

Hayatımızda Kimya: Kimyanın Bugünü ve Yarını*

Hasan Seçen

Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 25240 Erzurum

Bir madde bilimi olan kimya, hayatla teması çok yüksek düzeyde olan bir bilimdir. Bir insanın, — sabah uykudan uyanıp musluktan akan suyla elini yüzünü yıkamasından başlayarak, akşam, hipofiz bezi salgısıyla uykuya dalıncaya kadar— bir gününün bütün etkinlikleri içinde kimyanın doğrudan veya dolaylı katkıları vardır. Bu yazı, kimyanın hayatımızdaki rolünü açıklayıcı örnekleri ele almak için hazırlanmıştır.

Anasır-ı Erbaa ve Kimya

Eski filozoflar, dünyadaki hayatın ”anasır-ı erbaa” dedikleri dört unsur üzerine kurulduğunu söylerlerdi. Su, hava, toprak ve ateş. Hayat, hâlâ bu dört unsurla devam ediyor. Bu dört unsurun kimyasına kısaca bir göz atmakla işe başlayalım:

Su, yeryüzünün yaklaşık $\frac{3}{4}$ ’ünü oluşturduğu gibi, canlı organizmanın da yaklaşık $\frac{3}{4}$ ’ünü oluşturur. Hücre içinde yapı unsuru ve enerji kaynağı olan maddelerin taşınması ve metabolik döngüler ancak bir çözelti ortamıyla mümkündür ve bu maddeler için en iyi çözücü sudur. Dolayısıyla susuz bir hayat mümkün değildir. Su, hayat için gerekli olduğu kadar, canlılar için gerekli besin zincirini oluşturan fotosentez döngüsü için de muhakkak gereklidir. Su, aynı zamanda bir temizlik aracıdır. Temizlik, insanın sosyal bir varlık olmasının ötesinde, sağlık için de temel şartlardan biridir. Yerüstü ve yeraltı sularını içme/kullanma amaçlı olarak

*Bu yazı, 2009 yılında TÜBİTAK-BİDEB’in düzenlediği Y.İ.B.O Öğretmenleri (Fen ve Teknoloji, Fizik, Kimya, Biyoloji ve Matematik) Proje Danışmanlığı Eğitimi Çalıştayı’nda Hasan Seçen tarafından verilen “Kimya Araştırmaları, Teknolojiye Aktarımı ve Önceliklerimiz’ konulu konferans sunumundan yeniden düzenlenerek kaleme alındı. Yazar, bu konferansını, 2010 yılında Erciyes Üniversitesi ve Bozok Üniversitesi Kimya Günü Etkinliklerinde ; 2011 yılında ise Erzurum Türk Ocağı’nda, Bayburt’ta düzenlenen Milli Eğitim Bakanlığı Kimya Yılı Etkinliklerinde , Erzurum’da yapılan II. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi’nde ve Atatürk Üniversitesi Nanoteknoloji Kulübü’nde de verdi.

insanların istifadesine sunmak kimyanın bir başarı öyküsüdür. Yerin yüzlerce metre dibindeki kuyulardan çekilen suların bile içme amaçlı olarak kullanılıp kullanılmayacağı, mikrobiyolojik analizlerin yanı sıra kimyasal analizlere de dayandırılmak, suyun kimyasal içeriğinde sorunlar olması durumunda, su, sorunlar giderildikten sonra kullanıma sunulmak durumundadır.

