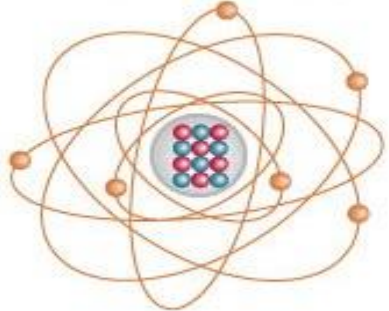


RADYASYON, RADYOAKTİF İZOTOPLAR (RADYONÜKLİDLER) VE BESİNLERİN IŞINLANMASI

KARBON ELEMENTİNİN İZOTOPLARI

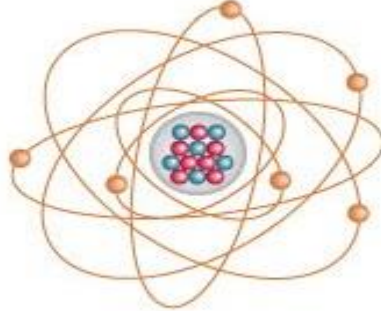
NORMAL KARBON ELEMENTİ



Karbon-12

6 nötron
6 proton
(kararlı)

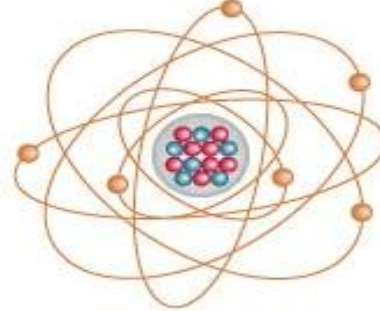
İZOTOP



Karbon-13

7 nötron
6 proton
(kararlı)

RADYOİZOTOP



Karbon-14

8 nötron
6 proton
(kararsız, radyoaktif)



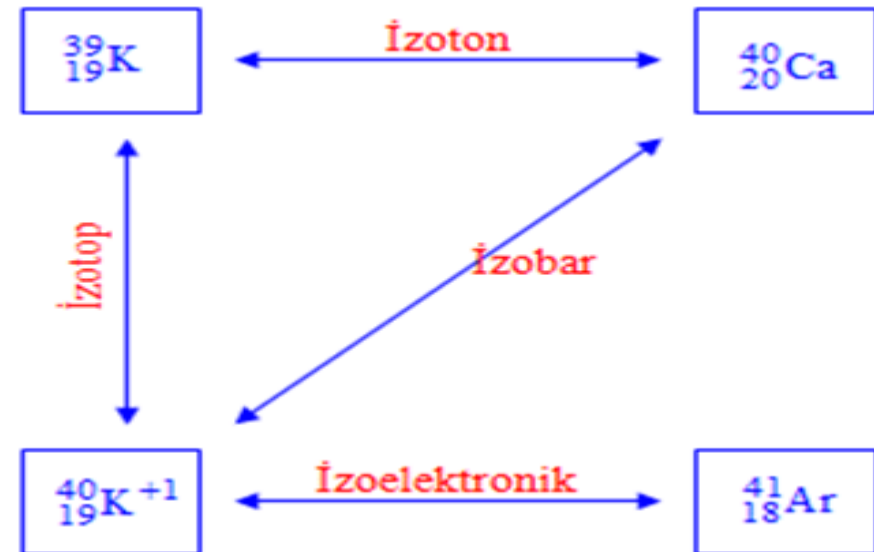
RADYASYON VE RADYOAKTİF İZOTOPLAR (RADYONÜKLİDLER)

GİRİŞ:

- Radyasyon hayatın bir gerçeğidir. Radyasyonun doğal olarak her yerde bulunduğu bir dünyada yaşıyoruz.
- Güneşteki nükleer reaksiyonlardan kaynaklanan ışık ve ısı varlığımız için gereklidir.
- Radyoaktif maddeler çevrede doğal olarak bulunur.
- Vücudumuz C-14, K-40, Po-210 gibi doğal olan radyoaktif maddeleri içerir.

RADYASYON VE RADYOAKTİF İZOTOPLAR (RADYONÜKLİDLER)

- **Radyoaktivite:** Kararlı olmayan atomların radyasyon yayarak başka atomlara dönüşme olayını tanımlar.
- **Radyasyon:** Bu dönüşüm sırasında açığa çıkan enerjidir.
- **İzotop:** Proton sayıları aynı (elektron sayıları), nötron sayıları farklı atomlara «**izotop atomlar**» denir.



