

12 Mayıs 2023

Yeşil Kimya Eğitim Kampı: Sürdürülebilir Bir Gelecek Yaratmak İçin Becerilerin Geliştirilmesi



Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir bir geleceğe sadece onu tarif ederek ve tanımlayarak ulaşamayız! Onu icat edecek becerileri geliştirmeliyiz. Yeşil kimya alanının kurucularından ve beyondbenign'in kurucularından Amerikalı kimyager John Warner, Avusturya'da düzenlenen son "Yeşil ve Sürdürülebilir Kimya" eğitim kampında "Yeşil Kimya budur" demiştir.

Cefic ve Avusturya Kimya Endüstrisi Birliği (FCIO) tarafından düzenlenen bu eğitim kampı, kimya endüstrisi paydaşları arasında Yeşil Kimya konusunda bir tartışmayı teşvik etmeyi amaçlıyor.

Warner'a göre, daha fazla üniversite Yeşil Kimyayı müfredatlarına entegre ediyor, ancak konuyla ilgili daha geniş bir eğitime hala ihtiyaç var. Bu, çeşitli sektörlerde daha sürdürülebilir

ve çevre dostu uygulamaların benimsenmesini teşvik etmek ve öğrencilere sürdürülebilir bir gelecek inşa etmek için gerekli araç ve bilgileri sağlamak için merkezi bir öneme sahiptir.

Kimyasal ürün ve süreçlerin geliştirilmesinin ilk aşamasında potansiyel toksisite ve çevresel sonuçların değerlendirilmesi Yeşil Kimya için kilit öneme sahiptir. "Bir teknolojinin etki yaratabilmesi için **pazarda başarılı olması, sürdürülebilirlik sorunlarını ele alırken üstün performansa ve uygun maliyete sahip olması** gerekir. Bunu yapabilecek tek kişi tasarımcı/mucittir" dedi.

John Warner ve Paul T. Anastas tarafından 1998 yılında geliştirilen Yeşil Kimyanın On İki İlkesi, tehlikeli maddelerin kullanımını ve üretimini azaltan veya ortadan kaldıran kimyasal ürünlerin ve süreçlerin tasarlanması için bir çerçeve görevi görmektedir. Bir kimyasal ürünün yaşam döngüsü boyunca geçerli olan **bu ilkeler atık önleme, enerji verimliliği ve daha güvenli kimyasallar ve ürün tasarımı** içermektedir.



Bootcamp, **tasarım yoluyla risk ve güvenlik yönetimi, sürdürülebilirlik çözümleri için inovasyon, kimyagerler için toksikoloji, biyomimikri ve döngüsel ekonomi ve çevrede yeşil kimya ve plastikler** gibi bir dizi konuyu kapsadı. Ayrıca katılımcıları, insan sağlığını ve çevreyi etkileyen kimyasallarla ilgili endişeleri giderecek becerilerle donattı.

Yeşil ve Sürdürülebilir Kimya Eğitim Kampı, kimyagerler ve diğer profesyoneller için Yeşil Kimya ilkelerini daha iyi anlamak ve uygulamak ve daha sürdürülebilir bir gelecek için yenilikçi çözümler keşfetmek için değerli bir fırsat sağladı. Bunun da ötesinde, harika bir ağ kurma fırsatıydı!

Yeşil kimya haberleri ve Avrupa'daki gelecek Cefic bootcamp oturumları hakkında güncel kalmak için

GELECEĞİN KİMYASI AĞINA KAYDOLUN

İngilizce bağlantı linki: <https://cefic.org/media-corner/newsroom/green-chemistry-bootcamp-developing-skills-to-create-a-sustainable-future/>

12 Yeşil Kimyanın İlkeleri

Paul Anastas ve John Warner tarafından 1998 yılında geliştirilen* aşağıdaki liste, daha çevreci bir kimyasal, süreç veya ürün oluşturmak için bir çerçeve çizmektedir.

Her bir prensiple ilgili makaleleri görmek için [sekmelere](#) tıklayın. Bu makaleler ilk olarak [The Nexus Blog](#) için geliştirilmiştir.

1-Önleme

Atıkları önlemek, oluştuktan sonra arıtmaktan veya temizlemekten daha iyidir.

Berkeley W. Cue, Jr, Ph.D., BWC Pharma Consulting, LLC tarafından katkıda bulunulmuştur.

Anastas ve Warner, 1998 yılında yayınladıkları "**Green Chemistry, Theory and Practice**" (**Yeşil Kimya, Teori ve Uygulama**) adlı yayınlarında 12 ilkelerini ortaya koymuşlardır. Benim görüşüme göre, **genellikle önleme ilkesi olarak adlandırılan ilk ilke en önemlisidir ve diğer ilkeler bunu başarmak için "nasıl yapılacağı" dır**

Sıklıkla kullanılan bir atık ölçütü, Roger Sheldon tarafından tanımlanan **E-faktörüdür**; bu faktör, birlikte üretilen atıkların ağırlığını istenen ürünün ağırlığıyla ilişkilendirir. Son zamanlarda **ACS Yeşil Kimya Enstitüsü Farmasötik Yuvarlak Masası (ACS GCIPR)**, kullanılan tüm malzemelerin (su, organik çözücüler, hammaddeler, reaktifler, proses yardımcıları) ağırlıklarının üretilen aktif ilaç bileşeninin (API) ağırlığına oranını ifade eden **proses kütle yoğunluğunu** tercih etmiştir. Bu, ilaç üretimi sırasında tarihsel olarak büyük miktarda atık üretilmesi nedeniyle önemli bir yuvarlak masa toplantısı odağıdır- birçok durumda bir kilo API başına 100 kilodan fazla. Bununla birlikte, şirketler API sürecinin tasarımında yeşil kimya ilkelerini uyguladıklarında, atıklarda bazen on kata varan dramatik azalmalar elde edilmektedir. Bu nedenle, ACS GCIPR tarafından elde edilen etkileyici sonuçların ilaç endüstrisinin tüm bölümlerine, özellikle biyofarma ve jenerik sektörlerle ve ayrıca ürünlerini üretmek için sentetik kimyanın kullanıldığı kimya girişiminin diğer sektörlerine yayılması önemlidir.

Daha Fazla Kaynak ve Örnek:**Proses Kütle Yoğunluğu Aracı**

2012 PGCCA Kazananı: Codexis, Inc. ve Profesör Yi Tang, Kaliforniya Üniversitesi, Los Angeles
"Simvastatin Üretimi için Verimli Bir Biyokatalitik Süreç"

2002 PGCCA Kazananı: Pfizer, Inc. **"Sertralin Sürecinin Yeniden Tasarlanmasında Yeşil Kimya"**

Pharma Strives for Green Goals, Stephen K. Ritter, Chemical & Engineering News, 90(22), 28 Mayıs 2012.

Atıf Yapılan Makaleler:

E Faktörü: on beş yıl sonra; R.A. Sheldon; Green Chem. 2007, (9), pp 1273-1283, DOI: 10.1039/B713736M

Doğru Yeşil Ölçütü Kullanmak: İlaç Endüstrisinde Süreç Kütle Yoğunluğu Neden Daha Sürdürülebilir Süreçler İçin Kullanılıyor; Concepcion Jimenez-Gonzalez, Celia S. Ponder, Quirinus B. Broxterman ve Julie B. Manley; Org. Process Res. Dev., 2011, 15 (4), pp 912-917, DOI: 10.1021/op200097d.