Hava, hayatın dört ana unsurundan ikincisidir. Hem bitkiler, hem de hayvanlar havasız yaşayamazlar. Bitkiler, suyla birlikte, havanın karbondioksit ve azotunu kullanarak hayat için gerekli protein, karbohidrat, yağ gibi birincil metabolitleri sentezlerken, hayvanlar da bitkilerin sentezlediği bu molekülleri yapı taşı ve enerji kaynağı olarak kullanarak hayatlarını sürdürürler. Kimyasal moleküllerin hava oksijeniyle yükseltgenmesi/yakılması canlılık için gerekli enerjinin kaynağını oluşturur. Hava kirliliği, hayat için büyük bir tehdit oluşturur. Karbondioksit ve metan gibi gazların atmosferdeki oranlarının artması, iklimlerin değişmesini de etkileyebilecek küresel ısınma sorunlarına yol açabilecek bir tehdit oluşturmaktadır. Burada daha temiz yakıt/enerji kaynakları üretmek suretiyle ekolojik dengenin korunmasında kimyanın önemli bir rolü vardır.

Toprak, anasır-ı erbaanın üçüncüsüdür. Bitkiler, kendileri için gerekli olan suyu ve mineralleri topraktan alırlar. Hayvanlar ise, canlılıklarını yitirdikten sonra bozunma ile bir taraftan atmosfer gazlarına, diğer taraftan da toprak maddelerine dönüşürler. Topraktaki element ve pH vb dengelerin korunması canlı hayatı için çok önemlidir. Kimya biliminin, toprakların verimliliğini artırma hususunda yaptığı katkı sayesinde, dünya tarımı, bugün 7 milyar insanı besleyebilecek bir konuma gelmiştir.

Eski filozofların “ateş” dediklerine biz bugün “enerji” diyoruz. Evlerimiz enerji ile ısınıyor, enerji ile aydınlanıyor. Buzdolabımız, derin dondurucumuz, TV alıcımız, bilgisayarımız, telefonumuz, enerji ile çalışıyor. Sokaklarımız enerji ile aydınlanıyor. Yemeklerimiz enerji ile pişiyor. Kara, deniz, hava taşıtlarımız enerji ile hareket ediyor. Sanayinin çarkı enerji ile dönüyor. Ateşi bulmasaydı, insanoğlu demiri, bakırı ve diğer metalleri de elde edemezdi. Kireç taşını, kirece dönüştüremez, çamurdan yaptığı kerpiçlerle yüzyıllarca dayanacak binalar, kaleler, sığınaklar yapamazdı. Silisyum dioksiti cama dönüştüremezdi. Kimya, enerjiyi kullanarak insan hayatı için çok gerekli metal ve diğer kimyevi maddelerden daha da ötesini gerçekleştirdi: Isı enerjisini, mekanik enerji ve elektrik enerjisine dönüştürdü. Bunun yararı ise tartışmaya gerek duymayacak kadar açıktır. Şimdi, devletler arasındaki gizli/açık çatışmaların çoğu yeryüzü enerji kaynaklarından daha çok pay almak için yapılıyor. Yeryüzünü daha yaşanılır bir gezegen kılmak, daha temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ortaya konulmasına bağlıdır. Bu açıdan, enerjiyi kullanarak kimyasal sentez; kimyasal maddeyi kullanarak enerji üreten bir bilim olan kimya, enerji çarkının dönmesini sağlamaktadır .

Sağlık ve Kimya

Genel bir sınıflamada hekimlik, koruyucu hekimlik ve tedavi edici hekimlik olarak ikiye ayrılır.

