

Adli Kimya

2000'li yıllarda ilk adli tıp dizileri ekranlarda görülmeye başlandıktan sonra benzer içerikli sayısız televizyon yapımı ortaya çıktı. Bu türdeki yayınlar her zaman izlenirlikte ön sıralarda yer almayı başardılar. Küçük bir delilden yola çıkarak büyük suçların faillerinin ortaya çıkartılması doğal olarak ilgi çeken bir konu. Bu yayınlardan da aşına olduğu üzere adli kimya delille ilgili bilimsel verileri ortaya çıkarma konusunda eşsiz bir konumda. Ancak, bazen de dizilerde kullanılan abartı, toplumun adli bilimden beklentilerini mantık dışı boyutlara çıkarabiliyor.

Adli kimya için pek çok tanımlama yapılabilir. Adli kimya, bilim ile hukukun kesiştiği yerdir. Adli kimya aynı zamanda uygulamalı analitik kimyadır ve onu önemli yapan aslında adli bilimleri ayrı bir disiplin olarak tanımlayan unsur aynıdır. Bu unsur karşılaştırma yeteneği, sanatı ve bilimdir. Adli kimya, kimya biliminde araştırma, uygulama ve sunum bakımından hem bilimsel hem de yasal konuları bir arada içermesi nedeniyle farklı bir yere sahiptir.

Adli kimyayı açıklamanın bir yolu da uğraştığı kanıtların türlerine bakmaktır. Adli kimyacılar analitik kimyanın yanı sıra kimyanın diğer disiplinlerini, örneğin organik kimya ve biyokimyayı da kullanırlar.



Adli kimyanın çerçevesi

| Kategori | Alt kategori | Kanıt türü |
|-------------------------------|-----------------------------|---|
| Kimyasal madde (ilaç) analizi | Doz ve alınan madde analizi | Fiziksel kanıtlar, örneğin kimyasal maddeler, tozlar ve bitkisel malzemeler |
| | Toksikoloji | Kan, idrar, doku, saç vb. |
| Yanma temelli maddeler | Kundaklama | Yangın kalıntısı ve hızlandırıcılar |
| | Ateşli silahlar ve iticiler | Atış artığı, mermi kurşunu |
| | Patlayıcılar | İtici ve patlayıcı bileşimler, patlama öncesi ve sonrası örnekler ve artıklar |
| Malzeme analizi | Doğal | Toprak |
| | Üretilmiş | Cam |
| | | Boya ve mürekkep |
| | | Lifler |
| | | Plastikler |
| | | Kâğıt |
| Mermi | | |

Analitik kimya ile miktar ve yapı analizi yapılırken adli kimya bu işlere karşılaştırmalı analizi ilave eder. Örneğin spektroskopik analiz (elektromanyetik enerji-madde etkileşiminin kimyasal yapının belirlenmesi için kullanılması) bir lifin naylon veya bir plastik parçasının polietilen olduğunu hızlı bir şekilde belirleyebilir. Analitik kimya “Bu nedir?” ve “Bundan ne kadar var?” sorularına yanıtlar verir. Bu sorular, aşağıdaki benzer sorulara cevap verebilmek için gereklidir: “Bu lif nereden gelmiş olabilir?”, “Bu plastik parçası bir plastik çöp torbasından mı gelmiştir?”, “Yangın benzinle mi başlatılmıştır?”, “Boya parçası bu arabadan mı geliyor?”

Adli bilimcinin bir kanıtla uğraşırken yapacağı üç görev vardır:

Tanımlama, sınıflandırma ve özelleştirme. Bazı durumlarda, örneğin lif analizinde, tanımlama en kolay kısımdır. Sonraki görev kanıtın sınıflandırılmasıdır. Lif hangi tür naylon? Rengi ne? Yeni mi, eski mi? Çapraz kesiti nasıl? Bu soruların yanıtları lifin ait olabileceği sınıfın daraltılmasını sağlar. Sınıf daraltıldıkça kanıt daha fazla anlam kazanır. Mantıklı bir yorumlamayla sınıflandırma, lifin sadece tek üyeli bir sınıfa sokulmasıyla, yani özelleştirmeyle sonuçlanır. Ancak adli kimyada bu ideal duruma ulaşmak nadiren mümkün olur.