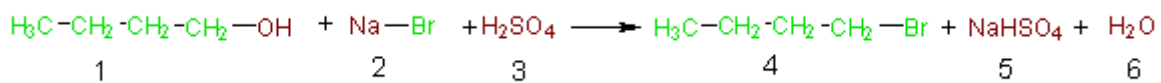
2-Atom Ekonomisi

Sentetik yöntemler, süreçte kullanılan tüm malzemelerin nihai ürüne dahil edilmesini en üst düzeye çıkaracak şekilde tasarlanmalıdır.

Katkıda bulunan: Michael Cann, Ph.D., Kimya Profesörü, Scranton Üniversitesi

Yeşil kimyanın ikinci ilkesi basitçe bir reaksiyonun "**atom ekonomisi**" olarak ifade edilebilir. Barry Trost¹ tarafından geliştirilen atom ekonomisi, "reaktanların hangi atomları istenen nihai ürün (ler)e dahil ediliyor ve hangi atomlar boşa harcanıyor?" sorusunu sorar.

Geleneksel olarak, bir reaksiyonun verimliliği yüzde verim hesaplanarak ölçülür. Aşağıdaki ikame reaksiyonunun %100 verim verdiğini varsayalım. Bu takdire şayan olsa da, aşağıdaki gibi "**yüzde atom ekonomisini**" hesaplayarak bir reaksiyonun verimliliğine daha fazla ışık tutabiliriz:



Atom Ekonomisi = (Kullanılan atomların FW'si/Tüm reaktanların FW'si) X 100 = (137/275) X 100 = %50

Yüzde atom ekonomisi basitçe istenen ürün(ler)in formül ağırlığının (bileşik 4, 137 g/mol) tüm reaktanların formül ağırlıklarının toplamına (275 g/mol) bölünmesiyle elde edilir ki bu da bu durumda %50'yi verir. Basitçe söylemek gerekirse, yüzde verimimiz %100 olsa bile, reaktan atomlarının kütlelerinin yalnızca yarısı istenen ürüne dahil edilirken, diğer yarısı istenmeyen yan ürünlerde boşa harcanır. Annenize bir kek pişirdiğinizi ve malzemelerin yarısını attığınızı söylediğinizi düşünün! Bu nedenle kimyagerler yalnızca maksimum yüzde verim elde etmeye çalışmakla kalmamalı, aynı zamanda reaktanların atomlarının istenen ürüne dahil edilmesini en üst düzeye çıkaran sentezler tasarlamalıdır.

İlke #2 reaktanlarla ilgilidir. Ancak, kimyasal bir reaksiyon yürütmüş olanlarımızın bildiği gibi, bir sentez sırasında genellikle çözücüler ve ayırıcı maddeler gibi başka malzemeler de kullanırız. Bu malzemeler genellikle malzeme girdisinin büyük kısmını oluşturur ve bu nedenle bunlardan üretilen atıkları da hesaba katmamız gerekir. Bu konuların Yeşil Kimya Prensipleri'nin ilerleyen bölümlerinde ele alınacağını göreceğiniz için "bizi izlemeye" devam edin.

Daha Fazla Kaynak ve Örnek:

Atom Ekonomisi: Bir Reaksiyonun Verimliliğinin Ölçüsü. Michael C. Cann ve Marc E. Connelly; Real-World Cases in Green Chemistry; ACS, Washington, 2000.

1998 PGCCA Kazananı: Stanford Üniversitesi'nden Profesör Barry M. Trost, **"Atom Ekonomisi Kavramının Gelişimi."**

Atıf Yapılan Makaleler:

1. The Atom Economy-A Search for Synthetic Efficiency; Barry M. Trost; Science 1991, (254), pp 1471-1477.

3-Daha Az Tehlikeli Kimyasal Sentezler

Mümkün olan her yerde, sentetik yöntemler, insan sağlığı ve çevre için çok az toksisiteye sahip olan veya hiç toksisitesi olmayan maddeleri kullanmak ve üretmek için tasarlanmalıdır.

Katkıda bulunan: David J. C. Constable, Ph.D., Direktör, ACS Yeşil Kimya Enstitüsü®

Düşündüğünüzde, bu iki parçalı bir prensiptir ve **ilk iki kelimesi "uygulanabilir olduğu her yerde" şeklindedir.** Bu iki kelimeyi söylemek, toksik olan maddeleri kullanmaktan kaçınmanın pratik veya mümkün olmayabileceğini ima eder ve bu, çoğu kimyagerin bu ilkeyi işlerine

uygulamaktan kaçınmak için kullandığı hapisten çıkış kartıdır. Kabul edelim; kimyagerler her zaman toksik maddeler kullanır çünkü reaktif kimyasallar kinetik ve termodinamik olarak elverişli reaksiyonları mümkün kılar. Ve yeni sentetik protokollerle birlikte ikame kimyasallar geliştirilmedikçe ve geliştirilinceye kadar, doğası gereği toksik malzemeler kullanılmaya devam edecektir. Ancak bunun uygulanabilir olmadığını söylemek ve yapılan kimyasal seçimler hakkında düşünmekten vazgeçmek daha kolaydır.

Bu ilkeye bağlı kalmanın özellikle zor olmasından değil; kimyagerlerin bunu yapmakla ilgilenmemesinden kaynaklanıyor. Sentetik organik kimyacı için önemli olan yeni bir yolla, yeni bir molekülle ya da yeni bir düzende başarılı bir kimyasal dönüşüm gerçekleştirmektir. "Şişedeki diğer tüm maddeler sadece dönüşümü mümkün kılmak için var, bu yüzden gerçekten önemli değil" veya "gerçekçi olmalı ve bilime odaklanmalısınız" gibi argümanlar duydum. Bunları söylemek, önemli olan tek bilimin bir karbon atomunu işlevselleştirmek için aktive etmek veya bir katalizöre bir ligand eklemek vb. olduğunu ima eder. Bu ilke, kimyagerlerden iyi bilimi neyin oluşturduğuna dair tanımlarını genişletmelerini istemektedir.

Birçok kişinin tekrar tekrar gösterdiği gibi, toksisite ve kimyasal reaksiyonla ilişkili tehlike ve risk, bir şişedeki diğer tüm "şeylerle" doğrudan ilişkilidir. Aslında, bir sentezdeki kimya veya kimyasal dönüşüm, tasarım gereği toksik veya biyolojik olarak aktif bir molekül ürettiğimiz durumlar dışında, genellikle bir ürünün veya sürecin genel toksisite profilini (ve diğer sürdürülebilirlik ve yeşil ölçümlerinin çoğunu) en az etkiler. İlaç veya tarım kimyasalları sektöründe olduğu gibi sentezlenen birçok molekül için durum kesinlikle budur- moleküller tasarım gereği toksiktir ve/veya canlı organizmalar üzerinde başka etkilere sahiptir.

