

DERLEME / REVIEW

**Adli Bilimler Açısından Kokunun Önemi**  
Importance of Odor from Forensic Perspective

Emre Mutlu, Faruk Aşıcıoğlu\*

**Öz**

Uyuşturucu, patlayıcı maddeler veya insan vücudu tarafından serbest bırakılan uçucu organik bileşiklerin kokusunun belirlenebilmesi kaçakçılığın, terörün, canlı veya ölü bireyin varlığını gösterebileceği gibi bir kişiyi belirli bir yer veya nesneyle ilişkilendirebileceği için ceza soruşturmalarında artan bir öneme sahiptir. Her ne kadar koku tespitinde kullanılan araç ve gereçler son yıllarda önemli ölçüde iyileşmiş, biyolojik detektörler olan köpekler ile rekabet edebilecek seviyeye yaklaşmış olsalar da, köpeklerin hız, çok yönlülük, kokuyu takip etme becerisi ve ayırt edici özelliklerinden dolayı hala koku kaynağının tespitinde ilk tercih olarak kullanıldıkları kabul edilmektedir. Uçucu organik bileşiklerin tespitinde kaydedilen ilerlemelerin yanı sıra, cihazlar ve köpekler için standardize uygulamaların geliştirilmesi, kokunun kanıt olarak güvenilirliğini sürekli olarak artırmaktadır. İyi uygulama kılavuzlarının geliştirilmesi, ilgililenen uçucu organik bileşiklerin tespit edilmesindeki duyarlılık, seçicilik ve güvenilirliğinin artması ile bugün için sadece takip ve yakalamada kullanılan yöntemin ceza yargılamasında kabul edilebilir bir adli kanıt olarak kullanımını olanaklı kılacaktır. Bu çalışmada koku algılamasında rolü olan anatomik yapılar, histolojik ve fizyolojik mekanizma ile halen bu süreçte kullanılan temel aktörler olan köpeklerin anatomik, fizyolojik, genetik farklılıkları, eğitimi ve eğiticileri ile olan ilişkileri, sınırlamaları, bu alanda kullanılan analitik cihazların temel prensip ve kapasiteleri ile kaydedilen ilerlemeler araştırılmış ve okuyucuya derli toplu bir şekilde sunulması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Adli Koku; Biyolojik Dedektör; Uçucu Organik Bileşik.

**Abstract**

As the detection of the odor of drugs, explosives or volatile organic compounds released by the human body may indicate the presence of smuggling, terrorism, living or dead individuals, it is of increasing importance in criminal investigations as it can associate a person with a particular place or an object. Although the tools and equipment used in scent detection have improved significantly in recent years and they have come close to competing with dogs which are biological detectors, dogs are considered to be the first choice for the detection of scent source due to their speed, versatility, ability to follow odor and their distinguishing features. In addition to advances in the detection of volatile organic compounds, the development of standardized applications for devices and dogs continuously increases the reliability of scent as evidence. The development of good practice guidelines will make it possible to use the methodology for pursuit and apprehension as an acceptable forensic evidence in criminal proceedings with increasing sensitivity, selectivity and reliability in detecting volatile organic compounds of interest. In this study, the anatomical, physiological and genetic differences of dogs, anatomical structures that play a role in scent detection, the main actors that are still used in this process with their histological and physiological mechanism, their relations with their trainers and trainers, their limitations, the basic principles and capacities of the analytical instruments used in this field and the progress made were investigated and intended to be presented to the reader in a well-organized structure.

**Keywords:** Forensic Odor, Biological Detector; Volatile Organic Compounds.

DOI: 10.17986/blm.2019356621

Emre Mutlu: Uzm. Dr., Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, İstanbul  
Eposta: dremremutlu@yahoo.com  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2772-2364>

Faruk Aşıcıoğlu: Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, İstanbul  
Eposta: faruk.asicioglu@istanbul.edu.tr  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1691-6171>

**Bildirimler/ Acknowledgement**

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.  
The authors declare that they have no conflict of interests regarding content of this article.

**Finansal Destek/Support Resources**

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir finansal destek bildirmemişlerdir.  
The Authors report no financial support regarding content of this article.

\*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author:

Geliş: 06.05.2019

Düzeltilme: 24.06.2019

Kabul: 25.06.2019

p-ISSN: 1300-865X

e-ISSN: 2149-4533

## 1. Giriş

Adli tıpta uyuşturuculara, patlayıcılara, canlı ve ölü insana ait uçucu organik birleşiklerin meydana getirdiği kokuların tespiti önemi giderek artan bir konudur (1). Bu alanda, yüksek seçicilikleri ve koku almaya karşı hassasiyetleri nedeniyle köpekler sürekli olarak kullanılmaktadır (2). Bunun yanında, uçucu organik birleşiklerin yerinde tespit ve taranması amacıyla yıllardır çeşitli teknoloji ve enstrümantasyon biçimlerinin geliştirilmesi için girişimlerde bulunulmuş ve bu konuda önemli gelişmeler kaydedilmiştir (3). Gaz kromatografisi, “e-burunlar” ve kılcal elektroforezi içeren teknikler aşamalı olarak ucuz ve etkili analitik metotlar olarak ortaya çıkmıştır (4). Köpeklerin veya analitik aletlerin birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları olmasına karşın, birlikte kullanılmalarının da faydalı olabileceği bildirilmiştir (2).

Bu makalede koku algılamasında rolü olan anatomik yapılar, histolojik ve fizyolojik mekanizma ile halen bu süreçte kullanılan temel aktörler olan köpeklerin anatomik, fizyolojik, genetik farklılıkları, eğitimleri ve eğiticileri ile olan ilişkileri, sınırlamaları, son yıllarda köpeklerle rekabet etmeye başlayan analitik cihazların temel prensip ve kapasiteleri, bu alanda kaydedilen ilerlemeler araştırılmış ve okuyucuya derli toplu bir şekilde sunulması amaçlanmıştır.

## 2. Burun anatomisi

### a) Nazal piramit

Dış burun kemik ve kıkırdaktan oluşmaktadır. Güçlü yapısı, burun boşluğunun iç yapılarını ve hassas mukozasını korumaktadır (5). Burnun dış görünümü, üç taraflı bir piramite benzetilebilir. Bu piramidin tepesi altına yerleştirilmiş olup burun kökü olarak adlandırılmaktadır. Daha yukarıda, glabella olarak bilinen basık bir kemikli bölge, frontal sinüs seviyesinde yer almaktadır. Piramidin tabanı, iki burun deliğini içermekte, aralarında burun apeksinden üst dudağın merkezine kadar uzanan, membranöz kolumella adı verilen bir septum içermektedir (6). Nazal vestibul, burun delikleri içinde hafif bir dilatasyon olup, burnun giriş alanına karşılık gelmektedir. Burun piramidinin büyük bölümünü oluşturan burun kemikleri, burnun üçte bir üst kısmını oluşturur. Bunlar güçlü bir kemik bağı ile maksillaya lateral olarak tutunur. Vestibülde burun mukozası ile deri arasındaki sınır, limen nasi olarak adlandırılmaktadır. Bu alanda, internal nasal valv adı verilen burun boşluğundaki en dar yer bulunmaktadır.

Dış burun kas ve cilt ile kaplıdır. Musculus frontalis'in devamı, kasıldığı zaman burnu kısaltan procerus kasını oluşturur. Nazal kasların kanat lifleri, levator labii superior alaeque nasi kası kısılma ve burun deliklerinde dila-

tasyon sağlamaktadır. Bu kaslar, burun boşluğuna giren küresel hava akımını sürekli olarak etkiler. Nazal kasın enine lifleri, damarları daraltıcı etkiye sahiptir. Depresör septi kası burun çapını azaltır.

### b) Nazal septum

Nazal dorsumla birlikte nazal septumun şekil ve pozisyonu, burun estetiğinden sorumludur (7). Alt konkalarla birlikte hava akım ve direncini kontrol etmesi en önemli görevidir. Bu orta hat yapısı burun boşluğunu ikiye bölmektedir. Kemik ve kıkırdak bileşenlerinden meydana gelmektedir. Nazal septum aynı zamanda internal nazal valv'in bir parçası olup bu yapının deviasyonu veya yanlış yerleşmiş olması durumunda (örneğin, doğuştan veya travma sonrası) valvi daraltabilir ve burun tıkanıklığına neden olabilir (8).

## 3. Burun Histolojisi

Burun boşluğunun ön kısmı, nazal vestibula karşılık gelir, ince veya kalın kıllar, yağ bezleri ve ter bezleri ile birlikte skuamöz epitel ile kaplıdır (9). Burun boşluğu içinde, üç farklı epitel türü görülür. Burun boşluğunun ilk üçte birinde skuamöz ve transizyonel epitel bulunmaktadır. Bu epitel ayrıca orta ve alt konkaların ön kısmında da yer almaktadır. Burun boşluğunun arka üçte ikisinde dört ana hücre türünden oluşan yalancı katlantılı kolumnar epitel (solunum epiteli) bulunmaktadır ve bunlar siliyer (kolumnar) hücreler, siliyer olmayan (kolumnar) hücreler, goblet hücreleri ve bazal hücreler olarak adlandırılmaktadırlar. Bu epitel, üst ve alt hava yollarını, mukosiler temizleme aktivitesi ile korumaktadır. Goblet hücreleri ise belirli bir viskoelastisiteye sahip, iyi bir temizleme için gerekli olan asidik münin üretmektedir.

