). *Eur Food Res Technol*, 214:299-302.
17. De Souza M, Vasquez P, Del Mastro NL, Acree T, Edward HL. 2006. Characterization of cachaça and rum aroma. *J Agric Food Chem*, 54:485-488.
18. Linsen JPH, Janssens JLG, Roozen JP, Posthumus MA. 1993. Combined gas chromatography and sniffing port analysis of volatile compounds of mineral water packed in laminated packages. *Food Chem*, 8:1-7.
19. Pollen P, Ott A, Montigon F, Baumgartner M, Munoz-Box R, Chaintreau A. 1997. Hyphenated headspace-gas chromatography-sniffing technique: screening of impact odorants and quantitative aromagram comparisons. *J Agric Food Chem*, 45: 2630-2637.
20. Van Ruth SM, O'Connor CH. 2001. Influence of assessors qualities and analytical conditions on gas chromatography-olfactometry. *Eur Food Res Technol*, 213:77-82.
21. Delahunty CM, Eyres G, Dufour JP. 2006. Gas chromatography-olfactometry. *J Sep Sci*, 29:2107-2125.
22. Prost C, Serot T, Demaimay M. 1998. Identification of the most potent odorants in wild and farmed cooked turbot (*Scophthalmus maximus L.*). *J Agric Food Chem*, 46:3214-3219
23. Rochat S, Egger J, Chaintreau A. 2009. Strategy for the identification of key odorants: application to shrimp aroma. *J Chromatogr A*, 1216: 6424-6432.
24. Falcao LD, de Revel G, Rosier JP, Bordignon-Luiz MT. 2008. Aroma impact components of Brazilian cabernet sauvignon wines using detection frequency analysis (GC-Olfactometry). *Food Chem*, 107:497-505.
25. Botelho G, Caldeira I, Mendes-Faia A, Clímaco MC. 2007. Evaluation of two quantitative gas chromatography-olfactometry methods for clonal red wines differentiation. *Flavour Fragr J*, 22:414-420.
26. McDaniel MR, Miranda-Lopez BT, Watson BT, Libbey LM. 1990. Pinot noir aroma: a sensory/gas chromatographic approach. In: Flavors and Off-flavors, Charalambous G, (Ed), Elsevier, Amsterdam, pp. 23-36.
27. Lawless, HT, Heymann H. 1998. Sensory Evaluation of Food: Principle and Practice Chapman & Hall, International Thomson Publishing, New York.
28. Meligard M, Civille, GV, Carr, BT. 1999. Sensory Evaluation Techniques (3th edition). Boca Raton, FL, CRC Pres.
29. Guei Fu S, Yoon Y, Russel B. 2002. Aroma-active components in fermented bamboo shoots. *J Agric Food Chem*, 50: 549-554.
30. Garruti DS, Franco MRB, Da Silva MA, Janzantti NS, Alves GL. 2003. Evaluation of volatile flavour compounds from cashew apple (*Anacardium occidentale L*) juice by the Osme gas chromatography/olfactometry technique. *J Sci Food Agric*, 83:1455-1462.
31. Su MS, Chien PJ. 2010. Aroma impact components of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) vinegars. *Food Chem*, 119: 923-928.
32. Quian M, Nelson C, Bloomer S. 2002. Evaluation of fat-derived aroma compounds in Blue cheese by dynamic headspace GC/olfactometry-MS. *J Am Oil Chem Soc*, 79 (7): 663-667.
33. Karagul Yuceer Y, Tuncel B, Guneser O, Engin B, Isleten M, Yasar K, Mendes M. 2009. Characterization of aroma-active compounds, sensory properties, and proteolysis in Ezine cheese. *J Dairy Sci*, 2009 92: 4146-4157.
34. Lozano P, Miracle, RE, Krause AJ, Drake M, Cadwallader KR. 2007. Effect of cold storage and packaging material on the major aroma components of sweet cream butter. *J Agric Food Chem*, 55: 7840-7846
35. Avsar YK, Karagul-Yuceer Y, Drake MA, Singh TK, Yoon Y, Cadwallader KR. 2004. Characterization of nutty flavor in Cheddar cheese. *J Dairy Sci*, 87:1999-2010.