Vücut sıvılarıyla çalışanlar kırmızı bir malzemeyi ilk önce biyolojik sıvı, sonra kan, sonra insan kanı, sonra da DNA tipi ile sınıflandırır. Parmak izi analizciler parmak izini halkalı, kavisli veya sarmal olarak sınıflandırarak işe başlar. Buradan hareketle daha ince çizgilerle parmak izi daha küçük bir gruba sokulur. Dolayısıyla sınıflandırma mevcut kanıtın dar bir aralığa, ideal olarak tek üyeli bir gruba sokulması işlemidir. Bu gerçekleştiğinde kanıt kabul edilebilir derecede bilimsel kesinliğe kavuşmuş olur. Örneğin parmak izlerinde halka ve sarmal desenler olan milyonlarca insan vardır, ancak on parmaktaki özelliklerin toplamı sadece kişiye özeldir.

Adli kimyacılar da sınıflandırma yapar. Kanıt fiziksel mi yoksa biyolojik mi? Bu sorunun yanıtı analizciye kanıtı daha küçük bir gruba sokma olanağı sağlar. Örneğin ilaçlar asidik, bazik veya nötral olarak sınıflandırılabilir, ancak bu, ilaçları sınıflandırma yollarından sadece bir tanesidir. İlacın sınıflandırılması, sonraki analiz ve araştırmanın seyrini de belirler. Adli kimyacının en değerli araştırma araçlarından biri ilaç kanıtın ayrıntılı profilidir. Profilleme sınıflandırmanın bir uzantısıdır ve "kimyasal parmak izi" olarak tanımlanır. Gerçek parmak izinde olduğu gibi daha ayrıntılı bir tanımlama ile bu iz de daha anlamlı hale gelir.

İlaçların veya zehirin kişinin dolaşım sistemine nasıl karıştığı da önemlidir. Sindirildiğinde ilaca ne olur? İnsan vücudunda ne kadar kalır? Kişinin metabolizması ilacı veya zehiri ne şekilde değiştirir? Toksikolog maddenin vücuda alımı işlemini yeniden canlandırmak için bu bilgileri nasıl kullanır? Altta yatan işlemler ve prensipler suç mahallini canlandırmada yapılanların aynıdır:

Mevcut ulaşılabilir kanıtları inceleyerek geçmiş canlandırma. Her adli kimyacı toksikolog olmayabilir, ama toksikolojinin temellerine aşina olmalıdır.

İlaç Nedir

İlaç, alındığında fizyolojik değişikliğe neden olabilen maddedir. İlacı almanın çeşitli şekilleri vardır: Yutma, enjeksiyon, soluma ve deriden emilim. Tüm ilaçlar toksiktir; tedavi edici ilacı bir zehirden ayıran dozudur. Hastalıkların tedavisi için, ağrıyı dindirmek için, uyku sağlamak için veya diğer fizyolojik tepkiler için ilaç alınır.

İlaçlar kötüye de kullanılabilir, fakat ilacın kötüye kullanım tanımı zamanla ve toplumlara göre değişkenlik gösterebilir. Kokain önceleri ko-

lanın bileşenydi, LSD ve metamfetamin psikoterapide kullanılıyordu. Metamfetamin II. Dünya Savaşı'ndan 1991'deki I. Körfez Savaşı'na kadar Amerikan askerlerince kullanılmıştı.

Marihuana ve benzer karışımlar eski zamanlarda tıbbi amaçlarla kullanılıyordu ve ilacın aktif bileşeninin glokom, anoreksi ve kemoterapiye bağlı bulantıya iyi geldiği biliniyordu. Bu sosyal ve tarihsel durum adli kimyacının analiz yöntemini etkilemeye de hedef analitlerin değişkenliğini gösterebilir.