Üçüncü epitel, superior konk ve septumu kapsayan koku alma epitelidir. Yalancı katlantılı epitel, olfaktor hücreler (periferik reseptörler ve birinci dereceden ganglionlar gibi davranan bipolar nöronlar), bazal hücreler ve Bowman bezlerini (küçük seröz tübülo-alveoler bezler) içermektedir. Bazal hücreler, koku alma epiteline, viral hasardan sonra nöral doku rejenerasyonu sağlayan küçük poligon kök hücrelerdir. Koku alma sistemi, limbik sisteme, koku uyarı yanıtı için beyin sapının retiküler oluşumuna, hipokampus, talamus, hipotalamus ve frontal loba bağlanır (Şekil 1).

### Şekil 1. İnsanda koku alma sistemi

1. Olfaktor bulbus	3. Kemik	5. Glomerul
2. Mitril hücreler	4. Olfaktor epitel	6. Olfaktor reseptör Hücreleri

#### 4. Burun fizyolojisi

Burun solunum ve koku almada önemli rol oynar. Sağlıklı bireylerde, solunan hava, akciğer alveollerine ulaşmadan önce, burun mukozası tarafından süzülür, ısıtılır ve nemlendirilir. Burunun bu işlevleri alt solunum yollarının korunmasını sağlar. Nazal mukoza, primer savunma sisteminde alerjenlere, mikroorganizmalara ve diğer tahriş edici ürünlere karşı spesifik bir role sahiptir. Bu savunma mukosilier transport, inflamasyon, humoral ve hücrel immün yanıtlarla sürdürülmektedir.

##### a) Koku alma

Koku alma sistemi, primer koku alma merkezleri ve santral yapılar arasında sayısız bağlantıya sahiptir; bu kokuların algılanmasında çeşitli fizyolojik fonksiyonlar üzerindeki genel etkiyi açıklamaktadır (Şekil 1). Koku alma, yiyecek alımının düzenlenmesinde ve lezzet algısında birincil rol oynamaktadır. Üreme davranışı kısmen kokular tarafından düzenlenir (10). Koku alma, irritan ve toksik maddelerin tespitinde önemli bir koruyucu fonksiyona sahiptir. Koku alma yüzeyi yaşla birlikte azalmakta ve bu yüzey solunum epiteli ile değiştirilmektedir (11). Kokuyu alan yüzeyin boyutu, reseptör hücrelerinin siliyaları ile büyük ölçüde artmaktadır. Koku algılamasını sağlamak için, koku veren partiküllerin, reseptörlere ulaşmak için mukustan geçmesi gerekir; bu bariyer, partiküllerin bir dereceye kadar suda çözünür olmasını gerektirmektedir. Sürekli olarak belli bir kokuya maruz kalındığında, koku alma duyusu kolayca yorulur, ancak uyarının sona ermesinden sonra hızla düzeler (12).

Burun boşluğu birçok reseptörle kaplıdır. Bunlar, trigeminal sinirin (CN V), glossofarengal sinirin (CN IX) ve vagus sinirinin (CN X) oftalmik ve maksiller dallarından yayılan serbest sinir uçlarının somatosensorial duyu reseptörlerinden (ağrı, sıcaklık ve basınç) oluşmaktadır (13). Bununla birlikte, sıklıkla koku olarak adlandırılan nitel duylara sadece olfaktor sinir (CN I) aracılık etmektedir. Her koku, çeşitli kombinasyonlardaki birçok farklı tipte koku molekülünden oluşmaktadır. İnsanlar yaklaşık 450 çeşit koku alma reseptörüne sahiptir.

Bulbus olfaktoriusun ötesinde, koku sinyalinin beyinden geçtiği sinir yolları çok sayıda ve çeşitlidir. Bu sinyallerin işlenmesi için ana alanlar, amigdala, hipokampus ve orbitofrontal korteksdür. Bu ana bölgelere giden yollar, primer olarak primer olfaktor korteksin piriform korteksinden ve talamustan geçmektedir (14). Bunlar tüm duysal bilgiler için işleme alanları olarak hizmet eder. Entorhinal korteks, hipokampusu doğrudan erişimi sağlamaktadır. Entorhinal korteks de amigdaladan innervasyon almaktadır.

#### 5. Köpeklerde koku tespiti ve adli vakalarda kullanımı

Ceza soruşturularında köpeklerin kullanımı, parmak izlerinin kullanımı kadar eskidir (15). İngilizler 1888'de seri cinayetlerin sorumlusu Jack the Ripper'i (karın deşen Jack) ararken tazıdan yararlanmışlardır. 1893'te Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) Alabama Eyalet Yüksek Mahkemesi köpeklerin bir insanın izlerini belirgin bir şekilde ve kesin olarak takip etmek için eğitilebileceğini kabul etmiştir (1). O zamandan beri, yaşayan insanların, uyuşturucuların, patlayıcıların ve insan kalıntılarının tespiti için yüksek seçiciliği ve koku saptama hassasiyetleri nedeniyle köpekler sürekli olarak kullanılmaktadırlar (16). Köpekler hızlı, hareketli, esnek, dayanıklı ve gerçek zamanlı detektörler olarak değerlendirilmişlerdir (17).

Geçtiğimiz yarım yüzyıl boyunca, birçok ülkede özel yetiştirilmiş emniyet personeli, yasadışı uyuşturucuların tespiti dahil olmak üzere farklı amaçlarla kullanmak için köpekleri eğitmektedirler (18). Köpekler operasyona yönelik çalıştırılmalarının yanı sıra eğitimleri, kokuların ve koku kaynaklarının çeşitli şekillerde ele alınmasını da içermektedir. Bu eğitimler sırasında köpeği yanıtlayabilecek her türlü çapraz kontaminasyondan veya koku değişikliklerinden kaçınılmalıdır. Ayrıca, eğitim sırasında kullanılan kokunun nicel kontrolü ve tekrarlanabilir olması gerekmektedir (19).

##### a. Köpeklerde koku alma

Köpeklerin kokusuna duyarlılık gösterdiği maddeler, soluyabilmelerine yetecek kadar yüksek uçuculuğa sahip organik kimyasallardır. Tipik olarak bunlar 50 ila 500 g/mol arasında bir moleküler ağırlığa sahip kimyasallardır (19). Ancak bu konuda, katı sınırlar koyulamaz. Çünkü bir köpeğin burnunun farklı kokulara olan hassasiyeti moleküler büyüklüğüne göre değişebilir, böylece bazı zayıf uçucu kimyasallar diğer bazı uçucu kimyasallara göre daha iyi tespit edilebilirler.

Zorlu ortamlarda, gelişmiş analitik kimyasal algılama cihazları ile karşılaştırıldığında bile, algılama köpekleri hala, benzersiz algılama kabiliyetleri ve nispeten düşük maliyetleri nedeniyle patlayıcılar ve diğer kaçakçılık konusu olan yasadışı maddeleri yakalamanın en etkili aracı olarak kabul edilmektedir (26, 27).

Köpeklerin koku alma yeteneklerini belirlemek zordur. Koku tespitiyle ilgili olarak henüz köpeklerin koku tespit sınırlarını inceleyen nispeten az sayıda çalışma bulunmaktadır (22).

Köpeklerin koklama yeteneklerine ilişkin araştırmalar, kafatasları ve burun şekilleri, koklamanın genetik temeli ve aynı zamanda köpek koku alma duyusunu etkileyen fizyolojik değişkenler ile ilgilidir. İnsanların koku

kabiliyetlerinin belirlenmesinde “merkezi sinir sistemi” çok fazla çalışılmışken, köpeklerde aynı konuyu araştıran bir çalışma henüz yoktur (23,24).

Tüm memelilerde olduğu gibi, köpeklerde kokuyu alabilmenin yolu, burun boşluklarına giriş görevi gören burun delikleriyle başlar. Köpeğin burun delikleri ve burun boşlukları, birçok başka türle karşılaştırıldığında ek koku almasını kolaylaştıracak kas hareketiyle genişletilebilir (25). Köpek nazal boşluğu, koku alma söz konusu olduğunda diğer türlerden daha fazla avantaja sahiptir.

Köpeğin koku alma sistemine geniş ölçüde güvenilmesine rağmen, sistemin işleyişi tamamen anlaşılamaştır. İnsanlar gibi köpeklerinde bileşikler tespit edebilen reseptör hücrelerine ve yorumlanan sinyalleri taşıyan koku alma sinirlerine sahip oldukları bilinmektedir (26). Bununla birlikte, insanlardan farklı olarak, köpek koku alma sistemi hayvanın biyolojisinin çok daha büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Köpeğin koku alma duyu hücrelerinin burun iç yüzeyinin %50’si oluşturduğu ve beyinin yaklaşık sekizde birinin sadece koku almayla ilişkili olduğu belirtilmektedir (27). Köpeğin koku yeteneğinin insandan 44 kat daha güçlü olduğu tespit edilmiştir (27).

Craven ve ark. koku reseptör nöronları tarafından etkili bir şekilde koku çeşidinin saptanması için burun boşluğu içinde spesifik bölgelere, belirli tipte kokunun gönderildiğini göstermiştir (28,29). Quignon ve arkadaşları, insanlarda beş milyon olan koku reseptör nöronlarının köpeklerde yaklaşık 200 milyon olduğunu, köpeklerin koyun gibi diğer memelilerden daha fazla koku reseptör nöronlarına sahip olduğunu bildirmektedir (30,31).