Kimyasal dönüşümleri gerçekleştirirken kullanılan kimyasallar ve malzemeler önemlidir ve kimyagerlerin şişeye neyin gireceği konusunda yaptıkları seçimlere daha fazla dikkat etmeleri gerekir. Diğer tüm "şeyleri" göz ardı etmek ve tüm enerjimizi istenen ürünü sağlayan sentetik yola odaklamak kolaydır. Ancak diğer tüm "şeyleri" göz ardı ettiğimizde, yüksek bir bedel öderiz ve bu ödemeyi durdurmamız gereken bir bedeldir.

Kimyagerler zaman zaman toksik veya diğer tehlikeli etkileri olan moleküller üretirler ve bir sonraki prensibin **daha güvenli moleküller tasarlama** konusunda söyleyecekleri olacaktır

4-Daha Güvenli Kimyasallar Tasarlamak

Kimyasal ürünler, toksisiteyi azaltırken işlev etkinliğini koruyacak şekilde tasarlanmalıdır.

Katkıda bulunan: Nicholas D. Anastas, Ph.D., ABD Çevre Koruma Ajansı- New England

İşlev ve etkinliği korunurken aynı zamanda toksisiteyi en aza indirmek, daha güvenli ürün ve süreçler tasarlamamızın en zorlu yönlerinden biri olabilir. Bu hedefe ulaşmak sadece kimyanın değil aynı zamanda toksikoloji ve çevre bilimi ilkelerinin de anlaşılmasını gerektirir. **Yüksek reaktif kimyasallar**, moleküler dönüşümleri etkilemede oldukça değerli oldukları için kimyagerler tarafından ürün üretiminde sıklıkla kullanılır. Bununla birlikte, insani ve ekolojik

istenmeyen biyolojik hedeflerle reaksiyona girerek istenmeyen olumsuz etkilere yol açma olasılıkları da daha yüksektir. Temel yapı tehlike ilişkisini anlamadan, en yetenekli moleküler sihirbaz bile tam bir araç setinden yoksun olarak mücadeleye girer.

Toksikoloji sanatında ve biliminde uzmanlaşmak, tehlikenin bir tasarım hatası olduğunu ve moleküler tasarımın doğuşunda ele alınması gerektiğini belirten kimyasal karakterizasyona yenilikçi yaklaşımlar gerektirir. Elementlerin ve moleküllerin içsel tehlikesi, kimyasal tasarım için sistem tabanlı bir stratejinin parçası olarak karakterize edilmesi, değerlendirilmesi ve yönetilmesi gereken temel bir kimyasal özelliktir.

Şimdi, toksikologlar ve kimyagerler arasında kapsamlı ve iş birliğine dayalı bir çaba geliştirmenin, yenilikçi müfredat gelişmeleri yoluyla gerçekten bütünsel ve disiplinler arası bir şekilde **daha güvenli kimyasallar tasarlamak için yeni nesil bilim insanlarını eğitmeye odaklanmanın ideal zamanıdır**. Toksikoloji alanı, toksisite mekanizmalarını ortaya çıkarmak için moleküler biyolojide kaydedilen ilerlemeleri birleştirerek ve uygulayarak hızla gelişmektedir. Bu yolların aydınlatılması, kimyagerlerin daha güvenli kimyasallar üretme arayışında seçimlerini yönlendirmek için ihtiyaç duydukları tasarım kurallarının ifade edilmesi için başlangıç noktası olarak hizmet etmektedir. Daha güvenli, daha sağlıklı ve daha sürdürülebilir bir dünyaya giden yolu aydınlatmaya hazır yeni bir gün doğumunun şafağındayız.

Daha Fazla Kaynak ve Örnek

Anastas, N. Yeşil Toksikoloji, 2012 içinde: [Green Techniques for Organic Synthesis and Medicinal Chemistry](#), W. Zhang ve B. Cue, eds., J Wiley.

Anastas, N.D. ve J.C. Warner. [2005. Yeşil Kimyada Bir Tasarım Kriteri Olarak Tehlike Azaltmanın Dahil Edilmesi](#), Chem. Sağlık. Safety, Mart/Nisan, 3-15.

[Yeşil Kimya Metrikleri](#): Sürdürülebilir Süreçlerin Ölçülmesi ve İzlenmesi, 2009, A. Lapkin ve D. Constable eds., J. Wiley.

[Yeşil Kimya Eğitimi: Changing the Course of Chemistry](#), 2009, ACS Symposium Series 1011, P.T. Anastas, I. Levy ve K.E. Parent, eds. J. Wiley

[Designing Safer Chemicals](#), 1996, S. DeVito ve R. Garrett eds., ACS Symposium Series 640.

US EPA, 2013, <https://www.epa.gov/ncct/Tox21/>(erişim tarihi 3/3/13)

Sorumluluk Reddi:

Bu referanslar yararlı veya ilginç olabilecek ek bilgiler sağlamak için verilmiş olsa da, EPA bu makalelerin içeriğinden sorumlu değildir ve doğruluğunu teyit edemez.

5-Güvenli Çözücüler ve Yardımcı Maddeler

Yardımcı maddelerin (örn. çözücüler, ayırma maddeleri, vb.) kullanımı mümkün olduğunca gereksiz hale getirilmeli ve kullanıldığında zararsız olmalıdır.

*Dr. Concepción (Conchita) Jiménez-González, Operasyonel Sürdürülebilirlik Direktörü,
GlaxoSmithKline*

Yeşil kimya konferansıydı ve çok ünlü bir sentetik kimyacıya neden çok kötü bir seçim olan bir çözücüyü seçtiğine dair bir soru yöneltilmişti. Gerçekçi olmalısınız, kimyagerler sezgisel olarak neyin en iyi olduğunu bilirler ve çözücüler önemli değildir. Önemli olan kimyadır. İlke 5'in ruhuna ve lafzına aykırı olmasına rağmen, bu tür sözleri uzun yıllar boyunca defalarca duydum.

Çözücüler ve her türden kütle ayırıcı maddeler, kimyasal süreç ve reaksiyonun genel "yeşilliği" bir yana, kimya için çok önemlidir. Birçok durumda, reaksiyonlar çözücüler ve/veya kütle ayırma maddeleri olmadan ilerleyemez. Bunların önemli olmadığını ya da önemli olanın sadece kimya olduğunu söylemek sadece mantıksal bir yanılgı değil, aynı zamanda kimyasal olarak yanlıştır. Çözücüler ve ayırıcı maddeler kütle ve enerji transferini sağlar ve bu olmadan birçok reaksiyon ilerlemez.

Ayrıca, solventlerin, suyu dahil edip etmemenize bağlı olarak, standart bir kesikli kimyasal işlemdeki kütlenin yüzde 50 ila 80'ini oluşturduğu gösterilmiştir. Ayrıca, solventler standart bir kesikli kimyasal işlemin kümülatif yaşam döngüsü çevresel etkilerinin yaklaşık %75'ini oluşturmaktadır.

Çözücüler ve kütle ayırma maddeleri aynı zamanda bir prosesteki enerji tüketiminin çoğunu da yönlendirir. Bir an için düşünün. Solventler dönüşümlü olarak ısıtılır, damıtılır, soğutulur, pompalanır, karıştırılır, vakum altında damıtılır, filtrelenir vs. ve bunlar geri dönüştürülmeden ya da dönüştürülmeden önce gerçekleşiyor. Eğer geri dönüştürülmezlerse, genellikle yakılırlar.