RADYASYON VE RADYOAKTİF İZOTOPLAR (RADYONÜKLİDLER)

- Doğada 4 radyonüklid seri bilinmektedir. Bunlar:
- **Thoryum** serisi, Kurşun 208 e kadar
- **Aktinyum** serisi, kurşun 207 ye kadar,
- **Uranyum** 238 serisi, kurşun 206 ya kadar,
- **Neptunyum** serisi ise Bizmut 209 a kadar parçalanarak kararlı hale ulaşırlar.
- **U (Uranyum), Th (Toryum), α , β ve γ** gibi tanecik ve ışınları vererek daha kararlı hale geçerler.

RADYASYON ÇEŞİTLERİ-I

Radyasyon, “iyonlaştırıcı” ve “iyonlaştırıcı olmayan” radyasyon olmak üzere ikiye ayrılır.

İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilen radyasyon demektir. İyon meydana gelmesi yani iyonizasyon olayı herhangi bir maddede meydana gelebileceği gibi insanlar dahil tüm canlılarda da oluşabilir.

- **İyonlaştırıcı radyasyon** (Atomlardan elektron sökebilen)
 - * X-ışınları (Röntgen Işınları)
 - * Gama (γ) ışınları
 - * Alfa (α) Parçacıkları
 - * Beta (β) Parçacıkları
 - * Nötron Parçacıkları

- **İyonlaştırmayan radyasyon** (Atomlardan elektron sökemez)
 - * Radyo Dalgaları
 - * Mikro Dalgaları
 - * Kızıl ve Mor Ötesi ışıklar
 - * Görünür Işık

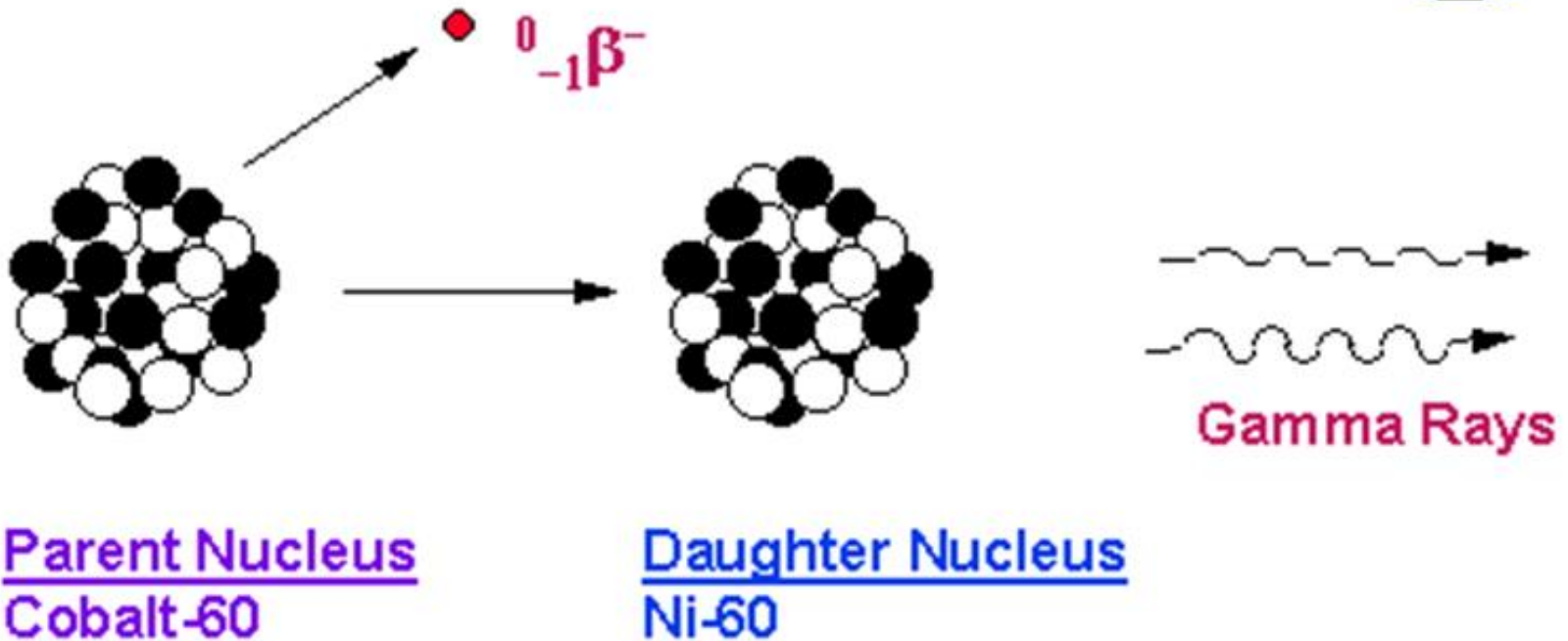
RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

Gama (γ) Işınları:

- X-ışınlarına benzer, fakat dalga boyu (λ) uzunluğu ($< 1 \text{ \AA} = 10^{-11}$ ila 10^{-9} cm arası) daha küçük olduğundan penetre özellikleri çok fazladır. ($1 \text{ \AA} = 10^{-8}$ cm)
- Havada 1-2 km ilerleyebilirler.
- 7-8 cm kalınlığında Pb, 30 cm kalınlığında çelik levhalar tarafından şiddetleri azaltılır (%98 kadar).
- γ ışınması, primer bir ışınma değildir. Genelde diğer ışınlarla beraber olur.