### **b. Köpeklerde koku almayı etkileyen faktörler**

Farklı görevler ve farklı keşifler için farklı köpek ırkları seçilmiştir. Bu seçimler bir dereceye kadar geleneğe dayanmakta, ancak bunlar genellikle ırktaki keskinliği ve davranış eğilimlerini yansıtmaktadırlar (32). Farklı türdeki köpeklerin koku alma keskinliğindeki farklılıklar, kısmen kafatası ve burun şeklindeki değişikliklerle açıklanabilir (33). Örneğin, kafatası ve burun boyutu, koku alma epitelinin toplam yüzey alanını etkileyebilir (34). Bununla birlikte, daha küçük köpeklerin kokuları daha büyük olanlara göre daha az tespit edebildiğine dair hiçbir kanıt bulunmadığından, koku alma epitelinin mutlak alanının etkisi test edilmemiştir. Roberts ve ark., sefalik indeksin (kafatası genişliğinin kafatası uzunluğuna oranı) arttıkça, bulbus olfaktoriusun, beyin yarım kürelerine daha ventral yerleştiğini göstermiştir (35).

Köpek genomunun %6’sının koku alımına bağlı olduğu bildirilmiş olup insanlarda ise bu oran sadece %2 olarak tespit edilmiştir (31). İnsanlar dahil bazı türlerde, koku alma reseptörü (OR) genlerindeki polimorfizm ile

kokulu alma kabiliyeti arasında bir ilişki olduğu doğrulanmış, ancak köpeklerde bu ilişki henüz kurulmamıştır (36,37). Olender ve ark. koku alma reseptörleri için köpek alt genomunun insan ve fare alt genlerinden önemli ölçüde farklı olduğunu belirlemiştir (38).

Koklama açısından, köpekler makrosmatik olarak kabul edilir, çünkü diğer duyu türlerinde neredeyse tamamen koku alma duyusuna güvenirliler (39,40). İnsanların mikrosmatik olduğu düşünülür, çünkü insanın koku alma duyusu çok daha az gelişmiştir ve bir tür olarak insanlar, görme gibi diğer duylara daha çok güvenmektedir. Diğer duyu türlerinde koku duyusunun öne çıkması, köpek beynindeki bulbus olfaktoriusların boyutuna bağlanabilir. Köpeklerin bulbus olfaktoriusları, insanlardan çok daha büyüktür ve toplam beyin kütlelerinin büyük bir kısmını içermektedir. Köpeklerde koku reseptörlerinin repertuarının insanlardan yaklaşık %30 daha fazla olduğu gösterilmiştir (31). Ayrıca köpeklerde karakterize edilen toplam 661 koku alma reseptörünün genetik dizisinin sadece %18’inin pseudogen (işlevsiz genler) formunda olduğu insanlarda ise %63’ünün pseudogen olduğu tahmin edilmektedir. Olfaktör reseptörleri omurgalılarıdaki en büyük gen ailesini oluşturmakta, insanda yaklaşık 900 gen ve farede 1.500 gen içermektedir (31).

Köpek koku alma sisteminin, bir saniyeden daha kısa bir sürede meydana gelen dinamik bir sistem olduğu düşünülmektedir. Bu sistem koku yayan maddelerin solunmasının ardından oluşan sinirsel dürtülerin yorumlanması şeklinde gerçekleşen biyolojik bir işlemdir. Burnunun oryantasyonu nedeniyle bir köpeğin koklama sıklığı 5Hz civarındadır, bu da dakikada yaklaşık 300 nefese karşılık gelmektedir (41). Köpeğin burnundan soluduğu bu hava hacmi yaklaşık 60 mL/sn’dir (42). 5Hz’lik bir frekansta, her saniye solunan toplam hava 300mL dir. Nefes alma dinamiği, büyük koku alma sistemi ile birlikte, köpeklere kokuları hızlı ve verimli bir şekilde bulma ve tanımlama kabiliyetini vermektedir (42).

Köpekler, tüm memeliler de olduğu gibi, koku alma duyularını etkileyen çeşitli koşullara ve rahatsızlıklara duyarlıdır. Örneğin yaş, travma, ilaç ve çevresel faktörler sayılabilir (43). Myers ve ark. köpek parainfluenza virüsü ile enfekte olduğunda koku alma hassasiyetinin daha düşük olduğunu bulmuştur (44).

Veteriner hekimlikte sık kullanılan bir kortikosteroid olan deksametazonun, bir antibiyotik olan metronidazolün, köpeklerin koku alma eşliğini olumsuz şekilde etkilediği gösterilmiştir (45,46). İlaven diyet ve yaşlanmanın köpek koku alma duyusunu etkilediğine dair bazı kanıtlar vardır (47). Daha da önemlisi, Gazit ve ark., yorucu faaliyetlerin ve yoğun fiziksel aktivitenin köpeklerin koku tespit kabiliyetlerinin azalmasına yol açtığını bulmuştur (48).



### c. Arama köpeklerinin eğitimi

Köpekler, koku algılama eğitimini etkileyebilecek çeşitli davranış özelliklerine sahiptir. Her ne kadar iyi anlaşılmasına rağmen, koklamanın köpeğin en önemli duyusu olduğuna, takip, yönlendirme, sosyalleşme ve öğrenmede çok önemli bir rol oynadığına inanılmaktadır (49,50). Ayrıca köpeklerin, insanlarla iletişim kurma konusunda sosyal bilişsel yeteneklere sahip oldukları görülmektedir (51,52). Bu yetenekler arasında yüz ifadelerini tanıma, işaret gibi hareketleri anlama sayılabilir (53,54). Belki de en önemlisi, köpekler gözlemeden öğrenme yeteneğine sahiptirler ve eğitim problem çözme yeteneklerini artırıyor gibi görünmektedir (55).

Gazit ve ark., köpeğe uygulanan eğitim rejimine bağlı olarak onların hedefi bulma olasılığının değiştiğini, köpeklerin hedeflerin bulunma ihtimalinin daha düşük olduğu durumlarda daha düşük motivasyon gösterdiklerini bildirmiştir (56). Hedefi bulduktan sonra pozitif ödüllerin köpeğe verilmesinin değeri yadsınmaz. Köpeğe çok zayıf bir ödül verildikten sonra, onların motivasyonundaki düşüşün tersine çevrilmesi, imkansız olmasa da zor olabilmektedir. Bazı köpekler için öncelikli tercih edilen ödül bir insanla değer kazanma oyunu gibi belirli sosyal değere sahip ödüllerdir (57).

Keşif ve tespit köpeklerinin seçimi öncelikle yetiştiricilerin ve eğiticilerin tercihlerine bağlıdır. Çeşitli araştırmalar, yetiştiricilerin arama yaparken dikkat dağılma eğilimi, yiyecek motivasyonu, dayanıklılık ve bağımsızlık dahil olmak üzere davranış özelliklerine büyük öncelik verdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, bu özelliklerin göreceli önemi, spesifik keşif görevi ile değişebilir. Örnek olarak, Almey ve ark., insan arama köpeklerinin eğiticilerinin, uyuşturucu ve patlayıcı tespit köpeklerine nazaran insanlara karşı dost olan köpekleri daha fazla tercih ettiğini belirtmiştir (58). Köpeklerin öncelikleri ve yüksek motivasyonlarının her zaman, eğitmenlerin ve yetiştiricilerin en çok arzu ettiği davranışsal niteliklerde olmadığı; örneğin, Labrador av köpeklerinin çok yüksek gıda dürtüsünün, köpek eğitmenleri tarafından genellikle zarar verici olarak görüldüğü düşünülmektedir (58).

Keşif köpeklerinin etkinliğini belirleyen en önemli faktörlerden biri, eğitmen ve köpek arasındaki etkileşimdir (59,60). Fizyolojinin ötesinde, gelişmiş koku tespit ve keşif sonuçlarıyla ilişkili diğer değişkenler arasında köpek olgunlaşması, eğitici deneyimi ve verilen eğitim miktarı bulunmaktadır (3). Köpeklerin sosyal doğası nedeniyle, eğitmenin etkisi büyük önem taşımaktadır (61). Eğiticilerin beceri ve yetenekleri, köpeklerle en işlevsel bağları oluşturarak en iyi sonuçları almayı sağlamaktadır. Eğiticisinin değiştirilmesi neticesinde, köpeklerin ciddi şekilde azalmış motivasyon gösterdikleri de bildirilmiştir (62,63).

Aramalar sırasında köpeklerde bazı yaralanmalar meydana gelebilmekte olup bunların çoğu çizik, kesik, bağ ve kas dokusu hasarından oluşmaktadır. Ayrıca uyuşturucu tespit köpekleri görev sırasında uyuşturucu ve diğer bazı toksik maddelere soluma ve yutma sureti ile maruz kalabilmekte, bu maruziyet köpekler için toksik etki yaratabilmektedir (18).

## 6. Adli örneklerden salınan uçucu organik bileşiklerin tespitinde analitik teknikler

Yakın zamana kadar köpekler, algılama ve keşif görevlerinin tartışmasız lideri oldular. Bununla birlikte, analitik teknolojideki çağdaş gelişmeler sonucunda bazı araçlar benzer rolleri üstlenmek için önerilmiş ve uygulanmıştır.

