

# Nonradyoaktif ve radyoaktif izotoplar

Dr. Şebnem TUĞCU<sup>1</sup>, Dr. Ali ÖZDEN<sup>2</sup>

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı<sup>1</sup> ve Gastroenteroloji Bilim Dalı<sup>2</sup>, Ankara

**T**üm maddeler atomlardan yapılmıştır. Atom maddenin tüm özelliklerini kaybetmeden parçalanabilecek en küçük parçasıdır, ortasında pozitif yüklü bir çekirdek etrafında ise muhtelif enerji düzeylerinde (katmanlarında) dolaşan negatif yüklü elektronlardan oluşur. Çekirdek içi temel parçacıklar ise pozitif yüklü protonlar ile yüksüz olan nötronlardır.

Protonlar pozitif yüklü oldukları için birbirlerini iterler, nötronların bir görevi de onları bir arada tutmaktır, bu nedenle proton sayısı kadar nötrona ihtiyaç vardır. Nötronları protonlarından fazla olan çekirdekler çoğunlukla parçalanır.

Bir atomun çekirdeğindeki proton sayısı (p) onun atom numarasıdır ve Z harfi ile temsil edilir, "proton + nötron sayısı" ise kütle numarasını oluşturur ve A harfi ile temsil edilir. Atomun kütle numarası ait olduğu elementin belirlenmesine yardımcı olur.

Bir başka deyişle kütle numarasını bildiğimiz atomun hangi atom olabileceğini az çok tahmin edebiliriz. Atom ağırlığı kütle spektrometreleri ile ölçülür.

Aynı elementin proton sayısı (Atom numarası) aynı nötron sayısı(kütle numarası) farklı olan formlarına İZOTOP adı verilir.

<sup>12</sup>C : 6 nötron + 6 proton

<sup>13</sup>C : 7 nötron + 6 proton

<sup>14</sup>C : 8 nötron + 6 proton

• Aynı proton sayısına sahip olduklarından aynı kimyasal özelliklere sahiptirler.

• Farklı kütle numaraları olduğu için farklı atom ağırlığına sahiptirler.

İzotoplar kararlı (stabil) veya kararlı (radyoaktif) olabilirler. Radyoaktif olan izotoplara radyoizotop adı verilir.

Bir atomun sağlamlığı 2 etmene bağlıdır.

## 1. Çekirdeğindeki proton ve nötron sayıları

Bir atomda n/p oranı 1'e ne kadar yakınsa atom o kadar kararlıdır.

## 2. Bağlama enerjisi

Elementin kütle numarası arttıkça bağlanma enerjisi ve stabilitesi azalır. Periyodik tabloda yalnız 21 element saf elementtir, yani sadece bir stabil izotopu vardır. Diğerlerinin en az 2 izotopu vardır.

Karbonun 2 stabil izotopu haricinde çok az miktarda olan radyoaktif izotoplarından <sup>14</sup>C en uzun yarı ömürlü olanıdır, yarı ömrü 5730 +/- 40 yıldır. <sup>14</sup>N atomları kozmik ışınların atmosferdeki gazlarla etkileşimi sonucunda oluşan nötronlarla etkileşerek, <sup>14</sup>C'e dönüşür. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> molekülünde bulunan radyoaktif C karbon çevrimine girer. Yeşil bitkilerce soğrulur besin zinciri ile, hayvanlara geçer bu arada sürekli bozunma gösterir, canlı hava ve besin aldığı sürece radyokarbon bozunmanın yerine gelir canlı ölünce bu olay durur ve dokulardaki radyokarbon bozunarak azalır( bundan yararlanılarak fosillerin yaşı hesaplanmaya çalışılır).

**Tablo 1. Elementler ve izotopları**

Element	1. İzotop	2. İzotop	3. İzotop
Hidrojen	<sup>1</sup> H% 99.985	<sup>2</sup> H % 0.015	
Karbon	<sup>12</sup> C % 98.892	<sup>13</sup> C %1.108	
Nitrojen	<sup>14</sup> N% 99.633	<sup>15</sup> N%0.366	
Oksijen	<sup>16</sup> O%99.759	<sup>17</sup> O%0.037	<sup>18</sup> O %0.2039
Sülfür	<sup>32</sup> S% 95.018	<sup>34</sup> S% 4.215	

## İZOTOPLAR

- Arkeoloji
- Balıkçılık
- Okyanus ve atmosfer araştırmaları
- Jeoloji ve endüstriyel arařtırmalar
- Biyoloji
- Tıp
- Zirai araştırmalar ve daha birçok alanda kullanılır.

