

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ MESLEKİ EĞİTİM VE UYGULAMA DERGİSİ

Volume: 1, Issue: 1, p.26-35, 2022

TIBBİ LABORATUVAR UYGULAMALARINDA ÇEVRESEL YAKLAŞIMLAR ENVIRONMENTAL APPROACHES IN MEDICAL LABORATORY APPLICATIONS

Burcu SEZGİN¹
Murat SOYSEVEN²

(Received 16.05.2022 Accepted 23.06.2022) – Review Article

Özet

Klinik kararların verilmesinde tıbbi laboratuvar uygulamalarının önemli bir yeri vardır. Tıbbi laboratuvarlarda sürekli devam eden tetkik ve araştırmalarda çok çeşitli ve çok miktarda kimyasal madde kullanılmaktadır. Bu maddelerin hem insan sağlığı hem de çevre açısından önemli etkileri vardır. Dolayısıyla bu maddelerin kullanımı dikkat gerektirmektedir. Çözücüler laboratuvarlarda en fazla kullanılan kimyasal maddelerdendir. Bu nedenle çözücünün özellikleri, maliyeti ve ulaşılabilirliği, bunun yanında güvenilirliği ve çevre dostu olması da önemlidir. Özellikle son yıllarda çevreci ve ekonomik laboratuvar uygulamalarına ilgi artmıştır. Laboratuvarlarda çözücü gerektirmeyen veya zorunlu durumlarda geleneksel çözücülerin yerini alabilecek yeşil çözücülerin kullanıldığı yöntemlere öncelik verilmektedir. Laboratuvarlarda oluşan çözücü atıklarının bertarafı da atık yönetiminin önemli bir konusudur. Bu derlemede tıbbi laboratuvarlarda sıklıkla kullanılan çözücülerin seçiminde dikkat edilmesi gereken özellikler çevreci bir bakış açısı ile özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi laboratuvar, Yeşil kimya, Yeşil çözücü, İyi laboratuvar uygulamaları

¹ Çevre Koruma Teknolojileri Bölümü, Eskişehir Meslek Yüksekokulu, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, TÜRKİYE

² Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Yunus Emre Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, TÜRKİYE

Abstract

Medical laboratory practices have an important place in making clinical decisions. A wide variety of chemicals are used in continuous investigations and researches in medical laboratories. These substances have important effects on both human health and the environment. Therefore, the use of these substances requires attention. Solvents are among the most commonly used chemicals in laboratories. Therefore, the properties, cost and availability of the solvent, as well as its reliability and environmental friendliness are important. Especially in recent years, interest in environmental and economic laboratory applications has increased. Priority is given to methods using green solvents that do not require solvents or can replace conventional solvents in mandatory situations. Disposal of solvent wastes generated in laboratories is also an important issue of waste management. In this review, the features that should be considered in the selection of solvents that are frequently used in medical laboratories are summarized from an environmental perspective.

Keywords: Medical laboratory, Green chemistry, Green solvent, Good laboratory practices.

Giriş

Tıbbi veya diğer adıyla klinik laboratuvar, insanlarda, sağlığın değerlendirilmesi, hastalıkların önlenmesi, tanısı, takibi, tedavinin izlenmesi ve prognoz öngörüsü amacı ile insana ait biyolojik numunelerin veya dolaylı olarak ilişkili olduğu numunelerin incelendiği, sonuçların raporlandığı, gerektiğinde yorumlandığı ve ileri incelemeler için önerileri de içeren hizmetlerin sunulduğu laboratuvarlar olarak tanımlanır (Tıbbi Laboratuvar Yönetmeliği, 2013). Klinik kararları %75 oranında etkileyen ve klinik tanının vazgeçilmez bir parçası haline gelen laboratuvar testlerinin yürütüldüğü tıbbi laboratuvarlar sağlık sistemi için çok önemli bir yere sahiptir (Bal ve Aral, 2013). Bu işlemlerin yürütülmesinde başta çözücüler olmak üzere çok çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bu maddelerin tamamına yakınının uçucu, yanıcı ve/veya toksik özellikte olmasından dolayı hem laboratuvar çalışanları hem de çevre için ciddi riskler taşıdığı bilinmektedir. Dolayısıyla, bu maddelerin gerekmedikçe kullanımından kaçınılması veya kullanılan miktarın azaltılması, mümkünse daha az risk oluşturan alternatiflerin tercih edilmesi ve zararlı etkilerinden korunmak için çeşitli kontrol önlemleri alınması çevre ve insan sağlığı açısından önemlidir (Abacıoğlu, 2014).