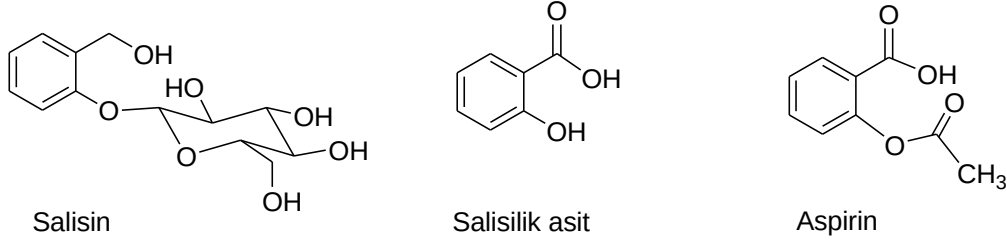
Hem sağlığı korumada, hem de tedavide kimyanın rolü büyüktür. Evlerimizde kullandığımız temizlik maddelerinin insan sağlığını korumada önemi büyüktür. Bu açıdan, sabunlar, şampuanlar, çamaşır ve bulaşık deterjanları, doğru kullanıldıklarında insan sağlığını korumada özel bir rolü vardır. Yine, sodyum hipoklorit, dördüncül amonyum tuzları, alkol, iyot, oksijenli su gibi antiseptiklerin de mikropalara karşı korunmada önemli yararları vardır. Aşıların olmadığı dönemlerde bir salgın hastalıkta milyonlarca insan hayatını kaybetmekteydi. Sivrisinek gibi insan sağlığını tehdit eden böceklerle mücadele pek çok ölümü önlediği gibi, yaşama kalitesinde de artışa neden olmuştur. Vitaminler, amino asitler, mineral hapları, bitki ekstreleri gibi diyet katkı maddesi olarak alınan maddelerin hazırlanmasında da kimyanın büyük bir rolü vardır. Şeker hastalarını şeker alma isteğini bastıran yapay tatlandırıcıların bu tür hastaların sağlıklarını korumada dolaylı katkıları vardır.

Tedavi edici hekimlikte, laboratuarlarda kullanılan tanı testlerinden tıbbî reçetelere varıncaya kadar her alanda kimyanın etkisi görülür.

İlaç geliştirme, diğer bilimlerin de önemli katkıları olmakla birlikte tasarım, sentez, izolasyon ve formülasyon açısından kimyanın bir ürünüdür. Bugün dünyada 40 bin ton civarında yıllık tüketimi olan ve reçetesiz satılan bir ilaç olan aspirinin “ilaç olarak” nasıl geliştirildiğine bir göz atmak bir ilaç molekülünün geliştirilmesindeki büyük emeği ve kimyanın katkısını anlamak için yararlı olabilir.

Söğüt ağacının yaprak ve kabuklarının kaynatılması ile hazırlanan çözeltinin bazı ağrıların tedavisinde kullanılışı Hipokrat zamanından beri bilinmekteydi. Söğüt ağacının aktif bileşeni olan salisin'in izolasyonu 1820'li yıllarda kimyacılar tarafından başarıldı. Bu kimyacıardan biri daha ileri bir şey yaptı: Salisin'i hidroliz ederek bir şeker molekülü ile aromatik bir bileşen ve aromatik bileşeni yükseltgeyerek salisilik asit adını verdiği bir madde elde etti. Daha sonra, 1830'lu yıllarda salisilik asidin keçisakalı bitkisinden de izolasyonu yapıldı. 1860'da kimyacı Kolbe sodium fenolatla karbon dioksiti basınç altında basınç altında birleştirerek salisilik asidi sentezle elde etmeyi başardı. Yöntem, salisilik asiti büyük ölçekte elde etmek için çok müsait olmasına rağmen salisilik asit mideye çok dokunmaktaydı ve tamponlanmadan ilaç olarak kullanılması mümkün değildi. Bu tamponlama işi için

en iyi formülasyonu 1899’da Bayer kimyacılarından Felix Hoffmann salisilik asidin asetil klorürle etkileştirilmesi suretiyle geliştirdi ve asetil salisilik asit “Aspirin” adıyla ilaç olarak piyasaya girdi.



Bayer’in “aspirin”inden bu yana gerek doğadaki bileşikler esas alarak, gerekse doğada benzerleri olmayan tamamen sentetik tasarımlarla ortaya konan pek çok molekül ilaç olarak kullanıma girdi. İlaç adayı bir molekülün *in vitro* deneylerden başlayıp, hayvan deneyleri, faz I, faz II, faz III, faz IV çalışmalarını başarıyla geçerek ilaç olarak üretime girmesi 10-15 yıllık bir süre ve milyonlarca dolarlık masrafı gerektirmektedir. Bu zamana kadar, kimya literatüründe kayda girmiş 50 milyon kimyasal bileşiğe rağmen, ilaç sayısının 5 bin civarında olduğu dikkate alınır, her 10 bin bileşikten yalnızca birisinin ilaç olabildiği görülür.