## RADYOAKTİF İZOTOPLAR

Çekirdeđi kararsız olan atomlar ışınlar yaparak daha kararlı atomlara dönüşürler. Radyoaktif izotoplar doğal olarak bulunabildikleri gibi yapay olarak da elde edilebilirler.

Güneş, uzay, yer kabuğu hatta insan vücudunda bile doğal radyoaktif maddeler bulunmaktadır. İnsan vücudunda <sup>14</sup>C ve <sup>40</sup>K radyoizotopları mevcuttur.

Radyum, uranyum, polonyum, samaryum, godolinyum... gibi birçok doğal radyoaktif madde bulunmaktadır. Radyoaktif bir maddenin başlangıçtaki miktarının yansına inmesi için geçen süreye yarı ömür denir, yarı ömrü ne kadar kısa ise çekirdek o kadar kararsızdır.

## RADYASYON ŞEKİLLERİ

### 1. Partiküler radyasyon

Alfa (α) ve beta (β) radyasyonları partiküler tanecik tipinde radyasyonlardır.

### 2. Elektromanyetik radyasyon

Gama (γ) ve X ışınları gibi enerjinin uzayda ışık hızıyla titreşerek yayılırlar.

## RADYONÜKLİDLERİN ÜRETİMİ

### 1. Nükleer reaktörler

Bir nükleer reaktörde zenginleştirilmiş <sup>235</sup>U ve

doğal <sup>238</sup>U den oluşan bir çekirdek vardır. <sup>235</sup>U spontan olarak bölünmeye uğrar, 2 hafif çekirdek ve 2-3 nötron oluşur bu nötronlar diğer uranyum atomlarını bombardıman eder böylece bir dizi nötron ve bunların bombardımanı ile çeşitli radyonüklidler oluşur.

### 2. Parçacık hızlandırıcılar

Bu aletler proton, nötron alfa parçacıkları gibi yüklü parçacıkları çok yüksek enerjilere hızlandırarak atom çekirdeği veya yörüngedeki parçacıklarla etkileşmelerini sağlarlar.

- Lineer hızlandırıcılar (doğrusal yönde hızlandırır)
- Siklotron (dairesele yönde hızlandırır)

### 3. Nükleer Jeneratörler

Ana – kız radyonüklid çiftini özel bir yöntemle ayıran ve kız radyonüklidi kullanıma hazır hale getiren sistemlerdir. Ana ürün radyoaktif bozunmaya uğradıkça kız ürün oluşur.

## NONRADYOAKTİF İZOTOPLAR

Nonradyoaktif izotopların çekirdekleri kararlıdır ışınım yapmazlar. Radyoaktif olanlar gibi doğal ve yapay olarak bulunabilirler.

Yađmur suları, kayalar, atmosfer hatta yiyecek ve içeceklerimizde doğal olarak bulunabilirler.

**Bal** <sup>13</sup>C

**Vanilya** <sup>13</sup>C

**Portokal / elma suyu** <sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H

**Sitrik asit** <sup>13</sup>C, <sup>2</sup>H

gibi örnekler verilebilir.

Stabil izotoplar bugün birçok alanda kullanılmaktadır.

- Jeotermal
- Mineral, petrol, doğalgaz
- Hidroloji ve toprak kimyası
- Biyoloji
- Tıp
- Çevre bilimleri örnek gösterilebilir.

## STABİL İZOTOPLARIN ÜRETİMİ

Calutron denilen makinelerde elektromanyetik olarak zenginleştirilmiş <sup>88</sup>St, <sup>203</sup>Tl, <sup>68</sup>Zn gibi stabil izotoplar üretilir, bunlar da medikal uygulamalarda

kullanılan diğer stabil izotopların üretiminde kullanılır.

Gastroenterolojide organ fonksiyonları, besinlerin absorpsiyonu ve bakteriyel kolonizasyonu göstermek için  $^{13}\text{C}$  Stabil izotop nefes testleri kullanılmaktadır.

Nefes testleri için kullanılan  $^{13}\text{C}$  ile işaretli substratlar 2 şekilde elde edilebilir.

**1. Biyokimyasal sentez (%95in üzerinde bağlanma söz konusudur, en sık bu yolla üretilirler.)**

**2. Doğal  $^{13}\text{C}$  içeren bileşikler (%0.02 oranında bağlanma söz konusudur.)**

$^{13}\text{C}$  ile yüksek oranda zenginleştirilmiş materyal kullanılacağı zaman işaretli olmayan substratlarla dilüe edilir, fakat doğal olanlar için böyle bir işleme gerek yoktur.

Kullanılacak  $^{13}\text{C}$  miktar  $^{13}\text{C}$  artışının gösterilebileceği standart bazal değerinin 2-3 katı olmalıdır.