Solventler aynı zamanda genel toksisite profiline en büyük katkıyı yapan maddelerdir ve bu nedenle bir prosesle ilişkili endişe verici maddelerin çoğunluğunu oluştururlar. Ortalama olarak, yanıcı ve uçucu olmaları veya doğru koşullar altında patlayıcı olmaları nedeniyle proses güvenliği

konularında en büyük endişeye katkıda bulunurlar. Ayrıca genellikle çalışanların şu ya da bu türden kişisel koruyucu ekipman kullanmasına neden olurlar.

Solventlere her zaman ihtiyacımız olacak ve kimyasal süreçlerdeki pek çok şey gibi bu da bir etki ticareti meselesidir. Bir solvanti bir yeşil metriğe göre optimize ettiğinizde, çoğu zaman o kadar da iyi görünmeyen üç tane daha solvent ortaya çıkar. Amaç, kimyasal olarak mantıklı olan, enerji gereksinimlerini azaltan, en az toksisiteye sahip olan, en az yaşam döngüsü çevresel etkisine sahip olan ve önemli güvenlik etkileri olmayan solventleri seçmektir.

Bir veya daha fazla ünlü sentetik organik kimyagerin düşündüğünün aksine, çözücüler ve ayırma maddeleri önemlidir. Daha iyi seçimler yapmak mümkündür ve bu ilkenin uygulanması da bunu teşvik etmelidir.

6-Enerji Verimliliği için Tasarım

Enerji gereksinimleri çevresel ve ekonomik etkileri açısından dikkate alınmalı ve en aza indirilmelidir. Sentetik yöntemler ortam sıcaklığı ve basıncında gerçekleştirilmelidir.

Dr. David Constable, Direktör, ACS Yeşil Kimya Enstitüsü®

Son yıllarda yeşil kimya ve mühendisliğin "unutulmuş ilkeleri" hakkında konuşmaya başladım ve **Enerji Verimliliği için Tasarım** da bunlardan biri. Sentetik organik kimyacılar arasında sıcaklık veya basınç dikkate alınmaz. Kimyager sadece bir reaksiyonun tamamlanmasını sağlamak ve istenen ürünü mümkün olduğunca yüksek bir verimle ayırmak için bir protokol izler. Kimyagerin bakış açısına göre enerji önemsizdir ve tüm niyet ve amaçlar için ücretsizdir. Sadece fişi duvara takın veya ısıtma bobinini şişenin etrafına yerleştirin ya da sıvı nitrojeni dewardan çıkarın.

Enerji hakkında düşünenler için, enerjinin kimyacılar tarafından gördüğü ilginin tamamı olmasa da çoğu ısıtma, soğutma, ayırma, elektrokimya, pompalama ve isteksizce termodinamik ile ilgili hesaplamalara (örneğin Gibbs Serbest Enerjisi) ayrılmıştır. Dikkat, enerjinin nereden geldiğini ya da hangi formda kullanıldığının önemli olup olmadığını en aza indirmek ya da dikkate almak değildir; bağları oluşturmak ya da kırmak için ısıtmamız ya da soğutmamız ya da elektronları reaksiyona sokmamız gerekir. Bir kimyager olarak kendi eğitimim üzerine düşündüğümde, benden hiçbir zaman ısıtma, soğutma, pompalama veya elektrokimyasal gereksinimleri elektrik, buhar veya başka bir hizmet için bir maliyete dönüştürmem istenmedi. Bu kimya mühendisliğinde yapılabilir ama kimyada yapılmaz.

Enerji 21. yüzyıl için kilit bir konudur. Üretilen enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlara dayanmaktadır ve dayanmaya da devam edecektir. Ve kullanım noktasına ulaştırılan enerjinin büyük bir kısmı dönüşüm ve iletim sırasında kaybolmaktadır. Bunun anlamı, enerji üretiminin yaşam döngüsüne bakarsanız ve ihtiyaç noktasında yararlı işler için gerçekte ne kadar enerjinin mevcut olduğuna bakarsanız, bunun fosil yakıtta başlangıçta mevcut olan enerjinin yüzde 1 veya 2'sinden daha az olduğudur. **Fosil yakıt enerjisinin çoğunun şu ya da bu tür ulaşım hizmetlerinde kullanıldığı ve ikinci en büyük kullanım alanının da ısıtma ve soğutma**

olduğu da doğrudur. Kimyagerlerin bu enerji kullanım profilini değiştirmeleri için muazzam sayıda fırsat var, ancak benim deneyimime göre çok az kimyager kendini ulaşımın ya da yapıları çevrenin bir parçası olarak görüyor.

Çoğu kimyagerin ve kesinlikle kimya mühendislerinin enerji konusunda nerede eğitildiğini düşünürseniz, Gibbs Serbest Enerji denklemindeki ΔH civarındadır. Oluşum ısısı, buharlaşma ısısı, entalpi, ekzotermik reaksiyonlar vs. bunlar hakkında düşünürüz. İlginç olan şey, doğanın büyük ölçüde ΔS ve zayıf etkileşim kuvvetleri ile çalışmasıdır. Bir ağacın çözücü kullanarak reflüde fotosentez yaptığını göremezsiniz ya da bir hücre zarı polistiren gibi bir şeyin erime sıcaklığında ekstrüde edilmez.

Enerji ve kimyagerlerin enerji hakkında düşünmelerini sağlamak, onlardan ortam sıcaklığı ve basıncında reaksiyonları yürütmelerini istemekten çok daha fazlasıdır. Reaksiyonların kendisi nadiren enerjinin büyük bir kısmının kullanıldığı yerdir; çoğu bir sonraki reaksiyona hazırlık için çözücü uzaklaştırmada veya bir çözücüyü uzaklaştırıp yerine başka bir çözücü koymada veya istenen ürünü izole etmede ya da safsızlıkları gidermede kullanılır. Hidrojenasyon veya oksijen ya da neme duyarlı reaksiyonlar dışında, çoğu reaksiyon atmosferik basınçta gerçekleştirilir. Bu, enerjinin önemli olmadığı anlamına gelmez, sadece çoğu kimyagerin odaklanmadığı alanlarda önemlidir.

Bir kez daha, yeni bir molekülün tasarımı sırasında reaksiyonun veya sürecin birden fazla parçasını düşünmek sadece enerji açısından değil, aynı zamanda birçok farklı açıdan da kritik öneme sahiptir. Enerji, tıpkı bir sentezin en az sayıda adıma sahip olacak şekilde nasıl düzenleneceği veya en düşük maliyetli başlangıç malzemelerinin nasıl kullanılacağı ya da sentetik veya proses kimyagerinin ilgisini çeken diğer herhangi bir husus hakkında düşünmek gibi, sadece başka bir tasarım parametresidir. Tarihsel olarak bu şekilde görülmemiştir, ancak artık enerjinin nasıl kullanılacağına dair ayrıntılı ve geniş bir değerlendirme yapmadan yeni moleküller tasarlamayı göze alamayız.

7-Yenilenebilir Hammaddelerin Kullanımı

Bir hammadde veya hammadde stoğu, teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir olduğunda tükenmek yerine yenilenebilir olmalıdır.

Dr. Richard Wool, Kimya ve Biyomoleküler Mühendislik Profesörü ve Yenilenebilir Malzemelerden Uygun Fiyatlı Kompozitler Programı Direktörü, Delaware Üniversitesi.