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

Gamma-Ray Radiation



RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

Alfa, Beta ve Gama Işımaları

Parçacık	Sembolü	İçeriği	Yükü	Etkisi
alfa	$\alpha({}_2^4\text{He})$	2 proton 2 nötron	+2	Çekirdek kütle kaybeder yeni element oluşur.
beta	$\beta^-({}_{-1}^0\text{e})$ $\beta^+({}_1^0\text{e})$	elektron pozitron	-1 +1	Çekirdeğin kütle numarası değişmez, yeni element oluşur.
gama	γ	foton	0	Atom enerji kaybeder.

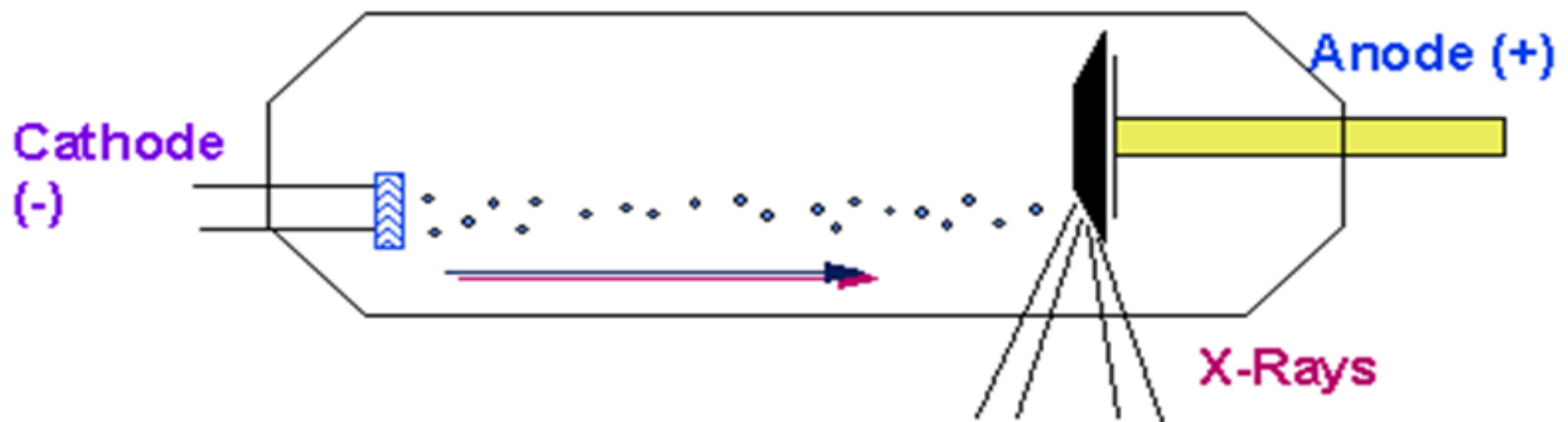
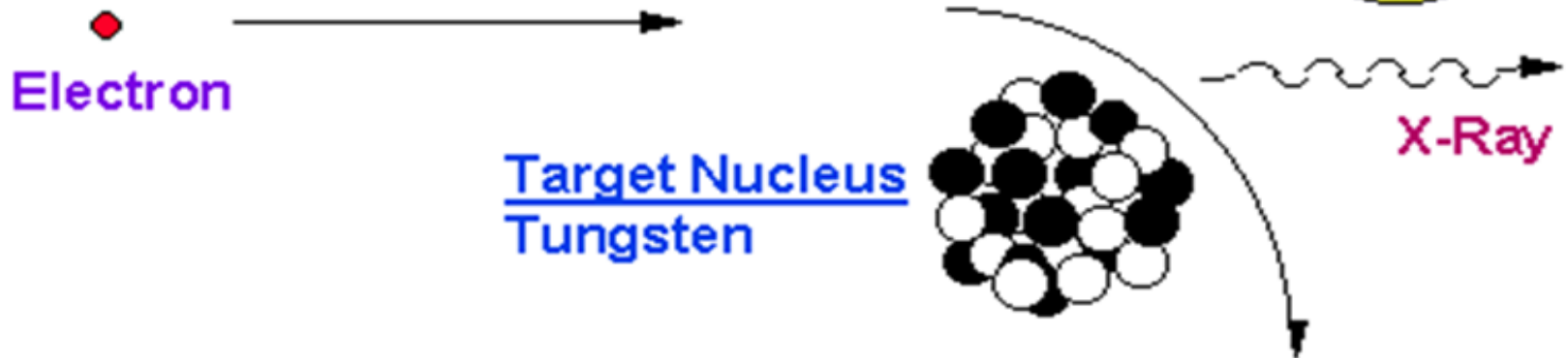
RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