Kimyanın gelişimine daha sürdürülebilir bir şekilde devam etme fikri, bilim insanlarının yeni yaklaşımlar geliştirmesine neden olmuştur. Özellikle son 30 yıllık dönemde, artan çevreci bilinç nedeni ile yeşil kimya uygulamaları bilim camiasında giderek yaygınlaşmıştır. Ancak yeşil kimya yaklaşımının etkili olabilmesi için, hem akademik hem de endüstriyel kimya araştırmalarında çok sektörlü ve koordineli bir yaklaşım gerekmektedir (Ardila-Fierro, Hernández ve José G. Hernández, 2021; Becker, Manske ve Randl, 2022).

Ülkemizde “İyi Laboratuvar Uygulamaları Prensipleri, Test Birimlerinin Uyumlaştırılması, İyi Laboratuvar Uygulamalarının ve Çalışmaların Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik” 2010 yılında yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik ile insan sağlığı, çevresel değerler ve kaynakların korunması gözetilerek test verilerinin kalite ve güvenilirliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Bu hedefi destekleyecek önemli bir uygulama da Yeşil Laboratuvar (GreenLab) sertifikasıdır. Bu sertifikaya sahip laboratuvarların yapım, işletme ve sonraki tüm süreçlerde çevre dostu malzeme ve kaynakları kullanması, enerji verimliliği ve kaynak tasarrufunu gözetmesi ve yeşil kimya ilkelerine göre deney tasarımı yapması beklenmektedir (Kara, 2019).

Çözücü Seçiminde Yeşil Kimya Yaklaşımı

Tıbbi laboratuvarlarda en önemli risk kaynaklarından biri kullanılan kimyasal maddelerdir. Çözücüler başta olmak üzere kullanılan bu maddelerin tamamına yakınının uçucu, yanıcı ve/veya toksik olması insan ve çevre sağlığı açısından risk oluşturur. Yeşil kimya kapsamında çözücüler çok dikkat çeken kimyasal maddelerdir (Byrene ve ark., 2016; Becker, Manske ve Randl, 2022). Çünkü kullanılan miktarlar diğer kimyasal maddelere göre fazladır ve bir sürecin çevresel performansının büyük bir bölümünü tanımlar. Ayrıca maliyet, güvenlik ve sağlık konularını da etkiler. “Yeşil Çözücü” fikri, uygulamalarda çözücü kullanımından kaynaklanan çevresel etkiyi en aza indirme hedefini ifade eder (Capello, Fischer & Hungerbühler, 2007).

Kimyasal süreçlerde önemli bir çevreci yaklaşım olan “Yeşil Kimya” için on iki kriter geliştirilmiştir. Bunlar:

- 1) Önleme: Atıkların oluşuktan sonra işlenmesi yerine atıkların mümkün olduğunca önlenmesi esastır.
- 2) Atom Ekonomisi: Süreçler kullanılan tüm malzemeler son ürüne dahil edilecek şekilde tasarlanmalıdır.
- 3) Daha Az Tehlikeli Kimyasal Sentez: Çevre ve insan sağlığı için mümkün olduğunca, çok az veya hiç zehirli olmayan maddeleri kullanımını içeren süreçler tasarlanmalıdır.
- 4) Daha Güvenli Kimyasalların Tasarlanması: İstenen işlevi gerçekleştirecek ve mümkün olan en düşük toksitede olan kimyasal maddeler tasarlanmalıdır.
- 5) Daha Güvenli Çözücüler ve Yardımcı Maddeler: Çözücüler ve ayırma maddeleri gibi yardımcı maddelerin mümkün olduğunca az ve zararsız olanları kullanılmalıdır.
- 6) Enerji Verimliliği: Kimyasal süreçlerin enerji kullanımı, çevresel ve ekonomik açıdan değerlendirilmeli ve en aza indirilmelidir.
- 7) Yenilenebilir Hammaddelerin Kullanımı: Yenilenebilir hammadde ve gereksinimler içeren teknikler tercih edilmelidir.
- 8) Türevlerin Azaltılması: Türevlendirme en aza indirilmeli veya mümkünse uygulanmamalıdır.
- 9) Kataliz: Katalitik reaktifler stokiometrik reaktiflere göre öncelikli olmalıdır.
- 10) Bozunma İçin Tasarım: Süreç sonunda, zararsız bozunma ürünlerine dönüşecek ve çevrede kalıcı kirlilik yaratmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