Analitik araçlar için hassasiyet giderek artmakta olup sadece yirmi yıl önce nano-mol ( $10^{-9}$ ) seviyesinde tespit limitleri rapor edilirken günümüzde bu değerler yo-mol ( $10^{-22}$ ) seviyesindedir (64).

Giderek daha düşük algılama sınırlarına ek olarak, bu cihazların çoğu hızlı analiz sürelerine sahip olup minyatür ve taşınabilir hale gelmişlerdir. Bu kapasite, yalnızca kanıtların daha iyi tespit edilmesine izin vermekle kalmayıp, aynı zamanda olay yerinden bir süre önce kaldırılmış ya da gizlenmiş adli örneklerle ilişkin kalıntı kokuların da tespit edilebilmesine olanak tanımaktadır. Bu cihazlardan, iyon hareketlilik spektrometresi (IMS), dünyada 50.000'den fazla birimde kurulmuş olup, sahadaki adli izleri (öncelikle uyuşturucu maddeler ve patlayıcılar) tespit etmek için en yaygın kullanılan analitik cihazdır (65). IMS, uygulanan bir elektrik alanının etkisi altındaki iyonların hareketindeki farkın tespitine dayanmaktadır. Teknik,  $^{241}\text{Am}$  veya  $^{63}\text{Ni}$  gibi, radyoaktif izotoplar kullanılarak iyonlar yaratmakta ve sonuç olarak, ortam koşulları altında çalışabilmekte, kütle spektrometresi gibi diğer tekniklerde bulunan vakum ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır (65). Bununla birlikte düşük ayırt etme yetenekleri IMS kullanımını sınırlamaktadır.

Floresan tespiti ve minyatür kütle spektrometresi gibi başka teknikler de uygulanmıştır. Floresan tespiti, özel olarak tasarlanmış floresan polimerlerin, Timothy Swager tarafından savunulan bir teknik olan patlayıcı bileşiklerle birleştirildiğinde söndürüldüğü prensibine dayanmaktadır (66). Bu floresan detektörleri oldukça spesifik ve hassastır, ancak düşük görev döngülerine neden olan detektörün aşırı doyumluğundan muzdarip olup tespit edebildikleri dar bir bileşik listesine sahiptirler. Öte yandan, kütle spektrometresi, floresan tespitinden çok daha çeşitli bileşikler tespit edebilme özgüllüğü sağlamaktadır. Her ne kadar kütle spektrometresi vakum sağlamak için çok yönlü pompalama mekanizmaları gerektirse

de, teknoloji bu cihazların sahada taşınabilir olduğu ve pil gücüyle çalışabileceği noktaya ilerlemiştir (67). Bu cihazlar genellikle düşük saptama sınırlarına, minyatür kütle spektrometresi bazı patlayıcı maddeler için nano-gram ile pico-gram aralığına, IMS ve floresan detektörü orta ile düşük piko-gram aralığına sahiptir; bununla birlikte, bu cihazlar daha ucuz olan ve kokuyu tespit etme yanında koku kaynağını takip etme kabiliyetine sahip olan köpekler gibi biyolojik detektörlere kıyasla yetersiz kalmaktadır (1). Köpeklerin bu yeteneği, patlayıcılar gibi gizli tehditleri belirlemede, gizlenmiş olan narkotiklerin tespitinde ve insanları bulmada zaman kazandırmaktadır. Bir köpeğin ayırt edici gücünün, genellikle %90'dan daha büyük oranda doğru ve %10'un altında yanlış tespit oranları ile kimyasal açıdan zorlu ortamlarda bile avantaj sağlayabildiği bildirilmiştir. Ek olarak, köpeklerin, tipik olarak, hedef maddeye kendileri yanıt vermediği, bunun yerine madde ile bağlantılı koku veren maddelere uyarı verdiği gösterilmiştir. Bu bulgu, köpek tarafından uyarı verilen maddelerin araştırılmasının önemini vurgulamaktadır (68). Uygulamalı kimyanın çeşitli alanlarında (örn. Çevre, gıda, kişisel bakım ve adli tıp) uçucu organik bileşikler tanımlamak ve ölçmek için kullanılan en yaygın tekniklerden biri, katı faz mikroekstraksiyonu olup (SPME) kullanımının oldukça basit, portatif, hızlı ve ucuz olduğu belirtilmiştir (69,70). SPME genellikle yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ve sıvı kromatografi-kütle spektrometresi (LC-MS) gibi ayırma yöntemleriyle birlikte kullanılmaktadır.

## 7. Çeşitli adli örneklerden salınan uçucu organik bileşiklerin analizi

### a. Narkotikler

Farklı yasadışı materyallerden salınan uçucu organik bileşikler üzerine yapılan araştırmalar, serbest bırakılan bileşiklerin çoğunlukla hedef maddenin kendisinden farklı olduğunu ortaya koymuştur (68,71). Örneğin, kokain üzerinde yapılan çalışmalarda, kokainin bir yan ürünü olan metil benzoatın aktif koku verici madde (kokuya neden olan uçucu kimyasal bileşik) olduğu ve kokainin varlığı için güvenilir bir gösterge olarak kullanılabilceği gösterilmiştir. Çalışmalar ayrıca metil benzoat için mutlak eşik değerin ya da tayin limitinin, köpeğin yüksek hassasiyet seviyesini ortaya çıkararak milyarda 10 parça (ppb) olarak hesaplandığını göstermiştir (72,73).

Spesifik olarak, kokainin aktif kokusu olan metil benzoatın, aslan ağız çiçekleri tarafından üretilen ana uçucu organik birleşik olduğu rapor edilmiştir. Aslan ağız çiçeği de dahil olmak üzere çoğu çiçek, üreme başarısını yayılan çiçek kokularına borçludur, bu sayede belirli tozlayıcıları çekebilmektedirler (74,75). Çiçeğin kokusunu oluşturan

uçucu organik bileşiklerin sayısı, türü ve göreceli bolluğu bakımından türden türe değişiklik gösterirler. Çiçeklerin koku profilinin ve toplam koku üretiminin bileşimi, bitkilerin yaşam döngüsü boyunca değişir ve çiçek tozlaşmaya hazır olduğunda maksimum seviyelerini yayar. Tozlaşmadan sonra, bitki tarafından salınan koku miktarı azalır ve çiçeğin yaşam döngüsünün sonuna kadar azalmaya devam eder (76). Dudareva ve ark. ile Negre ve ark., özellikle aslanağız çiçeklerinden metil benzoat üretimini izleyen araştırmalar yapmıştır (74,75). Çalışmalar, Maryland True Pink çeşidinin en fazla benzoat saldıgını ve toplam uçucu maddelerin %60'ını oluşturduğunu göstermiştir. Açılmamış tomurcukların metil benzoat salmadığı, ancak açıldığında çok düşük seviyelerde yaymaya başladığı da tespit edilmiştir. Metil benzoat üretimi, çiçeğin açılmasından sonra zirveye ulaşmış ve daha sonra azalmıştır (74). Ek olarak, metil benzoat üretiminin saat 09.00 ve 16.00 saatleri arasında en yüksek olduğu bulunmuştur (77).

Metil benzoat içeren çiçeklere, narkotik köpeklerinden olumlu bir tepki ortaya çıkıp çıkmayacağını belirlemek için bir çalışma yapılmıştır. Dört tip aslan ağız çiçeği büyütülmüş ve SPME/GC-MS başlıkları kullanılarak test edilmiş ve koku profilleri, bitkinin yaşam döngüsünün çeşitli aşamalarında belirlenmiştir. Bir toprak numunesine kesilmiş aslanağız çiçekleri yerleştirilmiş, bir diğer toprak numunesine ise 15-20 g kokain (pozitif kontrol) gizlenmiştir. 20 köpek ile yapılan bu çalışmada hiç bir köpeğin aslanağız çiçeklerine tepki vermediği, ancak hepsinin pozitif kontrole tepki verdiği tespit edilmiştir (78). Bu sonuç aslanağız çiçeğinin koku profilinde metil benzoatın baskın olmamasıyla ve başka organik uçucu birleşikler de içermesiyle açıklanabilir (78).

Köpek eğitiminde kullanılacak maddelerin tedarikinde yasal kısıtlamalardan ve sorumluluklardan dolayı zorluklar yaşanmaktadır. Ayrıca maddeden salınan koku miktarı manipüle edilmemekte ve dolayısıyla eğitimlerde standardizasyon sağlanamamaktadır. Koku iletimi için optimize edilmiş bir yöntem belirlemek amacıyla kokuyu taklit eden kontrollü permeasyon sisteminin oluşturulması araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Bu cihazlar, hedef kokunun iletilmesi için bir polimer matrisi içerir. Polimer matrisi, kokunun güvenilir ve ölçülebilir bir şekilde iletilmesi ve sunulmasına izin verir. Kontrollü Koku Taklit Geçirgenlik Sistemleri (COMPS) olarak adlandırılan bu sistem, aktif kokunun kontrollü bir oranda nüfuz etmesine izin vermekte, tekrar tekrar kullanılabilen, köpek eğitimlerinin standardize edilmesine katkıda bulunmaktadır (1).