İlaçların Sınıflandırılması

Kaynağına ve fonksiyonuna göre: İlaçlar asit-baz özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Bu yaklaşım kimyacılar için kullanışlı ve anlamlı olmakla birlikte yasal anlamda önemli olabilecek birçok veriyi içermez. İlaç, kaynağına yani nasıl elde edildiğine göre de sınıflandırılabilir. Bu sisteme göre ilaçlar doğal ürün, yarı yapay ve yapay olarak sınıflandırılır. Örneğin alkaloidler, tohumlu bitkilerden elde edilir ve doğal üründür. Bu bileşikler bazik karakterde oldukları için alkali özellikleri gösterir ve bu nedenle alkaloid ismini alırlar. Haşhaştan elde edilen opiat alkaloidleri ve kafein de dahil, çok sayıda ilaç alkaloiddir. Diğer bitki türevli ilaçlar arasında kokain, asetil salisilik asit, opiatlar ve tetrahidrokannabinoller (marihuana'nın aktif bileşenleri) sayılabilir. Eroin, morfinin asetillenmesiyle elde edilen yarı yapay bir bileşiktir. Hormonlar ve steroidler hayvanlardan, insanlardan veya genetik mühendisliğiyle bakterilerden elde edilebileceği gibi yarı yapay olarak da elde edilebilir. Diazepam gibi bileşikler yapaydır. Önceleri bitkisel kaynaklardan elde edilen bazı bileşikler artık sentezlenebildiğinden ilaçların kaynağına göre sınıflandırılmasında sıkıntılar ortaya çıkıyor.

Genel etkisine göre: Asit-baz özelliklerine göre sınıflandırmanın yanı sıra adli kimyacılar sıklıkla ilaçları alındıklarında yarattıkları fizyolojik etkilerine göre sınıflandırır. Bu yöntemle göre beş grup ortaya çıkar: Analjezikler, depresanlar, halüsinojenler, narkotikler ve uyarıcılar. Bazı ilaçlar birden fazla gruba girebilir, örneğin narkotik ilaçlar aynı zamanda merkezi sinir sistemi uyarıcılarıdır.

Analjezikler: Ağrıyı keserler. Genel analjezikler arasında asetil salisilik asit, ibuprofen, naproksen sodyum ve morfin sayılabilir. Asetil salisilik asit etkisini hücre zarlarında bulunan yağ asidi türevleri prostaglandinlerin fonksiyonunu engelleyerek gösterir. Morfin ve diğer opiatlar ise farklı bir mekanizmayla ağrıyı azaltır. Opiatlar merkezi sinir sisteminde bulunan opiat reseptörlerine bağlanıp sinir impulslarının iletimini keserek beyin ağrıyı algılamasını önler. Morfin birçok bölgeye birden bağlanabildiğinden ağrının kesilmesinin yanı sıra uyku hali ve iyi hissetme gibi yan etkiler de ortaya çıkarır. Aynı zamanda beyindeki endorfinle aktive edilen zevk almayla ilgili bölgelerle de etkileşir. Asetil salisilik asit inflamasyon ve ağrıyı durdurur fakat bu sırada zevk üretmez. Morfin ise ağrıyı keserken diğer taraftan da rahatlatma ve neşelenme hissine yol açar. Morfinin bu yan etkileri kötüye kullanılabilir ve narkotik olarak sınıflandırılmasına yol açar.

Depresanlar: Genel olarak merkezi sinir sistemi fonksiyonlarını baskırlar. Kalp atışının yavaşlamasına, sinirliliğin azalmasına ve bazı durumlarda uyumaya yol açarlar. Barbitüratlar, sakinleştiriciler, uyku ilaçları ve etanol depresandır.

Halüsinojenler: Zaman ve gerçeklik algısını değiştirirler. Hareket, düşünme, algılama, görme ve duyma da etkilenir. LSD, meskalin ve marihuana halüsinojenlere örnek verilebilir. Çok sayıda uyarıcı ilaç (metamfetamin gibi) yüksek dozlarda alındığında halüsinojendir.

Narkotikler: Analjezik etkiye sahiptirler ve merkezi sinir sistemini baskılayarak uyku hali yaratırlar. Opium bitkisinden elde edilen opiat alkaloidler en iyi bilinen narkotiklerdir ve morfin, kodein, eroin, hidromorfon, oksikodon ve hidrokodon bu sınıftadır.

Uyarıcılar: Narkotik ve depresanların aksine merkezi sinir sistemini uyarırlar, uyanıklık hali yaratırlar ve uyku açarlar. Genel uyarıcılar arasında kokain, amfetamin ve metamfetamin sayılabilir. Yüksek dozlarda alınan birçok uyarıcı halüsinojendir.