Gelecekteki tüm yakıtlarımızı, kimyasallarımızı ve malzemelerimizi asla tükenmeyen hammaddelerden üretme kavramı, ilk bakışta uygulanamaz gibi görünen ilginç bir kavramdır. İnsanoğlu şu anda fosil yakıtları, kömürü, petrolü ve doğal gazı topraktan çıkarmakta ve mineralleri tükenene kadar kâr amacıyla çıkarmaktadır. Özellikle karbon bazlı kimyasallar ve malzemeler için kullandığımız fosil yakıtlar, küresel nüfusun beklenen artışı ve çeşitli kıtalarda enerji yoğun ekonomilerin genişlemesiyle birlikte öngörülebilir bir şekilde hızla tükenmektedir.

Bunun insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri önemli olup, önümüzdeki 50 yıl içinde bilim insanlarımız ve liderlerimiz için büyük zorluklar teşkil etmektedir.

Yeşil Kimya Prensi #7'yi kullanarak bu küresel sorunları ele alabilir miyiz? Evet, hammaddemizi sanki sihirli bir değnek değmiş gibi "ince havadan" elde edeceğiz ve bu yenilenebilir olacak. **Havadaki karbon, karbondioksit CO₂ ve metan CH₄ formundadır ve güneşten güç alan fotosentetik süreçler tarafından bitkiler, ağaçlar, mahsuller, algler vb. oluşturmak üzere uzaklaştırılır, bunlara toplu olarak "biyokütle" diyoruz.**

Doğa her yıl yaklaşık 170 milyar ton bitki biyokütlesi üretmektedir ve bunun şu anda yaklaşık yüzde 3,5'ini insan ihtiyaçları için kullanmaktayız. Tamamen biyo-bazlı bir ekonomi oluşturmak için yaklaşık 40 milyar ton biyokütle ya da yıllık üretimin yaklaşık yüzde 25'inin gerekli olacağı tahmin edilmektedir. **Bu tür yenilenebilir hammaddelerin kullanımındaki teknik zorluk, biyokütleyi "havadan" uzaklaştırıldan daha fazla karbon üretmeyecek şekilde faydalı kimyasallara dönüştürmek için düşük enerjili, toksik olmayan yollar geliştirmektir; havadan gelen C(in) ile kullanılan enerjiden gelen C(out) arasındaki fark, karbon ayak izi ΔC 'dir. İdeal olarak, Prensi #7 kullanılırken, tasarım gereği tüm karbon ayak izleri C(in) >> C(out) olacak şekilde pozitif olmalıdır.** Bu da doğal olarak mevcut iklim değişikliğimizi etkileyen küresel ısınma gazlarının azalmasına yol açar. **Ayrıca yenilenebilir kaynaklardan elde edilen yeni kimyasalların ve malzemelerin insan sağlığı ve biyosfer için toksik veya zararlı olmadığından emin olmalıyız.**

2002 yılında ABD Enerji Bakanlığı, Amerika Birleşik Devletleri'nde Biyoenerji ve Biyo-bazlı Ürünler Vizyonu'nda şunları belirtmiştir:

"2030 yılına kadar, iyi kurulmuş, ekonomik olarak uygulanabilir bir biyoenerji ve biyo-bazlı ürünler endüstrisinin kırsal Amerika için yeni ekonomik fırsatlar yaratması [yerelleşme yoluyla küreselleşme], çevreyi koruması ve geliştirmesi, ABD'nin enerji bağımsızlığını güçlendirmesi, ekonomik güvenlik sağlaması ve tüketicilere gelişmiş ürünler sunması beklenmektedir."

Son 10 yılda, yenilenebilir hammaddelerden yakıt, kimyasal madde ve malzeme geliştirilmesinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Örneğin, bitkisel yağlardan ve alglerden biyodizel, şekerlerden ve lignoselülozdan biyoetanol ve bütanol, lignin ve bitkisel yağlardan plastikler, köpükler ve termosetler ve hatta tavuk tüyünden elektronik malzemeler geliştirilmiştir. Yeşil Kimya Prensi #7 açısından, geleceğimiz parlak ve biyoteknoloji, tarım bilimi, toksikoloji, fizik, mühendislik ve diğerlerini içeren çeşitli disiplinler arasında devam eden verimli iş birlikleri nedeniyle iyimserlikle doludur; burada insan sağlığı ve çevre üzerinde minimum etkiyle "ince havadan" yenilenebilir hammaddelerden yeni yakıtlar, kimyasallar ve malzemeler elde edilmektedir.

Ek Kaynak

[Amerika Birleşik Devletleri'nde Biyoenerji ve Biyobazlı Ürünler için Vizyon - Güncellenmiş 2006](#)

8-Türevleri Azaltın

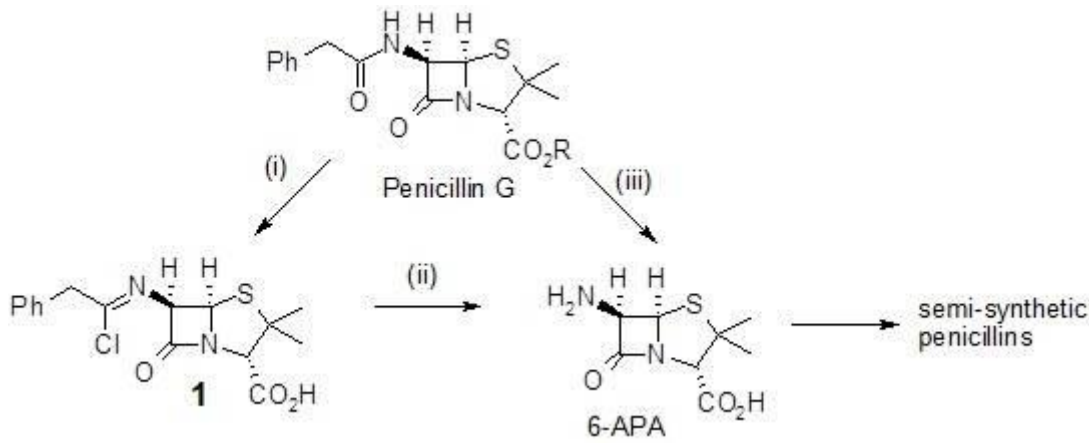
Gereksiz türevlendirme (bloke edici grupların kullanımı, koruma/koruma, fiziksel/kimyasal süreçlerin geçici olarak değiştirilmesi) mümkünse en aza indirilmeli veya bundan kaçınılmalıdır, çünkü bu tür adımlar ek reaktifler gerektirir ve atık oluşturabilir.

Yazan Peter J. Dunn, Yeşil Kimya Lideri, Pfizer

Yeşil kimyanın temel ilkelerinden biri, hedef moleküllerin sentezinde türevlerin ve koruyucu grupların kullanımını azaltmaktır. Bunu yapmanın en iyi yollarından biri enzimlerin kullanılmasıdır. Enzimler o kadar spesifiktir ki, genellikle molekülün bir bölgesiyle reaksiyona girebilir ve molekülün geri kalanını yalnız bırakabilirler ve bu nedenle koruyucu gruplara genellikle gerek yoktur.