Macias ve ark. (79), köpek algısını ve MDMA'nın aktif koku maddesi olan piperonal eşliğini değerlendirirken COMPS kullanmışlardır. Bir köpeğin yasadışı maddeye

karşı uyarı verip vermeyeceğini belirlemek için, eğitim-siz köpekler piperonal koklatılmış ve sonra gerçek yasadışı malzeme (MDMA) kullanılarak değerlendirilmiştir. 5-15 gün boyunca günde iki kez gerçekleştirilen eğitim süresince, köpekler hiçbir şekilde MDMA numunelerine maruz kalmamış, sadece COMPS ile piperonal uygulanmıştır. Köpeklerin değerlendirilmesi (n = 24), 25 g boş numune, 50 g piperonal COMPS ve 25-35 g MDMA'dan (ekstazi tabletleri) oluşan çift kör bir protokol kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, köpeklerin %100'ü COMPS'e uyarı vermiş, %96'sı MDMA örneğine uyarı vermiştir, bir köpek olumlu bir uyarı vermemiş ancak ilgisini artırmıştır. Tespit köpeklerinin, ekstazi örneklerini yaklaşık 100ng /s eşik seviyesinde doğru şekilde tanımlayabildiği de gösterilmiştir. Ek olarak, araştırmacılar, farklı MDMA gruplarının, aktif içerik maddesinin konsantrasyonunu azaltabilen çeşitli içeriklerin olduğunu belirtmiştir. Bu, yasadışı maddelerden salınan uçucu organik birleşiklerin hakkındaki sürekli araştırmanın önemini vurgulamaktadır, çünkü bu maddelerin üreticileri belirli bir maddeyi sentezlemek için yeni yaklaşımlar kullanabilmekte ve böylece potansiyel olarak yeni koku veren maddelere yol açan yan ürünler üretilebilmektedir.

İzozafrol ve/veya MDP-2 POH'un MDMA için köpek eğitiminde potansiyel yardımcı olduğu gösterilmiştir (80). Asetik asitin eroin örneklerinin tespitinde rolü olduğu ve ticari olarak satılan sirkenin baskın kokusu olduğu doğrulanmıştır (81).

### b. Patlayıcılar

Çok yönlülükleri ve duyarlılıklarıyla patlayıcı tespit köpekleri sivil, emniyet teşkilatı ve askeri personel tarafından patlayıcıların varlığını tespit etmek ve uyarılmak için kullanılmaktadır. Ciddi yaralanma veya ölüm tehlikesi olmakla birlikte, patlayıcı tespit köpeklerinin gerek tahrip gücü düşük gerekse yüksek patlayıcıların tespitinde güvenilir bir şekilde eğitilmesi önemlidir (82).

Üst katman SPME, farklı tip patlayıcılarda farklı pozisyon yerleşimlerinde gerçekleştirilmiş, 2,4,6-trinitrotoluen (TNT; yüksek tesir güçlü patlayıcı) ve çift bazlı dumansız tozlarda (düşük tesir güçlü patlayıcı) koku veren maddenin, 2,4-dinitrotoluen (DNT) olduğu gösterilmiştir (83). Harper tarafından yapılan çalışmada değerlendirilen yirmi bir farklı patlayıcı madde için üç ortak koku oluşturucu çıkarılmıştır: DNT, trinitrogliserin (NG) ve 2-etil-1-heksanol (2E1H) (84). Çok çeşitli patlayıcı tiplerinin benzer bir analizi, 'plastikleştirilmiş, TNT bazlı, nitrogliserin bazlı ve etiketli patlayıcıların yanı sıra dumansız tozlar' için COMPS'den oluşan altı üyeli prototip bir eğitim yardım kiti geliştirilmesini sağlamıştır (85). Patlayıcı eğitim

kitlerinin geçerliliğini değerlendirmek için köpek tarla denemeleri yapılmış; köpeklerin %93,5'ten daha fazla bir kombine tespit oranı ürettiği bildirilmiştir (86).

### c. İnsan Kokusu

Adli bilimlerde, insan kokusu bireyleri ayırt etmek için kullanılabilir veya bir kişiyi belirli bir yer veya nesneyle ilişkilendirmek için kullanılabilir. Koku kanıtı, başka hiçbir fiziksel iz kanıtı olmadığı halde bile toplanabilmektedir. STU-100 veya İnsan Kokusu Toplama Sistemi (HSCS) gibi temassız bir cihaz kullanarak koku, mevcut olabilecek diğer olası delilleri bozmadan veya tahrip etmeden toplanabilir, bu da adli incelemelerde yararlı olabilir.

Son yıllarda, çeşitli araştırmalar insan kokusunu içeren uçucu organik birleşikleri araştırmış ve tespit edilen farklı bileşiklerin sayısının ve bolluğunun bir kişiyi diğerlerinden istatistiksel olarak ayırmak için yeterli olduğunu bulmuştur (87,88). Bu çalışmalar, köpekler tarafından bireylerin geride bıraktıkları kişisel koku izlerine dayanarak geçtikleri yolu takip etme becerisine sahip olduklarını desteklemektedir. Bu çalışmalar sırasında kriminal faaliyetlerde en sık kullanılan alan olması nedeni ile bireylerin avuç içlerine yerleştirilmiş emici malzemelere koku toplanmıştır. Ek olarak, diğer dış vücut bölgelerinden tırnak, saç, tükürük, nefes, kan ve idrar gibi çeşitli biyolojik örneklerden toplanan koku üzerinde de araştırmalar yapılmıştır. Sonuçlar, tek örnekli bir tip için, bireylerin %98.9'undan daha fazla ayırt edilebileceğini göstermiştir (89).

Köpeklerin tek yumurta ikizlerini ayırt edebilme kabiliyetleri, Harvey ve ark. tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmada köpeklerin çift yumurta ikizleri arasında ayırım yapabildikleri, ancak ortamları farklı olmadıkça tek yumurta ikizlerini ayırt etmekte zorluk yaşadıkları sonucuna varılmıştır (90).

İnsan kokusunun adli delil olarak önemi patlayıcılar gibi aşırı miktarda koku veren bir madde ile temas edilse dahi bu bireylerin kokusunun maskelenmemesi ve köpek tarafından tespit edilebilmesidir. Köpeklerin %73,5 oranında başarı ile bu tespiti yapabildikleri gösterilmiştir (97).

### d. Çürüme Kokusu

Soruşturma aşamasında kullanılacak bir başka koku kanıtı çürümüş insan kalıntılarında kaynaklanan kokunun köpekler tarafından tespit edilmesidir. Bu tespit en problemlili alan insan ile insan dışı biyolojik kalıntılar arasındaki benzerliktir.

İnsan kalıntı tespit köpekleri tek bir damla kandan tüm vücuda kadar her düzeyde bireysel kalıntıyı tespit etmek

için eğitilmektedirler. Şu anda bir köpeğin tespit edebileceği minimum insan çürüme ürününü tespit edebilen bir enstrüman yoktur (91), ancak Furton ve Myers (21) bir köpeğin kokulara karşı duyarlılığının en az 1 ppt kadar düşük olduğunu tahmin etmiştir. İnsan kalıntı köpeklerinin eğitimcilerinin çoğu, insanın çürüme kokusunu sağlayacak az miktarda eğitim materyali elde edebilir. Yaygın eğitim malzemeleri arasında dişler, kan, vücut sıvıları ve plasenta bulunmaktadır (91).

Ölüm sonrasında oluşan kokuları belirlemenin en önemli zorluklarından biri, çürümenin aşamalarıdır. Ölüm sonrasında erken dönem, aktif çürüme, ilerlemiş çürüme ve çevresel koşullara bağlı olarak mumyalaşma veya iskeletleşmeden oluşabilecek farklı aşamalar mümkündür (92). Bir adli kanıt biçimi olarak enstrümantal yöntemlerle analiz edilen insan çürüme kokusunun güvenilirliği hala bir sorun olmaya devam etmektedir. Dünyada birçok araştırma grubu, hem insan kalıntılarını hem de insan kadavrası analoglarını (örneğin, fare) kullanarak ayırma kalıntılarından salınan uçucu organik birleşikleri incelemeye devam etmektedir. Fare modelini kullanan bir çalışmada (93) kalıntıların aynı çevresel koşullara maruz kaldığından emin olmak için özel olarak tasarlanmış bir barınaktan oluşan örneklem odasına yeni öldürülmüş beş fare yerleştirilmiştir. Çeşitli kimyasal fonksiyonel gruplardan oluşan 18 uçucu organik kimyasal tanımlanmıştır. Her örneklem döneminde bütanoik asit, 3-metil bütanoik asit, pentanoik asit, heksanoik asit ve indol çalışılmıştır. İlginç bir şekilde, her bir fare, aynı diyetle beslenmelerine, aynı ortamda barındırılmalarına ve aynı zamanda ölmüş olmalarına rağmen, farklı çürümüştür (1).

Algılama ve keşif köpeklerinin sahada değerli olduğu kanıtlanmış olmakla birlikte, bir algılama köpeğinin çalışıp çalışmadığını ve her gün güvenilir bir standartta arama yapıp yapmadığını belirlemek için kullanılacak sınırlı uygulamalar vardır. Elektronik tabanlı analitik cihazlar için, tanılama, ayarlama ve kalibrasyonlar, analitik bir tekniğin uygun şekilde çalıştığını ve güvenilir sonuçlar üreteceğini garanti etmektedir. Bununla birlikte, köpek algılaması için, bu tür kalibrasyon uygulamaları genellikle mevcut değildir ve bu nedenle tespit edilme güvenilirliklerine mahkemede itiraz edilebilir. Bu sınırlama, evrensel bir detektör kalibratörü (UDC) geliştirilmesine yol açmıştır. UDC, koku alma yeteneklerini ölçmek için köpeklerle birlikte kullanılmak üzere geliştirilmiş bir eğitim cihazıdır. UDC, doğal ortamda bulunma olasılığı düşük bir koku içerir. Bu cihazı kullanarak köpek eğitici-si, belirli bir test veya saha uygulaması tamamlandığında, köpeğinin koku algısının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu belgeleyebilmektedir (1).