Fakat kimyanın insan sağlığına katkısını sadece ilaçlarla sınırlandırmak mümkün değildir. Hekimlikte teşhis (tanı), tedavi kadar önemlidir. En basit bir röntgen filmi bir kimya tasarımı olduğu gibi biyokimyasal testler de derin kimya bilgisiyle gerçekleştirilen süreçlerdir. Diğer yandan sterilizasyon için kullanılan kimyasallardan anesteziye ve enjeksiyon malzemelerine varıncaya kadar tıbbın her aşamasında kimyanın rolünü görmekteyiz.

Gıda, Tarım, Hayvancılık ve Kimya

Tarımsal üretimin artışında kimyasal ürünler olan inorganik gübrelerin çok önemli bir rolü oldu. Yan etkileri bilinmekle birlikte, tarımsal ürünlerin veriminde zirai ilaçların etkisi de tartışılmayacak kadar açıktır. Tarımsal ürünlerin depolanması, muhafazası, kullanıma sunulmasında gıdaları koruyucu, renklendirici ve tatlandırıcı kimyasallar kullanılmaktadır. Veteriner ilaçları, hayvanların daha sağlıklı olarak yetiştirilmesini imkân hazırlayarak, insan besin zincirinin korunmasına dolaylı katkıda bulunur. Bir gıdanın saflık düzeyini ve tüketim için uygun olup olmadığını kimyadaki enstrümantal analitik metotların ilerlemesi sayesinde anlayabiliriz. Etik boyutları tartışılmakla birlikte biyokimyanın tarımsal bir uygulaması olan GDO’lu gıdalar, gelecekte insan besin zincirinde bugünkünden daha önemli bir role sahip olacak gibi görünmektedir.

Ulaşım ve Kimya

Tamamen bir kimya ürünü olan yakıtları bir tarafa bırakalım, herhangi bir kara, hava ve deniz taşıtının hemen her parçasının imalatında materyal bilgisi, onun da arkasında kimya bilgisi vardır. Kimya bilimi hafif ve dayanıklı bir metal olan alüminyum ($2,70 \text{ g/cm}^3$) ekonomik olarak piyasaya sürecektir bir süreç geliştirmemiş olsaydı, başka malzemelerden yapılan hava taşıtlarıyla gökyüzünde hangi yüksekliklerde ve ne kadar hızla uçabilirdik? Ya, kara taşıtlarının tekerleri? Tamamen bir kimya ürünü olan lastik tekerlerin olmadığı bir kara aracı ne kadar hız yapabilirdi? Tekerler için başka malzemeler geliştirilse bile, demir tekerlerde olduğu gibi bu malzemelerin sürtünmeyle oluşturduğu gürültüyü nasıl yenebilirdik? Arabalardaki konvertörler olmasa, yanmamış olarak atılan yakıtların ve karbon monoksitin bir şehri ne hale getireceğini düşünebiliyor musunuz?