11) Gerçek Zamanlı Analiz: Tehlikeli maddelerin oluşumunu önlemek için gerçek zamanlı analitik yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

12) Daha Güvenli Kimya: Bir kimyasal süreçte kullanılan maddeler kimyasal kaza riskini en aza indirecek şekilde seçilmelidir (Anastas ve Warner, 1998).

On iki yeşil kimya ilkesinden esinlenerek, yeşil bir çözücünün karşılaması gereken on iki kriter aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1) Ulaşılabilirlik: Yeşil bir çözücünün piyasada istenilen miktarda ve sürekli olarak bulunması istenir.

2) Fiyat: Sürdürülebilirliğin sağlanması için yeşil çözücüler sadece fiyat açısından rekabetçi olmamalı, aynı zamanda fiyatları zaman içinde de değişken olmamalıdır.

3) Geri Dönüştürülebilirlik: Tüm kimyasal işlemlerde, yeşil bir çözücü, elbette eko-verimli prosedürler kullanılarak tamamen geri dönüştürülmelidir.

4) Derece: Yüksek saflıkta çözücüler elde etmede yüksek enerji gerektiren saflaştırma işlemlerinden kaçınmak için teknik sınıf çözücüler tercih edilir.

5) Sentez: Yeşil çözücüler enerji tasarrufu sağlayan bir süreçle hazırlanmalı ve sentetik tepkimeler yüksek atom ekonomisine sahip olmalıdır.

6) Toksikite: Yeşil çözücüler, insanlar tarafından kullanıldığı ve doğaya salındığında tüm riskleri azaltmak için ihmal edilebilir toksisite göstermelidir.

7) Biyolojik Bozunabilirlik: Yeşil çözücüler biyolojik olarak bozunabilir olmalı ve toksik metabolitler üretmemelidir.

8) Performans: Uygun olması için, yeşil bir çözücünün halihazırda kullanılan çözücülere kıyasla benzer ve hatta daha üstün performanslar (viskozite, polarite, yoğunluk vb.) sergilemesi gerekir.

9) Kararlılık: Kimyasal bir işlemde kullanım için yeşil bir çözücünün termal ve (elektro) kimyasal olarak kararlı olması gerekir.

10) Yanabilirlik: Uygulama sırasında güvenlik nedenleriyle, bir yeşil çözücü yanıcı olmamalıdır.

11) Depolama: Yeşil bir çözücünün depolanması kolay olmalı ve karayolu, tren, tekne veya uçakla güvenli bir şekilde taşınması için tüm mevzuata uygun olmalıdır.

12) Yenilenebilirlik: Yeşil çözücülerin üretimi için yenilenebilir ham maddelerin kullanımı karbon ayak izine uygunluk açısından tercih edilmelidir.

Elbette bu on iki kriterin hepsini karşılayan bir çözücü bulabilmek çok zordur. Bununla birlikte, son yıllarda, geliştirilen yenilikçi çözücüler bu kriterlerin çoğunu karşılamaktadır. Biyo-bazlı çözücüler seçicilik, katalizör aktivitesi, stabilite ve yeniden kullanılabilirlik ve ayrıca yeni bir çözücünün ortaya çıkması için bir ön koşul olan tepkime ürünlerinin izolasyonu açısından gelişmiş tepkime performansı sağlaması ile örnek olarak verilebilir (Gu ve Jerome, 2013).

Su, yeşil kimya uygulamaları için en çevre dostu çözücüdür. İyi ve ayarlanabilir fizikokimyasal özellikleri sayesinde, ayırma ve özellikle ekstraksiyon ve kromatografi için kullanımı dikkate değer ölçüde olan su, ortam sıcaklığında veya yükseltilmiş sıcaklıklarda birçok ayırma tekniğinde tek başına veya organik çözücülerle karıştırılarak kullanılır (Hartonen ve Riekkola, 2017).