Birçok çalışma, köpeğin bireysel davranışına, arama amacına ve çevreye bağlı olarak köpek koku performansının yüksek değişkenliğe sahip olabileceğini göstermiştir. Bazı yazarlar, köpeklerin tespit edebileceği koku sayısında pratik bir sınırlama olmadığını öne sürmektedir. Bununla birlikte, bu iddia tartışmalı kalırken, diğerleri çok yüksek düzeyde koku ayırımında seçiciliğin azaldığını öne sürmektedir. Tespit köpekleri ile ilgili dezavantajlar arasında, eğitimcilerin etkisi ve fizyolojik tükenmeye ilişkin faktörler yer almaktadır (21).

## 8. Kokunun Yargı Uygulamalarında kullanımı

Alman hukukunda koku izi sürülmesi ve karşılaştırılması araştırmaları, Al. CMK prg. 81b uyarınca yapılmaktadır. Ancak çoğu vakada adli aramada yapıldığından asıl olarak hukuki temel Al. CMK prg. 102 vd'na dayanmaktadır. Alman ve Avusturya hukukunda bu konuda özel kanuni düzenleme bulunmamaktadır. Almanya da halen mülga NRW Polis Müdahalesi Yönetmeliğinde bu konuda birkaç hüküm yer almaktadır. CMK hükümleri uyarınca adli arama veya kolluğa ilişkin mevzuat uyarınca önleme aramasına (eşya, yer, araç ve hatta insan üzeri aramalarda olduğu üzere) ilişkin hükümler uygulanmaktadır. Diğer yandan, bu araç ve yöntemin yasak olduğuna ilişkin de karşılaştırmalı hukukta bir pozitif düzenleme veya bilinen yargı uygulaması örneği bulunmamaktadır (94).

Almanya'da birçok suçun yargılanmasında köpeklerin koku izi sürerek bulunduğu veriler delil olarak kullanılmış ve mahkemeler bunlara dayanarak hüküm kurmuşlardır. Örneğin Bamberg de köpeğin olay yerindeki izlerini sürdüğü bir kimse komşusunu yaşamsal tehlike doğuracak şekilde yaralamaktan mahkum edilmiştir. Alman Federal Yüksek Mahkemesi'nin önüne gelen eski tarihli ve uyuşturucu madde bulmak konusunda eğitilmiş bir arama köpeğinin uyuşturucu maddeyi bulunduğu bir vakada, mahkeme her olayda bu köpeklerin gizlenen uyuşturucu maddeyi kesin kez bulacağı söylenemeyecek olsa da, bu somut vakada arama köpeğinin yetenek ve davranışlarıyla uyuşturucu maddenin bulunmasındaki ispat gücü ve değerini tanımıştır (94).

Türk adli makamları da köpeklerin koku alma duyularına odaklı olarak verdikleri tepki üzerine soruşturma başlatılmasını, şüphelilerin izlenmesini, şüphelilerin üst veya eşyasının köpeğe koklatılmasını, adli aramada araç olarak kullanılmalarını, yapılmasına başlanılan bir aramanın köpeklerin tepkisel davranışları nedeniyle kapsamının genişletilmesini, yani aramanın daha detaylandırılması hukuka uygun bulunmaktadır.



## 9. Sonuç

Analitik alandaki gelişmeler daha düşük tespit limitleri, daha hızlı analiz ve cihazlarının taşınabilir boyutlara indirilmesi ile sonuçlanmıştır. Artan bu kabiliyet söz konusu cihazların adli koku analizinde kullanımını artırmıştır.

Kullanılan cihazlar yıllar içerisinde önemli ölçüde iyileşmiş olsa da, çoğu durumda köpeklerin tespit etme yeteneklerinin hala adli kokuları tespit etmek için elektronik sensörlerden daha üstün olduğu kabul edilmektedir. Bununla birlikte, geçici koku bileşiklerinin güvenilir bir şekilde tespit edilmesinde ve bu bilgilerin hukuk mahkemelerinde kabulünde hala aşılması gereken problemler bulunmaktadır. Bu problemlerin başında standardizasyon gelmektedir.

Halen ve öngörülebilir gelecek için, biyolojik detektörlerin, koku algılamasında elektronik sensörlerle birlikte kullanımlarının devam etmeleri beklenmelidir, ancak genel güvenilirliklerinin ve ispatlayıcı değerlerinin, mahkemelerde adli delil olarak kabul edilmek üzere eleştirel olarak değerlendirilmeye devam edilmesi gerekmektedir. Köpekler ve sensörler için kalibrasyon yardımcılarının geliştirilmesi, bu tür adli kanıtların önemini daha iyi anlaşılmasını sağlayacak şekilde kokuların kanıt olarak belirlenmesine olanak sağlayacaktır.

Köpeklerin güvenilirliğinin arttırılmaya devam etmesi, temassız örnekleme cihazları gibi gelişmiş örnekleme yöntemleriyle birleştirilmesi, kalibrasyon yardımcılarının geliştirilmesi ve standardize edilmiş uygulamaların daha yaygın olarak kullanılması, önümüzdeki yıllarda kokunun adli bilimlerde kanıt olarak kullanılma potansiyelini artıracaktır.

## Kaynaklar

1. K.G. Furton, N.I. Caraballo, M.M. Cerreta, H.K. Holness, Advances in the use of odour as forensic evidence through optimizing and standardizing instruments and canines, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 370 (2015). doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0262>.
2. J.E. Hayes, P.D. McGreevy, S.L. Forbes, G. Laing, R.M. Stuetz, Critical review of dog detection and the influences of physiology, training, and analytical methodologies, *Talanta*. 185 (2018) 499–512. doi: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.04.010>.
3. T. Jezierski, E. Adamkiewicz, M. Walczak, M. Sobczyńska, A. Górecka-Bruzda, J. Ensminger, E. Papet, Efficacy of drug detection by fully-trained police dogs varies by breed, training level, type of drug and search environment, *Forensic Science International*. 237 (2014) 112–118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.01.013>.
4. L.E. Degreeff, K.G. Furton, Collection and identification of human remains volatiles by non-contact, dynamic airflow sampling and SPME-GC/MS using various sorbent materials, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 401 (2011) 1295–1307. doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-011-5167-0>.
5. R.J. Schwab, J.E. Remmers, S.T. Kuna, Anatomy and Physiology of Upper Airway Obstruction, in: *Principles and Practice of Sleep Medicine: Fifth Edition*, 2010: pp. 1153–1171. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-6645-3.00101-8>.
6. P. Van Cauwenberge, L. Sys, T. De Belder, J.B. Watelet, Anatomy and physiology of the nose and the paranasal sinuses, *Immunology and Allergy Clinics of North America*. 24 (2004) 1–17. doi: [https://doi.org/10.1016/S0889-8561\(03\)00107-3](https://doi.org/10.1016/S0889-8561(03)00107-3).
7. R.M. Patel, J.M. Pinto, Olfaction: Anatomy, physiology, and disease, *Clinical Anatomy*. 27 (2014) 54–60. doi: <https://doi.org/10.1002/ca.22338>.
8. A.G. Beule, Physiology and pathophysiology of respiratory mucosa of the nose and the paranasal sinuses, *Head and Neck Surgery*. 9 (2010) 1–24. doi: <https://doi.org/10.3205/cto000071>.
9. R.G. Harvey, G. Haar, Nose Anatomy and Physiology, in: *Ear, Nose and Throat Diseases of the Dog and Cat*, 2016: pp. 225–238. doi: <https://doi.org/10.1201/9781315373065-9>.
10. D.W. Warren, J.C. Walker, A.F. Drake, R.W. Lutz, Effects of odorants and irritants on respiratory behavior, *Laryngoscope*. 104 (1994) 623–626. doi: <https://doi.org/10.1002/lary.5541040517>.
11. E.A. Mair, W.E. Bolger, E.A. Breisch, Sinus and Facial Growth After Pediatric Endoscopic Sinus Surgery, *Archives of Otolaryngology--Head and Neck Surgery*. 121 (1995) 547–552. doi: <https://doi.org/10.1001/archoto.1995.01890050041008>.
12. J. Albrecht, M. Wiesmann, The human olfactory system. *Anatomy and physiology, Nervenarzt*. 77 (2006) 931.
13. P.G. Nagappan, S. Subramaniam, D.Y. Wang, Olfaction as a soldier-- a review of the physiology and its present and future use in the military, *Military Medical Research*. 4 (2017). doi: <https://doi.org/10.1186/s40779-017-0119-4>.
14. J.P. Royet, J. Plailly, Lateralization of olfactory processes, *Chemical Senses*. 29 (2004) 731–745. doi: <https://doi.org/10.1093/chemse/bjh067>.
15. K. Furton, J. Greb, H. Holness, The Scientific Working Group on Dog and Orthogonal Detector Guidelines (SWGDOG), U.S. Department of Justice. (2010). <http://www.ncjrs.gov/app/publications/abstract.aspx?ID=254031>.
16. N. Lorenzo, T. Wan, R.J. Harper, Y.L. Hsu, M. Chow, S. Rose, K.G. Furton, Laboratory and field experiments used to identify *Canis lupus var. familiaris* active odor signature chemicals from drugs, explosives, and humans, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 376 (2003) 1212–1224. doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-003-2018-7>.
17. O. Leitch, A. Anderson, K. Paul Kirkbride, C. Lennard, Biological organisms as volatile compound detectors: A review, *Forensic Science International*. 232 (2013) 92–103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.07.004>.