Evimizde Kimya

Önce binaların araç ve gereçlerine bakalım. Beton blokları ayakta tutan demir ve çimento kimya ürünüdür. Duvar boya, kapı ve pencerelerdeki vernikler, kimya ürünleridir. Mutfaklarda kullanılan çelik tencereden cam bardağa kadar hemen her malzeme bir kimya ürünüdür. Mutfakta kullanılan tuz, şeker, yağ, vb birçok gıda ürünü, doğal halleriyle değil, kimyasal bir süreçle saflaştırılarak pazara sunulmuştur. Mutfaktaki LPG tüpü, butan ve propan karışımı hidrokarbonları içerir ve bu gazlar kimyasal bir süreçle elde edilmişlerdir. Ev aletlerini çalıştıran elektrik, evimize bakalitle kaplı bakır tellerle taşınır. Derin dondurucu ve buzdolaplarının soğutma işlemi soğutucu gazlar sayesinde. Sabunlar, şampuanlar, kimya ürünleridir. Çamaşır makinesi, temizlik işlemini deterjan sayesinde yerine getirir; yine kirece karşı makineler ve su ısıtıcılarında kireç çözücüler kullanılır. Kitaplığımızdaki kitabın, evimize günlük olarak gelen gazetenin kâğıdı, mürekkebi, kimya ürünleridir. Kolonyalar, parfümler, kremler ve diğer kozmetikler yine kimya ürünleridir. Giydiğimiz ayakkabının derisinde; elbisenin, çorabın elyafında ve boyasında da kimya vardır.

Elektrik, Elektronik, Bilgisayarlar ve Kimya

Doğal elektrik, Kadim Yunan'dan beri bilinmesine rağmen onun pek çok özelliğinin ortaya çıkarılması 19. yüzyılda gerçekleştirilmiştir. Elektrolizden elektrik motorlarına varıncaya kadar elektriğin pek çok pratik uygulamasının ortaya konulmasında tamamen bir kimya tasarımı olan voltaik pillerin tetikleyici bir etkisi olmuştur.

Elektrik enerjisinin aydınlatma amacıyla ilk kullanan kişinin 1802’de Humphry Davy olduğu söylenir. Davy, yaptığı deneyde, çok ince platin bir telden elektrik enerjisi geçirdiğinde çok da parlak olmayan bir ışık elde etmişti. Davy’nin deneyinden Edison lambasına gelinceye kadar pek çok malzeme ile vakumlu, vakumsuz ortamlarda denemeler yapıldı. 1880’de Edison karbon fitilli uzun ömürlü ilk lambayı imâl etmeyi başardı. Bugün evlerde kullandığımız tungsten fitilli lambaların imalatı ise 1904’de bir Macar ticari şirketi “Tungsram” tarafından gerçekleştirildi. Yenilikler yirminci yüzyıl boyunca da birbirini izledi, sırasıyla floresan lambalar, halojen lambaları, LED lambalar hayatımıza girdi. Bütün bu malzemelerin geliştirilmesinde kimyanın doğrudan veya dolaylı katkıları oldu.

İlk bilgisayarlar, bir odayı dolduracak kadar çok malzeme içermekte, ancak bugünkü basit bir hesap makinesinin yapabildiği hesaplamaları yapabilmekteydi. Daha sonra, transistörler, entegre devreler ve mikroçiplerin kullanıma girmesiyle masaüstü bilgisayarlar geliştirildi ve bu alanda yenilikler birbirini takip etti. Bu malzemelerin geliştirilmesinde fizik / elektrik / elektronik gibi alanların kimya ile yaptığı işbirliğinin çok büyük bir rolü vardır.

Bugün Hesap makinesinden bilgisayara, TV alıcısından cep telefonuna elektronik malzeme insan günlük hayatının ayrılmaz bir parçası hâline geldi. Mikro boyuttaki elektronik malzemelerin nano boyuta küçültülmesi için çalışan yeni bir bilim alanı olan nanobilimin de temel dayanaklarından birisi kimya bilimidir.

Millî Savunma ve Kimya

Kimyanın önemli temas alanlarından biri de millî savunmadır. Savaş istenmeyen bir şeydir ama çıktığında ya ölmek ya da savaşı kazanmaktan başka seçenek bırakmaz. Savaşa hazırlanmak sadece savaşı kazanmak için değil, barışı korumak için de gereklidir. Karşısında tahrip gücü çok yüksek bir savaş makinesi olan herhangi bir güç, barışçıl bütün yolları tüketmeden, savaşa girmeye cesaret edemez.