Kullanıma göre: Bazı ilaçlar nasıl kullanıldıklarına ve kötüye kullanım yollarına göre gruplandırılır. Bu gruptaki ilaçların fizyolojik etkileri gibi kimyasal yapıları da genellikle benzerdir. Bu sınıfa verilebilecek dört örnek predatör ilaçlar, kulüp ilaçları, performans ilaçları ve solunan ilaçlardır.

Predatör ilaçlar: Tecavüz ilaçları ve ilaçla kolaylaştırılan cinsel saldırı ilaçları olarak da bilinirler. Bu amaçla kullanılan ilaçlar, alkolün yanı sıra ketamin, flunitrazepam ve gamma hidroksibütirat ve benzeri bileşiklerdir. İlaçlar bir içeceklerle karıştırıldığında, etki-

leri zaman ve mekân bilincinin kaybindan tam bilinç kaybına ve kısa dönem hafıza kaybına kadar değişkenlik gösterir. Kurbanlar olaydan birkaç saat sonra uyandıklarında olayla ve kısa süre öncesiyle ilgili bir şey hatırlamazlar. Buna bağlı olarak, ilaç ve metabolitlerinin geleneksel toksikolojik yöntemlerle araştırılabilmesi için geç kalınmış olabilir.

Kulüp ilaçları: Bu ilaçlar aynı zamanda predatör ilaçlardır. Bu ilaçların kokain ve eroinden daha az tehlikeli olduğu yönündeki yanlış düşünce yaygın kullanımlarına neden olur.

Performans ilaçları: Bu grup kişinin performansını yükselten, özellikle anabolik steroidler ve alkol gibi kimyasallardır. Anabolik steroidler içerisinde, testosteron temelli, çoğu reçete ile alınabilen düzinelerce ilaç sayılabilir. Bu ilaçlar kas kütlelerini artırmak ve yarışmalarda avantaj sağlamak amacıyla bazı sporcular tarafından kötüye kullanılır. Bu ilaçların kullanımı ne yazık ki li-se seviyesine kadar inmiştir.

Solunan ilaçlar: Diğer ilaçların aksine solunan ilaçların çoğu tedavi amacıyla kullanılmayan bileşiklerdir. Bunlara örnek olarak boya incelticiler, nitroz oksit (gülme gazı), gazyağı, temizleyiciler ve tırnak cilaları verilebilir. Uçucu madde içeren bu bileşikler al-kole benzer depresan etkilere sahiptir.

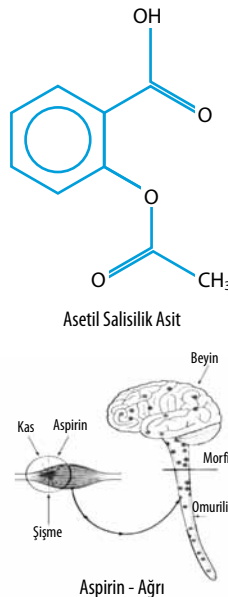
Kanıt Olarak İlaçlar

Fiziksel kanıt olarak: İçinde belirli bir madde olduğundan şüphelenilen malzemelerin analizi çoğu adli laboratuvarın iş yükünün önemli bir kısmını oluşturur. Şüpheli bileşik fiziksel kanıt olarak sunulduğu zaman adli kimyacı o bileşiği tanımlamalı, bazı durumlarda da miktarını belirlemelidir. İlaç kanıtın en genel beş formu şöyledir: Tozlar, bitkisel maddeler, tabletler, ilaç öncülleri, diğer. Tozlar, renkli tozdan kristalin beyaza ve kahverengi reçineye kadar değişir. Birçok toz yağsı ve kokulu iken, bazıları (resmi tanımlama olmamakla birlikte) yapışkan olarak tanımlanır. Marihuananın yoğunlaştırılmış formu haşhaş, toz ve bitki arasında bir yerdedir. Reçeteli veya kaçak sentezlenen tabletler, fiziksel kanıtın en sık rastlanılan şeklidir.

Adli kimyacılar ilk üç gruba girmeyen, kolay sınıflandırılmayan sprey kutuları, çantalar veya bezler gibi diğer tipte kanıtlarla da çalışır.

Profillem: İlaç örneğinin profillenmesi yani "kimyasal parmak izi"nin çıkarılması, örneğin bileşiminin basit bir tanımlamasından fazlasını ve miktar tayinini içerir. Profilleme bilgisi, ilacın kaynağının belirlenmesinde ve ilaçların benzer gruplar halinde sınıflandırılmasında kullanılır. Profillemenin diğer faydaları ilacın sentezlenme yolunun, kullanılan çözücülerin, katkıların, safsızlıkların aydınlatılması ve coğrafi kaynağın belirlenmesidir.