Koruma gruplarından kaçınmak ve süreçleri temizlemek için enzimlerin kullanımına harika bir örnek, ampisilin ve amoksisilin gibi yarı sentetik antibiyotiklerin endüstriyel sentezidir.

İlk endüstriyel sentezde Penisilin G (R=H) önce silil esteri [R = Si(Me)₃] olarak korunur, ardından klorimidat 1 oluşturmak için -40oC'de fosfor pentaklorür ile reaksiyona sokulur ve ardından hidroliz, yarı sentetik penisilinlerin üretildiği istenen 6-APA'yı verir.



Penisilinin endüstriyel sentezi

(i) TMSCl sonra PCl₅, PhNMe₂, CH₂Cl₂, -40oC (ii) n-BuOH, -40oC, sonra H₂O, 0oC (iii) Pen-açılaz, su

Bu sentezin yerini büyük ölçüde pen-açilaz kullanan daha yeni bir enzimatik süreç almıştır. Bu sentez su içinde oda sıcaklığının hemen üzerinde gerçekleşmektedir. Yeni sentezin çevreci bir bakış açısıyla birçok avantajı vardır ve bunlardan biri de silil koruma grubunun gerekli olmamasıdır.

Her yıl 10.000 metrik tondan fazla 6-APA üretilmektedir ve bunun büyük bir kısmı daha çevreci enzimatik süreçle elde edilmektedir, dolayısıyla bu Yeşil Kimyanın gerçek bir fark yaratmasının harika bir örneğidir.

Daha Fazla Kaynak

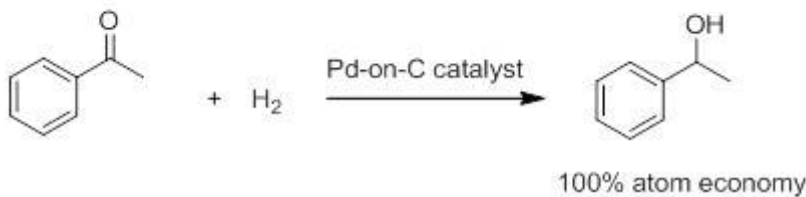
[Proses Araştırma ve Geliştirmede Yeşil Kimyanın Önemi](#)

9-Kataliz

Katalitik reaktifler (mümkün olduğunca seçici) stokiometrik reaktiflerden daha üstündür.

Delft Teknoloji Üniversitesi Biyokataliz ve Organik Kimya Emeritus Profesörü ve CLEA Technologies B.V. CEO'su Roger A. Sheldon, Ph.D. tarafından katkı sağlanmıştır.

Yeşil kimyanın temel hedeflerinden biri, kimyasalların ve benzer ürünlerin üretiminde atıkların en aza indirilmesi veya tercihen ortadan kaldırılmasıdır: "Önlemek tedavi etmekten daha iyidir". Bu, organik sentezde verimlilik kavramında, kimyasal verime odaklanan bir paradigmadan atıkların en aza indirilmesine değer veren bir paradigma değişimini gerektirmektedir. İsrafın nedeni nedir? Anahtar, atom ekonomisi kavramında yatmaktadır: "Sentetik yöntemler, süreçte kullanılan tüm malzemelerin nihai ürüne dahil edilmesini en üst düzeye çıkaracak şekilde tasarlanmalıdır". Reaksiyon şemasında, örneğin, indirgeyici olarak sodyum borohidrit veya moleküler hidrojen kullanarak bir ketonun karşılık gelen ikincil alkole indirgenmesini karşılaştırıyoruz. Birincisi ile indirgeme %81 atom ekonomisine sahipken, ikincisi ile indirgeme %100 atom ekonomisine sahiptir, yani her şey üründe son bulur ve prensipte atık yoktur.



Katalizör ile Atom Ekonomisi Reaksiyonu

Ne yazık ki hidrojen normal koşullar altında ketonlarla hiçbir şekilde reaksiyona girmez. Bunun için kömür üzerinde paladyum gibi bir katalizöre ihtiyacımız var. Katalizör, "süreçte kendisi değişmeden bir reaksiyonun hızını değiştiren bir madde" olarak tanımlanır. Reaksiyonun aktivasyon enerjisini düşürür ancak bunu yaparken tüketilmez. Bu, en azından prensipte, küçük miktarlarda kullanılabileceği ve süresiz olarak geri dönüştürülebileceği, yani herhangi bir atık oluşturmayacağı anlamına gelir. Dahası, moleküler hidrojen aynı zamanda en ucuz indirgeyicidir ve bu nedenle katalitik hidrojenasyonlar, diğer indirgeyicilerin kullanımının genellikle ekonomik olarak uygun olmadığı petrokimya endüstrisinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Ancak son yirmi yılda, yeşil kimyanın ortaya çıkışını takiben, stokiyometrik inorganik reaktiflerin kullanımından kaynaklanan muazzam miktardaki atığı en aza indirmek amacıyla kataliz, ilaç ve ince kimya endüstrilerinde yaygın olarak uygulanmaya başlanmıştır. Bu, katalizin tüm genişliğinin kullanılmasını içerir: heterojen, homojen, organokatalizörler ve daha yakın zamanda, Doğanın kendi mükemmel katalizörleri: enzimler. Sonuncusu, hafif koşullar altında karmaşık substratlarla son derece seçici süreçleri katalize etmede özellikle etkilidir ve bu nedenle ilaç ve benzeri endüstrilerde geniş uygulamalar bulmaktadır. Ayrıca, yenilenemeyen fosil kaynaklara dayalı bir kimya endüstrisinden, yeşil kimyanın bir başka asil hedefi olan yenilenebilir biyokütleyi hammadde olarak kullanan daha sürdürülebilir biyo-bazlı bir ekonomiye geçişte önemli bir rol oynamaları beklenmektedir.

Daha Fazla Kaynak ve Örnek

[R.A. Sheldon, I. Arends ve U. Hanefeld, Green Chemistry and Catalysis, Wiley-VCH, Weinheim, 2007 \(ISBN 978-3-527-30715-9\)](#)

[R.A. Sheldon, Fundamentals of green chemistry: efficiency in reaction design, Chem. Soc. Rev. 41 \(2012\) 1437-1451.](#)

[R.A. Sheldon, E Faktörleri, yeşil kimya ve kataliz: Bir odyssey Chem. Commun. \(2008\) 3352-3365.](#)

10-Bozulma için Tasarım

Kimyasal ürünler, işlevleri sona erdiğinde zararsız bozunma ürünlerine ayrışacak ve çevrede kalıcı olmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Rich Williams, Environmental Science & Green Chemistry Consulting, LLC Kurucusu ve Başkanı tarafından katkıda bulunulmuştur

Yeşil kimya uygulayıcıları, bir kimyasalın tehlike ve riskini en aza indirirken ticari işlevini optimize etmeyi amaçlamaktadır. Zarar verme kapasitesi olan tehlike, işlev gibi bir kimyasalın stereokimyasından (atomların içeriği ve düzeni) kaynaklanan doğal bir özelliktir. Yeşil kimya ilkeleri 3, 4, 5 ve 12, kimyasalların tehlikelerini azaltmak için tasarımcılara rehberlik eder.