18. R.M. Llera, P.A. Volmer, Toxicologic hazards for police dogs involved in drug detection, *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 228 (2006) 1028–1032. doi: <https://doi.org/10.2460/javma.228.7.1028>.
19. K.U. Goss, The physical chemistry of odors — Consequences for the work with detection dogs, *Forensic Science International*. 296 (2019) 110–114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.01.023>.
20. C. McKeown, Canine ergonomics: the science of working dogs, *Ergonomics*. 55 (2012) 371–372. doi: <https://doi.org/10.1080/00140139.2011.647544>.
21. K.G. Furton, L.J. Myers, The scientific foundation and efficacy of the use of canines as chemical detectors for explosives, *Talanta*. 54 (2001) 487–500. doi: [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(00\)00546-4](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(00)00546-4).
22. K. Wewetzer, M. Omar, P. Kammeyer, G. Brandes, Wiring of the Olfactory System and the Functional Role of Neurons and Glia during Lifelong Turnover, in: *Canine Olfaction Science and Law*, 2016: pp. 17–29. doi: <https://doi.org/10.1201/b20027-4>.
23. T. Kato, Measurement of olfactory function, *Otolaryngology - Head and Neck Surgery (Tokyo)*. 69 (1997) 511–523.
24. B. Atanasova, J. Graux, W. El Hage, C. Hommet, V. Camus, C. Belzung, Olfaction: A potential cognitive marker of psychiatric disorders, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 32 (2008) 1315–1325. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.05.003>.
25. D. Bainbridge, The Anatomy of the Canine Nose, in: *Canine Olfaction Science and Law*, 2016: pp. 5–16. doi: <https://doi.org/10.1201/b20027-3>.
26. S. Sankaran, L.R. Khot, S. Panigrahi, Biology and applications of olfactory sensing system: A review, *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 171–172 (2012) 1–17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2012.03.029>.
27. J.A. Strydom, Scent and the scenting ability of the tracker dog, *Journal of Veterinary Behavior*. 4 (2009) 255–256. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2009.06.014>.
28. M.J. Lawson, B.A. Craven, E.G. Paterson, G.S. Settles, A computational study of odorant transport and deposition in the canine nasal cavity: Implications for olfaction, *Chemical Senses*. 37 (2012) 553–566. doi: <https://doi.org/10.1093/chemse/bjs039>.
29. B.A. Craven, T. Neuberger, E.G. Paterson, A.G. Webb, E.M. Josephson, E.E. Morrison, G.S. Settles, Reconstruction and morphometric analysis of the nasal airway of the dog (*Canis familiaris*) and implications regarding olfactory airflow, *Anatomical Record*. 290 (2007) 1325–1340. doi: <https://doi.org/10.1002/ar.20592>.
30. B. Kavoi, A. Makanya, J. Hassanali, H.E. Carlsson, S. Kiama, Comparative functional structure of the olfactory mucosa in the domestic dog and sheep, *Annals of Anatomy*. 192 (2010) 329–337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2010.07.004>.
31. P. Quignon, E. Kirkness, E. Cadieu, N. Touleimat, R. Guyon, C. Renier, C. Hitte, C. André, C. Fraser, F. Galibert, Comparison of the canine and human olfactory receptor gene repertoires., *Genome Biology*. 4 (2003) R80. doi: <https://doi.org/10.1186/gb-2003-4-12-r80>.
32. L.R. Mehrkam, C.D.L. Wynne, Behavioral differences among breeds of domestic dogs (*Canis lupus familiaris*): Current status of the science, *Applied Animal Behaviour Science*. 155 (2014) 12–27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.03.005>.
33. P.D. McGreevy, D. Georgevsky, J. Carrasco, M. Valenzuela, D.L. Duffy, J.A. Serpell, Dog behavior co-varies with height, bodyweight and skull shape, *PLoS ONE*. 8 (2013). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080529>.
34. *Canine Olfaction Science and Law*, 2016. doi: <https://doi.org/10.1201/b20027>.
35. T. Roberts, P. McGreevy, M. Valenzuela, Human induced rotation and reorganization of the brain of domestic dogs, *PLoS ONE*. 5 (2010). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011946>.
36. S. Robin, S. Tacher, M. Rimbault, A. Vaysse, S. Dréano, C. André, C. Hitte, F. Galibert, Genetic diversity of canine olfactory receptors., *BMC Genomics*. 10 (2009) 21. doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2164-10-21>.
37. A. Keller, L.B. Vosshall, Better smelling through genetics: mammalian odor perception, *Current Opinion in Neurobiology*. 18 (2008) 364–369. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.09.020>.
38. T. Olender, T. Fuchs, C. Linhart, R. Shamir, M. Adams, F. Kalush, M. Khen, D. Lancet, The canine olfactory sub-genome, *Genomics*. 83 (2004) 361–372. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2003.08.009>.
39. I. Gazit, J. Terkel, Domination of olfaction over vision in explosives detection by dogs, *Applied Animal Behaviour Science*. 82 (2003) 65–73. doi: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(03\)00051-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(03)00051-0).
40. L. Issel-Tarver, J. Rine, The evolution of mammalian olfactory receptor genes, *Genetics*. 145 (1997) 185–195.
41. G.S. Settles, Sniffers: fluid-dynamic sampling for olfactory trace detection in nature and homeland security---the 2004 freeman scholar lecture, *J. Fluids Eng*. 127 (2005) 189–218.
42. G.S. Settles, D.A. Kester, Aerodynamic sampling for landmine trace detection, in: *Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets VI*, 2003: p. 890. doi: <https://doi.org/10.1117/12.445417>.
43. C. Otto, Effects of Disease on Canine Olfaction, in: *Canine Olfaction Science and Law*, 2016: pp. 49–56. doi: <https://doi.org/10.1201/b20027-7>.
44. L.J. Myers, K.E. Nusbaum, L.J. Swango, L.N. Hanrahan, E. Sartin, Dysfunction of sense of smell caused by canine parainfluenza virus infection in dogs., *American Journal of Veterinary Research*. 49 (1988) 188–190.
45. P.I. Ezeh, L.J. Myers, L.A. Hanrahan, R.J. Kempainen, K.A. Cummins, Effects of steroids on the olfactory function of the dog, *Physiology and Behavior*. 51 (1992) 1183–1187. doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(92\)90306-M](https://doi.org/10.1016/0031-9384(92)90306-M).
46. E.K. Jenkins, T.M. Lee-Fowler, T. Craigangle, E.N. Behrend, G.E. Moore, Effects of oral administration of metronidazole and doxycycline on olfactory capabilities of