Analiz: Zararlı moleküllerin teşhisi ve izlenmesi toplum sağlığı, askeri ve gümrükle ilgili aktiviteler, kamu binalarında güvenliğin sağlanması ve çevre uygulamalarında büyük önem taşır.



Polis, gümrük personeli, güvenlik personeli ve diğer yetkililer, zararlı maddelerin varlığını teşhis edecek ekipmanlara gereksinim duyar. Tüm bu uygulamalar için yeni bir teşhis sistemi geliştirilirken akılda bulundurulması gereken bazı faktörler vardır:

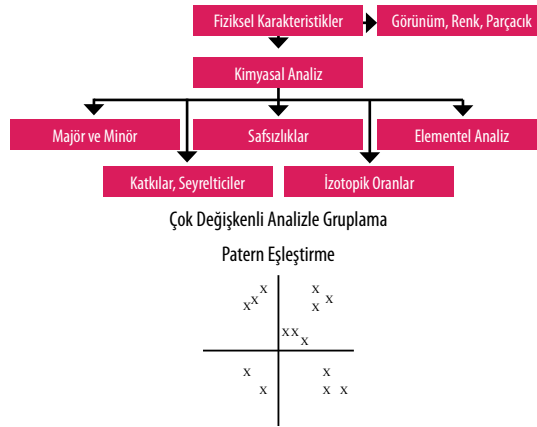
- İlgilenilen moleküller (narkotikler, patlayıcılar, kirleticiler, alerjenler, patojenler gibi maddeler)
- Teşhis sisteminin çalışılan alana taşınabilirliği
- Cihazın cevap süresinin hızlı olması
- Cihazın kullanımının basit olması
- Normal kullanım koşullarına ve zor koşullara karşı dayanıklı olması
- Güvenilir olması

Birleşmiş Milletler 2006 yılı ilaç raporuna göre son on yılda yasal olmayan ilaçların kullanımı giderek arttı. 2004 yılı raporlarına göre yaklaşık 200 milyon insanın (15-64 yaş aralığındaki dünya nüfusunun % 4,9'u) en az bir kere yasal olmayan ilaçları denediği ve kabaca yarısının da düzenli kullanıcı olduğu tahmin ediliyor. Yaklaşık 25 milyon kişinin bağımlı olduğu düşünülüyor. İlaçlara olan bu yüksek talep ve sınırların ortadan kalkmasıyla küçülen dünya, daha sıkı denetim sistemlerini gerektiriyor. İlaç trafiğine ve kullanımına karşı savaşta, kanun uygulayıcı otoriteler sürekli olarak yeni ve etkili teşhis sistemleri arıyor. Bilinen en genel sistem duyarlı burunlarıyla köpekler. Ancak bu yetenekli hayvanlarda zaman zaman huysuzluk ve yorgunluk gibi olumsuzluklar ortaya çıkabiliyor. Bu nedenle köpeklerin tam olarak güvenli olmayan, kararlı teşhis sistemleri oldukları söylenebilir. Teknoloji ilerledikçe geliştirilen bazı yeni yöntemler, iyon mobilite spektrometresi, gaz kromatografi-kütle spektrometresi ve yüksek performanslı sıvı kromatografisidir. Daha yakın zamanlarda biyomoleküler tanıma elemanlarına sahip sensörler (biyosensörler) geliştirilmiştir. Bu sensörler daha seçici, daha küçük ve daha az karmaşıktır. Tanıma elemanları genellikle antijenlerini yüksek seçicilikte tanıyan antikordardır.

Cihazlar: Edmund Locard tarafından 1910'da kurulan ilk adli bilimler laboratuvarında iki cihaz bulunuyordu: Mikroskop ve spektrometre. Çok fazla şey değişirken çok fazla şey de aynı kaldı. Bugün adli kimyacıların kullanımı için pek çok yöntem ve cihaz bulunsada merkezde halen spektrofotometreler (spektrometre), mikroskoplar ve bunların bileşimi cihazlar vardır.