Tablo 1’de laboratuvarlarda kullanılan klasik çözücüler ve bunların yeşil kimya değerlendirmesine göre sınıflandırması özetlenmiştir. Önerilen çözücüler, süreç koşullarında herhangi bir kimyasal uyumsuzluk yoksa ilk olarak test edilecek çözücülerini nitelemektedir. Sorunlu çözücüler laboratuvarlarda kullanılabilir, ancak bunların pilot tesiste veya üretim ölçeğinde uygulanması özel önlemler veya önemli enerji tüketimi gerektirecektir. Tehlikeli çözücülerin mümkünse kullanımından kaçınılması gerekmektedir. Özellikle ölçek büyütme konusundaki büyük kısıtlamalarla karşılaşılabılır, alternatif çözücülerin tercihi gerekebilir. Yüksek tehlikeli çözücülerin ise laboratuvarlarda bile kullanımından kaçınılmalıdır (Prat ve ark., 2016).

Tablo 1: Klasik Çözücülerin Yeşil Kimya Açısından Sınıflandırılması (Prat ve ark., 2016)

	Çözücü
Önerilen Çözücüler	su metanol etanol i-propanol n-bütanol t-bütanol etilen glikol aseton metil etil keton metil izobütil keton etil asetat i-propil asetat n-bütil asetat anisol
Sorunlu Çözücüler	benzil alkol sikloheksanon metil asetat tetrahidrofur metiltetrahidrofur heptan sikloheksan metilsikloheksan tolüen ksilen klorobenzen asetonitril dimetilpropilen üre dimetil sülfoksit formik asit asetik asit asetik anhidrit
Tehlikeli Çözücüler	diizopropil eter metiltertbutil eter 1,4-dioksan dimetoksimetan pentan hekzan diklorometan dimetilformamid dimetilasetamid n-metil-2-pirrolidon sülfolan metoksietanol pridin triethylamin
Yüksek Tehlikeli Çözücüler	dietil eter benzen kloroform karbon tetraklorür dikloroetan hekzametilfosforamid nitrometan karbon disülfid

Laboratuvar Atık Yönetimi

Üretim ve kullanım sonucu oluşan, doğrudan veya dolaylı olarak dış ortama bırakılması zorunlu olan her türlü madde atık olarak tanımlanır. Sağlık tesislerinden, tıbbi laboratuvarlar başta olmak üzere evsel, tıbbi, tehlikeli (kimyasal ve farmasötik atıklar) ve radyoaktif atıklar olmak üzere dört temel grupta sınıflandırılabilir türde atıklar oluşmaktadır. Çevre ve insan sağlığına zarar oluşturabilecek, yanıcı, korozif, toksik, enfeksiyöz ve karsinojenik etki gibi özelliklerden birini veya birden fazlasını gösteren atıklar tehlikeli atık olarak sınıflandırılır. Bu atıklar çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyebileceğinden planlı bir atık yönetimi geliştirilmesi önemlidir. Atık yönetimi, çevre ve insan sağlığı gözetilerek yasa ve yönetmelikler çerçevesinde, atıkların oluşumlarından bertarafına kadar uygulanacak sürecin belirlenmesidir. Atıkların azaltılması, atık yönetiminin en önemli hedeflerinden biridir. Atık azaltılması için kaynakta azaltma, geri dönüştürülebilir ürünler tercih etme, kimyasal kullanımında yönetim ve kontrol mekanizmalarının aktif kullanılması yaklaşımları uygulanabilir (Berkel ve Çağındı, 2014; Ergin, Erdoğan ve Erel, 2017).

Laboratuvardan çıkan atıklar; fiziksel, biyolojik, kimyasal ve radyoaktif atıklar olmak üzere sınıflandırılabilir. Kimyasal atıklar ise kendi içinde atık sıvılar, atık katılar ve kimyasal madde bulaşmış laboratuvar malzemeleri olarak gruplandırılabilir. Sıvı atıkları organik çözücüler, organik veya inorganik asitler veya bazlar ve çeşitli çözeltiler oluşturur. Bu atık sıvılar uzun süre saklanmamalı ve mümkün olan en kısa sürede bertarafı sağlanmalıdır. Çözücülerin buharlaşması önlenerek şekilde ve kimyasal maddelerin tüm etkilerine dayanıklı olan uygun atık kaplarında saklanması ve bertaraf sürecine kadar kimyasal atık saklama dolaplarında bekletilmesi gerekmektedir (Berkel ve Çağındı, 2014).