- explosives detection dogs, *American Journal of Veterinary Research*. 77 (2016) 906–912. doi: <https://doi.org/10.2460/ajvr.77.8.906>.
47. T. Hirai, S. Kojima, A. Shimada, T. Umemura, M. Sakai, C. Itakura, Age-related changes in the olfactory system of dogs, *Neuropathology and Applied Neurobiology*. 22 (1996) 531–539. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2990.1996.tb01132.x>.
  48. I. Gazit, J. Terkel, Explosives detection by sniffer dogs following strenuous physical activity, *Applied Animal Behaviour Science*. 81 (2003) 149–161. doi: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00274-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00274-5).
  49. M.K. Bensky, S.D. Gosling, D.L. Sinn, The world from a dog's point of view: A review and synthesis of dog cognition research, in: *Advances in the Study of Behavior*, 2013: pp. 209–406. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407186-5.00005-7>.
  50. A. Horowitz, J. Hecht, A. Dedrick, Smelling more or less: Investigating the olfactory experience of the domestic dog, *Learning and Motivation*. 44 (2013) 207–217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2013.02.002>.
  51. J. Topál, G. Gergely, Á. Erdőhegyi, G. Csibra, Á. Miklósi, Differential sensitivity to human communication in dogs, wolves, and human infants, *Science*. 325 (2009) 1269–1272. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1176960>.
  52. J. Bräuer, K. Schönefeld, J. Call, When do dogs help humans?, *Applied Animal Behaviour Science*. 148 (2013) 138–149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.07.009>.
  53. B. Hare, M. Tomasello, Human-like social skills in dogs?, *Trends in Cognitive Sciences*. 9 (2005) 439–444. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.07.003>.
  54. P.J. Reid, Adapting to the human world: Dogs' responsiveness to our social cues, *Behavioural Processes*. 80 (2009) 325–333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2008.11.002>.
  55. N.J. Rooney, J.W.S. Bradshaw, Social cognition in the domestic dog: behaviour of spectators towards participants in interspecific games, *Animal Behaviour*. 72 (2006) 343–352. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.10.014>.
  56. I. Gazit, A. Goldblatt, J. Terkel, The role of context specificity in learning: The effects of training context on explosives detection in dogs, *Animal Cognition*. 8 (2005) 143–150. doi: <https://doi.org/10.1007/s10071-004-0236-9>.
  57. G. Lupfer-Johnson, J. Ross, Dogs acquire food preferences from interacting with recently fed conspecifics, *Behavioural Processes*. 74 (2007) 104–106. doi: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2006.09.006>.
  58. N.J. Rooney, J.W.S. Bradshaw, H. Almey, Attributes of Specialist Search Dogs □ A Questionnaire Survey of UK Dog Handlers and Trainers, *Journal of Forensic Sciences*. 49 (2004) 1–7. doi: <https://doi.org/10.1520/jfs2003048>.
  59. A. Haverbeke, B. Laporte, E. Depiereux, J.M. Giffroy, C. Diederich, Training methods of military dog handlers and their effects on the team's performances, *Applied Animal Behaviour Science*. 113 (2008) 110–122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.11.010>.
  60. D. Lefebvre, C. Diederich, M. Delcourt, J.M. Giffroy, The quality of the relation between handler and military dogs influences efficiency and welfare of dogs, *Applied Animal Behaviour Science*. 104 (2007) 49–60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.004>.
  61. C. Mariti, B. Carlone, E. Ricci, C. Sighieri, A. Gazzano, Intraspecific attachment in adult domestic dogs (*Canis familiaris*): Preliminary results, *Applied Animal Behaviour Science*. 152 (2014) 64–72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.12.002>.
  62. A. Kerepesi, G.K. Jonsson, Á. Miklósi, J. Topál, V. Csányi, M.S. Magnusson, Detection of temporal patterns in dog-human interaction, *Behavioural Processes*. 70 (2005) 69–79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2005.04.006>.
  63. C. Mariti, E. Ricci, B. Carlone, J.L. Moore, C. Sighieri, A. Gazzano, Dog attachment to man: A comparison between pet and working dogs, *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. 8 (2013) 135–145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2012.05.006>.
  64. S.A. Trauger, E.P. Go, Z. Shen, J. V. Apon, B.J. Compton, E.S.P. Bouvier, M.G. Finn, G. Siuzdak, High sensitivity and analyte capture with desorption/ionization mass spectrometry on silylated porous silicon, *Analytical Chemistry*. 76 (2004) 4484–4489. doi: <https://doi.org/10.1021/ac049657j>.
  65. A.B. Kanu, P. Dwivedi, M. Tam, L. Matz, H.H. Hill, Ion mobility-mass spectrometry, *Journal of Mass Spectrometry*. 43 (2008) 1–22. doi: <https://doi.org/10.1002/jms.1383>.
  66. J.S. Yang, T.M. Swager, Fluorescent porous polymer films as TNT chemosensors: Electronic and structural effects, *Journal of the American Chemical Society*. 120 (1998) 11864–11873. doi: <https://doi.org/10.1021/ja982293q>.
  67. C.R. Ferreira, K.E. Yannell, A.K. Jarmusch, V. Pirro, Z. Ouyang, R. Graham Cooks, Ambient ionization mass spectrometry for point-of-care diagnostics and other clinical measurements, *Clinical Chemistry*. 62 (2016) 99–110. doi: <https://doi.org/10.1373/clinchem.2014.237164>.
  68. R.J. Harper, J.R. Almirall, K.G. Furton, Identification of dominant odor chemicals emanating from explosives for use in developing optimal training aid combinations and mimics for canine detection, *Talanta*. 67 (2005) 313–327. doi: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2005.05.019>.
  69. D.C. Sherrington, Solid Phase Peptide Synthesis — A Practical Approach, *Reactive Polymers*. 12 (2003) 310. doi: [https://doi.org/10.1016/0923-1137\(90\)90086-j](https://doi.org/10.1016/0923-1137(90)90086-j).
  70. B. Bojko, E. Cudjoe, J. Pawliszyn, M. Wasowicz, Solid-phase microextraction. How far are we from clinical practice?, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*. 30 (2011) 1505–1512. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.07.008>.
  71. K.G. Furton, Y. Cheng Hong, Y.L. Hsu, T. Luo, S. Rose, J. Walton, Identification of odor signature chemicals in cocaine using solid-phase microextraction-gas chromatography and detector-dog response to isolated compounds spiked on U.S. paper currency, *Journal of Chromatographic Science*. 40 (2002) 147–155. doi: <https://doi.org/10.1093/chromsci/40.3.147>.

72. M. Marshall, J.C. Oxley, Aspects of Explosives Detection, 2009. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374533-0.X0001-3>.
73. J.X.J. Zhang, K. Hoshino, Molecular Sensors and Nanodevices: Principles, Designs and Applications in Biomedical Engineering, 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/C2012-0-07668-5>.
74. F. Negre, Regulation of Methylbenzoate Emission after Pollination in Snapdragon and Petunia Flowers, THE PLANT CELL ONLINE. 15 (2003) 2992–3006. doi: <https://doi.org/10.1105/tpc.016766>.
75. N. Dudareva, L.M. Murfitt, C.J. Mann, N. Gorenstein, N. Kolosova, C.M. Kish, C. Bonham, K. Wood, Developmental regulation of methyl benzoate biosynthesis and emission in snapdragon flowers., The Plant Cell. 12 (2000) 949–61. doi:<http://dx.doi.org/10.1105/tpc.12.6.949>.
76. K.N. Jones, J.S. Reithel, R.E. Irwin, A trade-off between the frequency and duration of bumblebee visits to flowers, Oecologia. 117 (1998) 161–168. doi: <https://doi.org/10.1007/s004420050644>.
77. L. van der Pijl, Ecological Aspects of Flower Evolution. I. Phyletic Evolution, Evolution. 14 (2006) 403. doi: <https://doi.org/10.2307/2405990>.
78. M.M. Cerreta, K.G. Furton, An assessment of detection canine alerts using flowers that release methyl benzoate, the cocaine odorant, and an evaluation of their behavior in terms of the VOCs produced, Forensic Science International. 251 (2015) 107–114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.03.021>.
79. M.S. Macias, P. Guerra-Diaz, J.R. Almirall, K.G. Furton, Detection of piperonal emitted from polymer controlled odor mimic permeation systems utilizing Canis familiaris and solid phase microextraction-ion mobility spectrometry, Forensic Science International. 195 (2010) 132–138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.12.006>.
80. F. Palhol, S. Boyer, N. Nault, M. Chabrilat, Impurity profiling of seized MDMA tablets by capillary gas chromatography, Analytical and Bioanalytical Chemistry. 374 (2002) 274–281. doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-002-1477-6>.
81. M. Collins, E. Casale, D.B. Hibbert, S. Panicker, J. Robertson, S. Vujic, Chemical profiling of heroin recovered from the North Korean merchant vessel Pong Su, Journal of Forensic Sciences. 51 (2006) 597–602. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00122.x>.
82. R.J. Harper, K.G. Furton, Biological detection of explosives, in: Counterterrorist Detection Techniques of Explosives, 2007: pp. 395–431. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-044452204-7/50032-8>.
83. D. MacDonald, J. Isenman, J. Roman, Radar detection of hidden targets, in: 2002: pp. 846–855. doi: <https://doi.org/10.1109/naecon.1997.622739>.
84. J. Yinon, Field detection and monitoring of explosives, TrAC - Trends in Analytical Chemistry. 21 (2002) 292–301. doi: [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)00408-9](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)00408-9).
85. M. Krausa, Vapor Detection of Explosives for Counter-Terrorism, in: Vapour and Trace Detection of Explosives for Anti-Terrorism Purposes, 2012: pp. 1–9. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2716-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2716-1_1).
86. K. Beltz, The development of calibrants through characterization of volatile organic compounds from peroxide based explosives and a non-target chemical calibration compound, ProQuest ETD Collection for FIU. (2013) 1–242. doi: <https://doi.org/10.25148/etd.FI13040501>.
87. A.M. Curran, S.I. Rabin, P.A. Prada, K.G. Furton, Comparison of the volatile organic compounds present in human odor using SPME-GC/MS, Journal of Chemical Ecology. 31 (2005) 1607–1619. doi: <https://doi.org/10.1007/s10886-005-5801-4>.
88. A.M. Curran, P.A. Prada, K.G. Furton, The differentiation of the volatile organic signatures of individuals through SPME-GC/ms of characteristic human scent compounds, Journal of Forensic Sciences. 55 (2010) 50–57. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2009.01236.x>.
89. J.S. Brown, P.A. Prada, A.M. Curran, K.G. Furton, Applicability of emanating volatile organic compounds from various forensic specimens for individual differentiation, Forensic Science International. 226 (2013) 173–182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.01.008>.
90. P.G. Hepper, D.L. Wells, How many footsteps do dogs need to determine the direction of an odour trail?, Chemical Senses. 30 (2005) 291–298. doi: <https://doi.org/10.1093/chemse/bji023>.
91. M.B. Alexander, T.K. Hodges, J. Bytheway, J.A. Aitkenhead-Peterson, Application of soil in Forensic Science: Residual odor and HRD dogs, Forensic Science International. 249 (2015) 304–313. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.01.025>.
92. A. Vass, W. Bass, J. Wolt, J. Foss, J. Ammons, Time since death determinations of human cadavers using soil solution, Journal of Forensic Sciences. 37 (1992) 1236–1253. doi: <https://doi.org/10.1520/JFS13311J>.
93. N.I. Caraballo, Identification of characteristic volatile organic compounds released during the decomposition process of human remains and analogues, 2014.
94. Adli Koku Ünver Y, Hancı H. 2017