M.Ö. 3600’lerde başlayan bronz çağı (bronz, bakır/kalay alaşımıdır) metal malzemeyle birlikte metalik silahların da yapılmaya başlandığı yıllardır. Çinlilerin 10 yüzyıl başlarında kara barutu keşfi ile savunma sanayiine patlayıcılar da girdi. Kara barut, odun kömürü, kükürt ve güherçile karışımıyla hazırlanmasına rağmen 19. yüzyılda özellikle kimyadaki büyük ilerleme ile birlikte pek çok yeni sentetik patlayıcı kimyasal geliştirildi. Kara barut da dahil, patlamalar, ısı ve gaz açığa çıkaran kimyasal tepkimelere dayanır. Kimyanın savunma sanayine katkısı sadece patlayıcılarla sınırlı değildir. Uçak ve füze yakıtları, hava araçlarının radardan korunması amacıyla kullanılan kaplama

malzemeleri, zırhlı taşıyıcılar, gece görüş kameraları, zehirli gazlara karşı kullanılan gaz maskeleri ve antidot iğneler, yaralanma esnasında kanamayı yavaşlatan veya durduran kimyasallar, vb. pek çok uygulama ile kimya, milli savunmanın ayrılmaz bir parçasıdır.

Kimyanın Bugünü ve Yarını

Kimyanın Türkiye ve dünyadaki durumunu ele alan iki önemli ulusal stratejik belge bulunmaktadır. Bu belgelerden birincisi “Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi Kimya Paneli Raporu”dur. Farklı akademisyen, sanayici ve bürokratların görüşleri de alınarak TÜBİTAK’ın öncülüğünde bir panel tarafından 2003 yılında hazırlanan rapor, 2003-2023 dönemini kapsayan 20 yıllık süreçte Türkiye’nin yapması gereken atılımları ele almaktadır. İkinci stratejik belge, Devlet Planlama Teşkilatı’nın katkılarıyla Türkiye Bilimler Akademisi tarafından 2005 yılında hazırlanan “Temel Bilimler Öngörü Çalışması Raporu”dur. Kimya Paneli’ni yanı sıra, Astronomi ve Uzay Bilimleri Paneli, Biyoloji Paneli, Fizik Paneli, Matematik Paneli, Yer Bilimleri Panellerinin değerlendirmelerinin yer aldığı bu rapor, adı geçen temel bilim alanlarında Türkiye’nin önceliklerini ele almaktadır.

Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi Kimya Paneli Raporu’nda dile getirilen bazı önemli hususlar şunlardır:

- Kimya sanayii; enerji, tarım, sağlık, ulaştırma, gıda, inşaat, elektronik, tekstil ve çevre koruma gibi alanlara sağladığı yüksek katma değer içeren ürünleri nedeniyle ve yine bu sektörlerle sunduğu teknolojik yenilikleriyle, lokomotif bir sektördür.
- Kimya sanayii ürünlerinin yalnızca %30’luk kısmı nihai tüketici, %70’lik kısmı diğer sektörler tarafından kullanılır. Kimya sanayi gelişmeden, diğer sanayi alanlarının gelişmesi mümkün değildir. 2023 yılında dünyanın ilk 10 ekonomisi arasına girmeyi hedefleyen Türkiye’nin, kimya sanayisinde de ilk 10 ülke arasına girmesi gerekir.
- Refah toplumu oluşturmada kimya sanayinin önemli bir rolü vardır ve kimya sanayinde çalışan başına oluşturulan katma değer, bazı sanayi alanlarının 3 katına kadar çıkmaktadır. (AB ortalaması: Tekstil-tekstil ürünleri 30 bin EU; Makine-ekipman:52 bin EU; Kimya 93 bin EU).
- Kimya sanayii, satış gelirleri üzerinden AR-GE’ye ayrılan payın en yüksek olduğu sanayi alanlarından biridir (ABD: %6,9; Japonya:%5.8; AB ortalaması: %4.9). Bundan dolayı, ülkemiz kimya sanayiinin yüksek teknoloji ürünleri ithalat-ihracat dengesindeki açığın kapatılabilmesi için AR-GE’ye ayrılan payın artırılması gerekir.
- Dünyanın artan nüfusu; beslenmeden, sağlık ve barınma, haberleşme ve ulaşım kadar daha kaliteli yaşam isteği; doğal kaynakların azalması; daha verimli teknolojiler, yeni enerji kaynakları, enerji depolama ve dönüşüm sistemleri, çevre dostu geri kazanılabilir ürünlere