Ancak İlke 10, riski ya da zarar oluşma olasılığını azaltmak amacıyla ticari işlevini tamamladıktan sonra bozulan ürünlerin tasarımına rehberlik eder. Risk hem bir molekülün doğal tehlikesinin hem de maruz kalmanın bir fonksiyonudur- bir kimyasal ile bir tür arasındaki temas. Bozunma, önemli ölçüde maruz kalmayı ortadan kaldırabilir ve böylece ilgili kimyasalın tehlikesine bakılmaksızın riski en aza indirebilir.

Kalıcı kimyasallara maruz kalma, uçuculuk veya partiküllere sorpsiyon gibi özelliklerin sağladığı küresel dağılımın ve yağda çözünürlük gibi özelliklere dayalı olarak organizmalara bölünmenin bir sonucu olarak önemli olabilir. Düzenleyiciler, kimyasalları PBT (Kalıcı, Biyobirikimli, Toksik) olarak tanımlamak için kullanılan çerçeveler dahilinde kalıcılığı tanımlayan kriterler (suda, toprakta, havada yarı ömür) belirlemiştir.

Yeşil kimyanın amacı, tehlikeli özelliklerden ve riskten sorumlu moleküler özellikleri tasarlamaktır. Ticari işlev için tasarlanacak moleküler özellikler, tehlike ve riski azaltmak için dışarıda tasarlanacak özelliklerle örtüştüğünde, değiş tokuşlar veya alternatif yaklaşımlar değerlendirilmelidir.

Biyolojik bozunma, hidroliz ve fotoliz kimyasal ürünlerde tasarlanabilir. Mekanistik toksikoloji bilgisi, tehlikelerin temeli olan moleküler özellikleri tanımlamak ve tasarlamak için gerekli olduğu gibi, bozunmayı teşvik eden kimyasal özellikleri tasarlamak ve kalıcılığı teşvik eden özellikleri ortadan kaldırmak için bozunma ve kalıcılık mekanizmalarının anlaşılması gerekir. Birçok kalıcı bileşik yoğun şekilde klorlanmıştır. Klor gibi halojenler elektron çeker ve böylece mikropların enzim sistemlerini inhibe eder, çünkü aerobik mikrobiyal bozunma elektron bakımından zengin yapıları tercih eder.

Bozunması beklenen moleküler mimarinin tasarımına rehberlik edebilecek tahmin yöntemleri arasında yapısal özellikleri bozunabilirlik veya kalıcılıkla ilişkilendiren temel kurallar, mevcut bilgi veri tabanları, biyolojik bozunabilirliği veya PBT özelliklerini değerlendiren modeller ve deneysel testler yer almaktadır. Tüm bu araçlar, her bir kimyasal sektöre ve özel hedeflere uyarlanabilir.

Bir kimyasal için öngörülen salım ve taşıma yollarının anlaşılması, etkili bir tasarım stratejisinin seçilmesini sağlar. Bozunma, ilgili çevresel kompartıman(lar) içinde ve anlamlı bir oranda gerçekleşmelidir. Evsel atık su tipik olarak atık su arıtma tesislerindeki (WWTP) güçlü bir biyoreaktörden geçer. Tüketici ürünleri endüstrisi bu biyoreaktörlerde giderim için moleküller tasarlamıştır. 1960'ların başında endüstri, AAT çıkış suyunu alan yüzey sularında yoğun köpüklenmeye ve diğer sağlık sorunlarına neden olan biyolojik olarak parçalanamayan dallı yüzey aktif maddelerden, biyolojik olarak parçalanabilen lineer alkil benzen sülfonat bazlı deterjanlara geçiş yapmıştır- yenilikçi tasarım yaklaşımı bugün de devam etmektedir.

Şu anda 10. ilkenin uygulanmasını sağlayacak araçlar mevcuttur, ancak moleküler özellikleri tehlikeler ve bozunabilirlikle ilişkilendiren mekanistik anlayıştaki ilerlemeler, tehlike ve riski kontrol etmek için yeşil kimyanın daha kapsamlı bir şekilde uygulanmasını sağlayacaktır. Disiplinler arasında etkili iletişim, tasarımcılara ürün tasarımının karmaşıklığını hesaba katabilecekleri bilgiler sağlamak için de gereklidir. Mevzuat ve iş kısıtlamaları nedeniyle, birçok ürün tasarım kararı nispeten erken alınmalıdır. Tahmine dayalı karar verme araçları, geliştirme kararlarının zamanlaması ve büyüklüğü ile uyumlu bir şekilde ve en önemlisi, bir moleküler tasarımı veya ürün formülasyonunu değiştirmek için hala esneklik varken, tehlike ve risk hakkında güven sağlamalıdır.

11-Kirliliğin Önlenmesi için gerçek zamanlı analiz

Tehlikeli maddelerin oluşumundan önce gerçek zamanlı, proses içi izleme ve kontrole olanak sağlamak için analitik metodolojilerin daha da geliştirilmesi gerekmektedir.

Katkıda bulunan: Douglas Raynie, Yardımcı Doçent, Kimya ve Biyokimya, Güney Dakota Eyalet Üniversitesi

Tüm camları opak siyaha boyanmış bir arabayla işlek bir otoyolda ilerlediğinizi hayal edin! Bu senaryo pek gerçekçi (ya da güvenli) görünmese de, ya 360° kameranız ve sürücüsüz otomobiller için geliştirilen sensör ve teknolojiniz olsaydı? Şimdi, işe gidip gelirken güvenliğiniz daha fazla garanti altında.

Bu tanım, otomobillere uygulandığında, yeşil kimyanın 11. prensibini açıklamaktadır. Tıpkı sürüş güvenliği için gerçek zamanlı geri bildirim ihtiyacı duymamız gibi, kimyasal süreçlerin düzgün işlemesi için de gerçek zamanlı geri bildirim şarttır. Çoğu kimyager, lisans eğitimlerinden laboratuvar analizlerine aşınadır. Ancak analiz, proses analitik kimyası olarak bilinen bir alt disiplin olan bir kimyasal tesiste hat içi, hat üzerinde veya hat üzerinde de gerçekleştirilebilir. Bu tür analizler, bir reaksiyon kontrolden çıkmadan önce proses sıcaklığındaki veya pH'daki değişiklikleri tespit edebilir, katalizörlerin zehirlenmesi belirlenebilir ve diğer zararlı olaylar büyük bir olay meydana gelmeden önce tespit edilebilir.

Proses analizi o kadar önemlidir ki ABD Gıda ve İlaç Dairesi ilaç üretimi, tasarımı ve kontrolü için böyle bir yaklaşımı teşvik etmektedir. 1984 yılından bu yana, bir endüstri-akademi ortaklığı olan

Proses Analitik Kimya Merkezi, proses analitik kimyası için gelişmekte olan tekniklere yönelik araştırmaları teşvik etmektedir.

Analitik kimyanın geleneksel rolleri yeşil kimya hedeflerini de ilerletirken, proses analitik kimyasının etkili bir şekilde uygulanması, dünya çapında kimya tesislerinin güvenli ve verimli çalışmasına doğrudan katkıda bulunur.