## YÜKSEK ORANDA $^{13}\text{C}$ İÇEREN BESİNLER

- Mısır ve mısırdan üretilmiş besinler
- Şeker kamışı
- Konserve yiyecekler
- Ekzotik meyveler
- Bal
- Vanilya gibi besinlerdir.

Doğada  $^{13}\text{C}$  %1.108,  $^{12}\text{C}$  %98.892 oranında bulunur. Bazal nefeste üretilen toplam karbondioksitin %0.03'ü  $^{13}\text{C}$  içeren karbondioksittir ve bu miktar gün boyunca alınan  $^{13}\text{C}$ 'den zengin gıdalarla dar bir aralıkta dalgalanmalar gösterir. Alınan  $^{13}\text{C}$ 'den zengin gıda miktarı bazı yazarlar tarafından önemsiz kabul edilirken bazıları ise test öncesi açlık ve testten bir gün önce  $^{13}\text{C}$ 'den zengin gıda tüketimini yasaklayarak bazal  $^{13}\text{C}$  düzeyini normalize etmeye çalışmaktadır.

**Tablo 2. IRMS ( Isotop Ratio Mass Spectrometer) ve NDIRS (Non-Dispersive Isotop Selective Infra Red Mass Spectrometer) ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması**

Özellik	IRMS	NDIRS
Büyüklik	45x32x30cm	55x61x78cm mass spec. 51x58x50cm autosampler
Ağırlık	12kg	90kg
Otomatik	8 örnek	220 örnek
Nefes örneği	1200ml aliminyum nefes torbası	10 ml cam tüp
Analiz süresi	90 saniye	6 dakika
Fiyat (1996)	40 000 dolar	115 000 dolar

## ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

- **IRMS (Isotop ratio mass spectrometer)**
  - **NDIRS (Non dispersive isotop selective mass spectrometer)**
  - **LASER SPEKTROMETRE**
  - **GC/IRMS (Gas cromotografi +mass spectrometer)**
- gibi aletlerle ölçülür.

$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  oranı bu ölçümlerde  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  referans oranı olarak uluslararası PDB standardı kullanılır. PDB standardı olarak güney Carolina da Pee Dee Belemnite formasyonundaki kireç taşı alınır bu taşta  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  oranı % 1.1237 olarak hesaplanmıştır.

**NDIRS : (Non Dispersive Isotop Selective infrared mass spectrometer)**

Ucuz

Hızlı

Uzman ekip gerektirmemesi

Daha küçük olması ve sonuçlarının IRMS ile korele olması gibi özellikleriyle IRMS'e alternatiftir fakat daha fazla nefes örneğine ihtiyaç duyulması (en az 500 cc) özellikle çocuklarda ve alete uyum sağlayamayan yetişkinlerde problem oluşturmaktadır.

Büyük merkezler için IRMS ve LASER SPECTRO-METRE önerilirken küçük merkezler ve doktor ofisleri için NDIRS önerilmektedir.

---

## KAYNAKLAR

1. Doç. Dr Mustafa Demir Nükleer tıp fiziği ders kitabı, İÜ. Cerrahpaşa tıp fakültesi İstanbul 2000 ISBN:975-404-5763 Rektörlük yayın no:4252.
2. Ali Görpe, Sema Cantez Pratik Nükleer Tıp 1992 İstanbul tıp fakültesi vakfı.
3. James A Sorenson, Michael E.Phelps, Ph .D Physics in Nucleer Medicine second edition copyright ©1987 by Grune & Stratton, Inc.
4. Peter Schadewaldt, Bernd Schommartz, Gregor Wienrich, Herbert Brösicke, Ralf Prolot and Dan Ziegler Application of isotope –selective non dispersive infrared spectrometry (IRIS) for evaluation of C13 Octanoic acid gastric-emptying breath tests: comparison with isotope ratio-mass spectrometry (IRMS).
5. Mass trace products page Mass Trace Inc: Stable isotope products and services.
6. Joanne K. Kelleher, Ph.D Cambridge isotope laboratories, Inc.Isotopmer Analysis Using Mass spectrometry.
7. Isotopes in water and enviromental management . What are isotopes and what can be learned from them?
8. F .Stellaard, B.Geypens European interlaboratory comparison of breath 13CO2 analysis Gut 1998 ;43 (suppl3) :S2-S6.
9. B.Braden F .Scahäfer .W.F .Caspary & B.Lembcke. Nondispersive isotop selective infrared spectroscopy: A New analytical method for 13 C –urea breath test.Scandinavian journal of gastroenterology 31 (1996) 442-445.