duyulan ihtiyaç kimya sanayine ve kimya sanayi ile diğer alanların işbirliği talebini artıracaktır.

Temel Bilimler Öngörü Projesi Raporu'nda kimya panelinin çalışmaları değerlendirme bölümünde çoğunluğunu akademisyenlerin oluşturduğu 70 katılımcının görüşleri arasında öne çıkan alanlar şu şekilde özetlenmektedir:

- Ar-Ge birimlerinin tümünün uluslararası akreditasyona sahip olması,
- Kimya sanayiinde yerli hammadde ve bilgiye dayalı üretimin payının artması ve bununla ilgili olarak da ileri teknoloji malzemelerinin üretilmesi ve geliştirilmesi konusunda ülke ihtiyaçlarının büyük bir bölümünün karşılanarak kendine yeterli duruma getirilmesi,
- Polimer yapıda ürünlerde uluslararası düzeyde pazar payının artması,
- Öz kaynakların değerlendirilmesinde bor ürünleri alanında uluslar arası düzeyde lider konuma gelinmesi, pek çok malzeme için de gerek iç piyasada yeterli gerekse uluslararası piyasada iddialı konuma gelinmesi ve Türkiye'nin dünyanın bor ürünleri üretim merkezi durumuna gelmesi

Raporda, öngörülen çalışmaların kısa vadede gerçekleştirilebilirliği konusunda bir görüş oluşmadığı, ancak, 2015-2020 yılları arasında bu hedeflerin gerçekleştirilebileceğinin öngörüldüğü ifade edilmektedir.

Son yıllarda, Türkiye'nin dünyada ve bölgesinde güçlü bir devlet olma kararlılığı ile 2023 yılında dünyanın ilk 10 ekonomisi arasına girme hedefi, sıklıkla dile getirilmektedir. Ülkenin bu hedefe bilim, teknoloji ve yenilik eksenli bir ekonomik yapıyla ulaşabileceği hususundaki ortak anlayış ile eğitim/öğretim, insan kaynakları, girişimcilik ve proje esaslı AR-GE desteklerine önemli kaynaklar aktarılması, ülkemiz kimya sanayinin geleceğine de ümitle bakmamızı gerektiriyor.

1. Breslow, L. (1997). Chemistry Today and Tomorrow. The Central, Useful, and Creative science. American Chemical Society, Washington DC.
2. Pimentel, G. C.; Coonrod, J. A. (1987) Opportunities in Chemistry Today and Tomorrow. National Academy Press, Washington DC.
3. Role of Chemistry in Daily Life. <http://www.scribd.com/doc/61802681/Role-of-Chemistry-in-Daily-Life>.
4. History of Aspirine. <http://inventors.about.com/library/inventors/blaspirin.htm> 27.01.2012 çevrimiçi erişim.
5. Incandescent Light Bulb. http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb
6. TÜBİTAK. (2003). Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi Kimya Paneli Raporu. Ankara. http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/kimya/kimya_son_surum.pdf
7. TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ. (2005). Temel Bilimler Öngörü Çalışması (Özet). Ankara. http://www.inovasyon.org/getfile.asp?file=TUBA.Ongoru_TemelBilimler_Ozet.pdf