Ek kaynak:

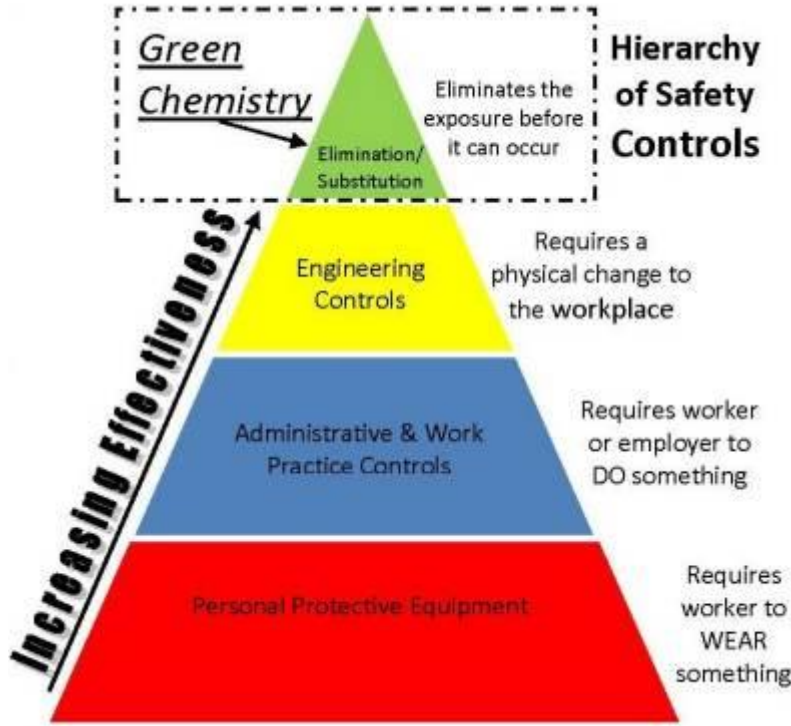
[Süreç Analizi ve Kontrol Merkezi](#)

12-Kazaların Önlenmesi için Doğası Gereği Daha Güvenli Kimya

- **Kimyasal bir proseste kullanılan maddeler ve madde formu, salınımlar, patlamalar ve yangınlar da dahil olmak üzere kimyasal kaza potansiyelini en aza indirecek şekilde seçilmelidir.**

Shelly Bradley, Kampüs Kimyasal Uyum Direktörü, Hendrix College; Dr. David C. Finster, Kimya Profesörü, Wittenberg Üniversitesi; ve Dr. Tom Goodwin, Elbert L. Fausett Kimya Profesörü, Hendrix College tarafından katkı sağlanmıştır.

Güvenlik, kabul edilebilir bir risk seviyesine ulaşmak için bilinen tehlikelerin kontrolü olarak tanımlanabilir. **Yeşil Kimya Prensip No 12 "Güvenlik Prensibi" olarak bilinir. On iki ilke arasında en çok göz ardı edileni olabilir, ancak diğer ilkelerin birçoğunun mantıksal sonucudur. Aslında, diğer ilkelerden en az biri uygulanmadan 12. İlkenin hedeflerine ulaşmak neredeyse imkansızdır. Yeşil kimyanın özü "... tehlikeli maddelerin kullanımını veya üretimini azaltmak veya ortadan kaldırmak" olduğundan, laboratuvar güvenliği ile içsel bir bağlantı vardır. Birkaç istisna olsa da Yeşil Kimya İlkelerinin çoğunluğu daha güvenli bir senaryo ile sonuçlanacaktır.**



Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) şemsiyesi altındaki Yeşil Kimya'nın öncelikli odak noktasının çevreyi daha güvenli hale getirmek olduğu açıktır. Çevre için daha güvenli olan malzeme ve süreçlerin halk için de daha güvenli olması muhtemeldir. Bununla birlikte, yeşil kimyadan yararlanan ve sıklıkla bahsedilmeyen bir diğer kesim de çalışanlardır. Üretim veya laboratuvar çalışanları genellikle tehlikelerin azaltılmasından faydalanacak ilk sıradaki kişilerdir.

İşçilerin sağlığı ve güvenliği İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi'nin (OSHA) yetki alanındadır. Kısa süre önce yayınlanan bir haber bülteninde OSHA, işçi güvenliğini artırmak için tasarlanmış bir kimyasal yönetim sistemini açıkladı. OSHA'nın yeni Daha Güvenli Kimyasallara Geçiş Araç Kiti'nde vurgulanan Güvenlik Kontrolleri Hiyerarşisi, güvenlik tanımının kontrol veya tehlike kısmına odaklanma arasındaki farkı göstermektedir. Geleneksel kimyasal güvenlik modelleri öncelikle bu tanımın kontrol bileşenine odaklanır. Grafik (OSHA'dan uyarlanmıştır) **güvenliği artırmanın en etkili yolunun tehlike bileşenini ortadan kaldırmak olduğunu göstermektedir. Tehlikelerin ortadan kaldırılması Yeşil Kimya'nın temel ilkesi olduğundan hem OSHA hem de EPA'nın Yeşil Kimya fikirlerinin bu evliliği, tehlikelerin azaltılması üzerinde sinerjik bir etkiye sahip olmalıdır.** Bu iki kurumun güçlerini ortak bir hedef doğrultusunda birleştirmesi, çalışanlar için daha güvenli koşullar, kamu için daha güvenli bir çevre ve hepimiz için daha güvenli bir gezegenle sonuçlanacak konuşmalara ve değişikliklere yol açabilir.

Atıf Yapılan Kaynaklar:

Manuele, F. A. [Kabul Edilebilir Risk](#), Mesleki Güvenlik, 2010, 30-38 (erişim tarihi: 22.11.2013)

Anastas, P. T.; Warner, J. C. Green Chemistry: Theory and Practice; Oxford University Press; New York, 1998.

ABD OSHA, [OSHA çalışanları tehlikeli kimyasallardan daha iyi korumak için yeni kaynaklar yayınladı](#), (erişim tarihi 22/11/2013)

ABD OSHA, [Daha Güvenli Kimyasallara Geçiş: İşverenler ve Çalışanlar için Bir Araç Seti](#), (erişim tarihi 22.11.2013)

ABD OSHA, [Neden Daha Güvenli Alternatiflere Geçiş?](#), (erişim tarihi 22/11/2013)

*Anastas, P. T.; Warner, J. C. Yeşil Kimya: Teori ve Uygulama, Oxford University Press: New York, 1998, s.30. Oxford University Press'in izniyle.

[Yeşil Mühendisliğin 12 İlkesini Keşfedin >>](#)

Geleceğin Kimyası Ağına Kaydolun

"Geleceğin Kimyası Ağı"na abone olarak şunları almayı kabul etmiş olursunuz:

- Cefic haber bültenleri: üç ayda bir "ChemistryCan" ve iki ayda bir "Chemistry Matters"
- Cefic etkinlik davetiyeleri: Geleceğin Kimyası etkinliği, sürdürülebilirlik etkinlikleri ve yaklaşık 12 Dijital Diyalog için yıllık davetiyeler.

Bu unsurlardan herhangi birinden, postadaki 'abonelikten çıkma düğmesini' kullanarak ayrı ayrı veya bir bütün olarak ağıdan (organizatörlere bir e-posta göndererek) istediğiniz zaman çıkmak mümkündür. Daha fazla bilgi için [Gizlilik Politikası](#) sayfamızı ziyaret edin.