Mikroskop, Locard ve Sherlock Holmes'tan beri adli bilimlerle bir aradadır. Mikroskopi görünür ışığın madde ile etkileşimine dayalı iken spektroskopi elektromanyetik enerji ile madde arasındaki etkileşim olarak tanımlanır. Görünür ışık örnek ile etkileştiğinde bu ışık incelenmek istenen örneğin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilgili bilgi içerir. Tüm spektroskopi türleri

için aynı geçerlidir. Mikroskopta dedektör insan gözüdür ve bu şekilde öğrenilen özellik çoğunlukla renktir. Renk elektromanyetik spektrumla belirtilen bir frekans ve dalga boyu ifadesidir. Adli analitik kimyada morötesi/görünür/kızılaltı ve elementel spektroskopi tercihli olarak kullanılırken, nükleer manyetik rezonans spektroskopisi gibi diğer türler pek kullanılmaz.



Kimyasalların analizi genellikle çok duyarlı kromatografik yöntemlerin veya kütle spektrometrisinin kullanımını gerektirir. Kullanılan temel kromatografik yöntemler ince tabaka kromatografisi (TLC), gaz kromatografisi (GC) ve sıvı kromatografisidir (HPLC). GC çoğunlukla patlayıcıların, hızlandırıcıların, iticilerin, ilaçların ve kimyasal silah üretiminde kullanılan kimyasalların analizi için kullanılırken, HPLC karmaşık karışımlardaki bileşiklerin tayini için kullanılır. Bu yöntemler maddelerin bir çözücüde yol alması veya bir kromatografi kolonuna doldurulmuş katı desteğe bağlanması temeline göre ayırma sağlar. Analizci bilinen standartlarla karşılaştırma yaparak hayli karmaşık karışımları dahi tanımlayabilir.

Bazı durumlarda kromatografi tanımlama için tek başına yeterli olmaz. Daha yüksek duyarlılık için kromatografi genellikle başka bir yöntemle birleştirilir. Bu yöntemlerden bir tanesi kütle spektrometrisidir (MS). Kütle spektrometrisinde yüksek voltajla elde edilen yüklü iyonlar kullanılır. Gaz halindeki iyonlar daha sonra kütlelerine göre bir manyetik alanda ayrılırlar. Birleştirilmiş GC-MS cihazı çok yüksek duyarlılığa sahiptir ve milyarda bir (ppb) mertebesindeki derişimlerdeki analiti analiz edebilir.

İnsan var oldukça ve bilimsel gelişmeler hem cihaz hem de yöntem temelinde devam ettikçe bu alanda önümüzdeki yıllarda araştırmalar artan bir hızla devam edecek gibi görünüyor.

Kaynaklar

Forensic chemistry, Suzanne Bell, Annu. Rev. Anal. Chem. 2009, 2, 297-319.
Forensic chemistry 1st Ed, Suzanne Bell, Pearson Education, Inc, USA, 2006.
The need for research in forensic science, Ruth Waddell

Smith, Victoria L. McGuffin, Anal. Bioanal. Chem. 2009, 394, 1985-1986.
An integrated QCM-based narcotics sensing microsystem, Thomas Frisk, Niklas Sandström, Lars Eng, Wouter van der Wijngaart, Per Mansson, Göran Stemme, Lab Chip, 2008, 8, 1648-1657.



Prof. Dr. Adil Denizli 1985 yılında Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora eğitimini aynı bölümde tamamladı. 1994'te Kimyasal Teknolojiler Doçenti oldu. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan 300'ün üzerinde araştırma makalesi 5000'in üzerinde atıf alan Prof. Dr. Denizli, 1998'de TÜBİTAK teşvik ödülü, 2006 yılında da TÜBİTAK Bilim Ödülü'nü kazandı. Türkiye Bilimler Akademisi üyesi olan Denizli, halen Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Biyokimya Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak görev yapıyor.



Doç. Dr. Handan Yavuz 1997'de Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü'nden mezun oldu. 1999'da yüksek lisans, 2003 yılında da doktora eğitimini aynı bölümde tamamladı. 2007'de Biyokimya Doçenti oldu. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan 45 araştırma makalesi 600'ün üzerinde atıf alan Yavuz, 2007'de Hacettepe Üniversitesi ve Popüler Bilim Dergisi'nin Temel Bilimler alanında verdiği teşvik ödülünü aldı. Halen Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Biyokimya Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.