Sonuç

Tıbbi laboratuvarlar tetkik ve araştırma çalışmalarının en yoğun yapıldığı laboratuvarlardır. Dolayısıyla bu çalışmalar sırasında çok çeşitli ve yüksek miktarda çözücü kullanılması söz konusudur. Laboratuvarlarda kullanılan bu çözücülerin, çevre ve insan sağlığını tehdit eden çevresel kirliliğe neden olmaları dolayısıyla kullanım alanı buldukları tüm uygulamalardan çıkartılması veya kullanımlarının azaltılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu amaçla, tıbbi laboratuvarda yürütülen tetkik ve araştırma çalışmalarında çözücü gerektirmeyen tekniklerin öncelikle tercih edilmesi, mümkün olmayan durumlarda ise kullanılan çözücü türlerinin insan ve çevre dostu yeşil çözücülerle değiştirilmesi gerekmektedir.

Kaynakça

- Abacıoğlu, Y. (2014). Laboratuvar Güvenliği Rehberi. *Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Başkanlığı. Bulaşıcı Hastalıkların Sürveyansı ve Kontrolü Projesi*, 3-21.
- Anastas P.T., & Warner J.C. (1998). Principles of green chemistry. *Green chemistry: theory and practice*, 29.
- Ardila-Fierro, K. J., & Hernández, J. G. (2021). Sustainability assessment of mechanochemistry by using the twelve principles of green chemistry. *ChemSusChem*, 14(10), 2145-2162.
- Bal, C.G., & Aral, M. (2013). Quality management in medical laboratories: En ISO 15189 requirements for implementation. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 22(1), 81-85.
- Becker, J., Manske, C., & Randl, S. (2022). Green chemistry and sustainability metrics in the pharmaceutical manufacturing sector. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 33, 100562.
- Berkel, M., & Çağındı, Ö. (2014). Gıda Laboratuvarlarında Atık Yönetimi. *Akademik Gıda*, 12(3), 54-59.
- Byrne, F. P., Jin, S., Paggiola, G., Petchey, T. H., Clark, J. H., Farmer, T. J., Hunt, A. J., McElroy, C. R. & Sherwood, J. (2016). Tools and techniques for solvent selection: green solvent selection guides. *Sustainable Chemical Processes*, 4(1), 1-24.
- Capello, C., Fischer, U., & Hungerbühler, K. (2007). What is a green solvent? A comprehensive framework for the environmental assessment of solvents. *Green Chemistry*, 9(9), 927-934.
- Ergin, M., Erdoğan, S., & Erel, Ö. (2017). Biyokimya ve mikrobiyoloji laboratuvar personelinin tıbbi atık yönetimi konusundaki farkındalığı. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74(2), 129-138.
- Hartonen, K., & Riekkola, M. L. (2017). Water as the first choice green solvent. In *The application of green solvents in separation processes* (pp. 19-55). Elsevier.
- Gu, Y., & Jerome, F. (2013). Bio-based solvents: an emerging generation of fluids for the design of eco-efficient processes in catalysis and organic chemistry. *Chemical Society Reviews*, 42(24), 9550-9570.

Sezgin, B. & Soyseven, M. (2022). *Tıbbi Laboratuvar Uygulamalarında Çevresel Yaklaşımlar. Anadolu Üniversitesi Mesleki Eğitim ve Uygulama Dergisi (ANAMEUD), 1(1): 26-35.*

Kara, G. (2019). Türkiye'deki Çevre Laboratuvarlarının Çevresel Sürdürülebilirliğinin Yeşil Laboratuvar Sertifikası İle Değerlendirilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(1), 23-30.*

Prat, D., Wells, A., Hayler, J., Sneddon, H., McElroy, C. R., Abou-Shehada, S., & Dunn, P. J. (2016). CHEM21 selection guide of classical-and less classical-solvents. *Green Chemistry, 18(1), 288-296.*

Sağlık Bakanlığı. (2014). Ulusal Mikrobiyoloji Standartları. *Laboratuvar Güvenliği Rehberi.* Ankara: Sağlık Bakanlığı.

Tıbbi Laboratuvar Yönetmeliği (2013). *T.C. Resmi Gazete, 28790, 9 Ekim 2013.*