X Işınları (Röntgen Işınları):

- Bir elektrik devresinde metal anodun, elektronlarla bombardımanı sonucu meydana gelen X-ışınlarının nüfuz yeteneği, X-ışını tüpüne uygulanan voltaj şiddetine bağlıdır.
- Örneğin, 400 KeV (kilo elektron-volt) şiddetindeki X-ışını, 15 mm kalınlığında Pb levha tarafından tutulur.
- X ışınlarının dalga boyu uzunlukları $(\lambda) = 1-100 \text{ \AA}$ arasındadır.

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

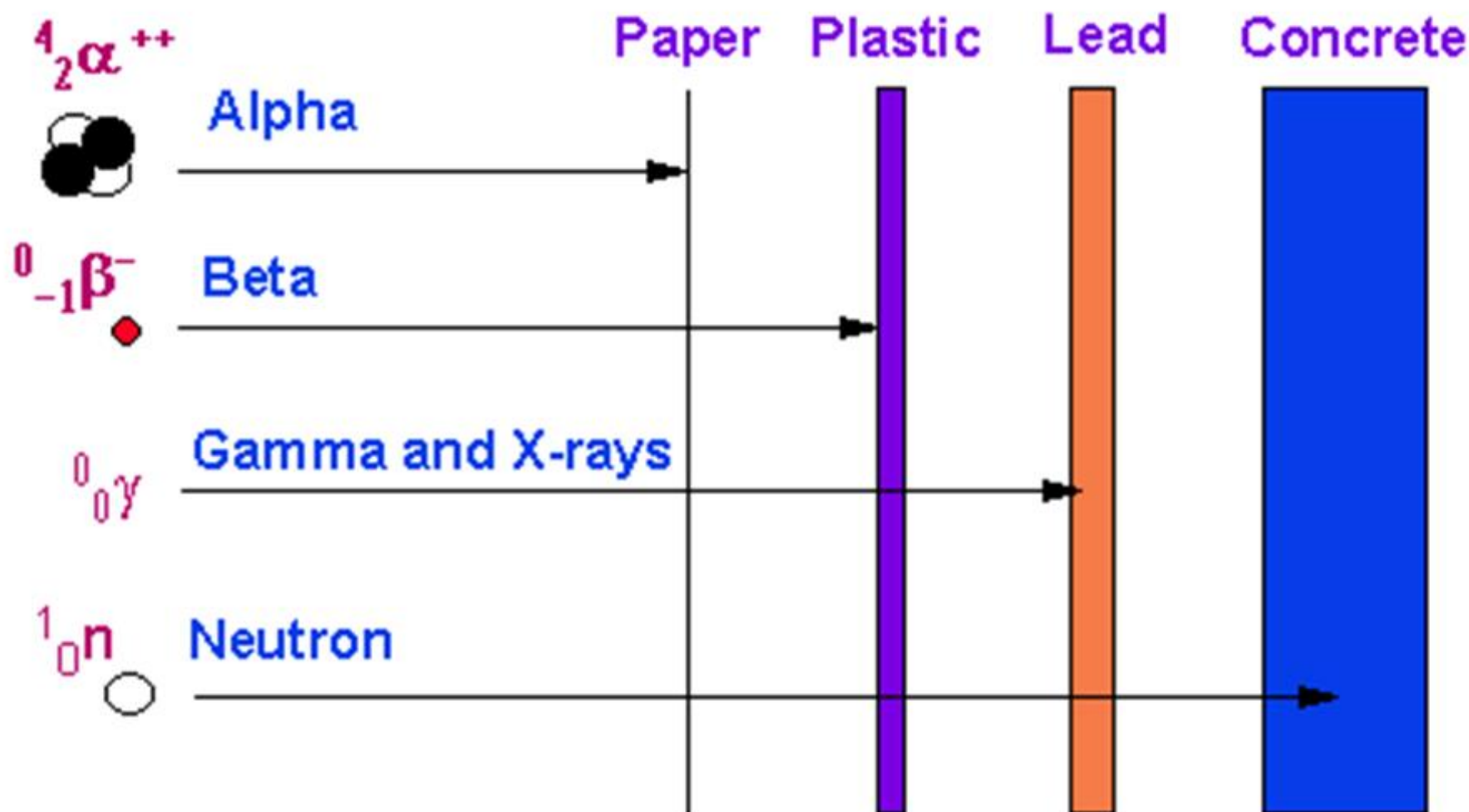
X-Ray Production (Bremsstrahlung)

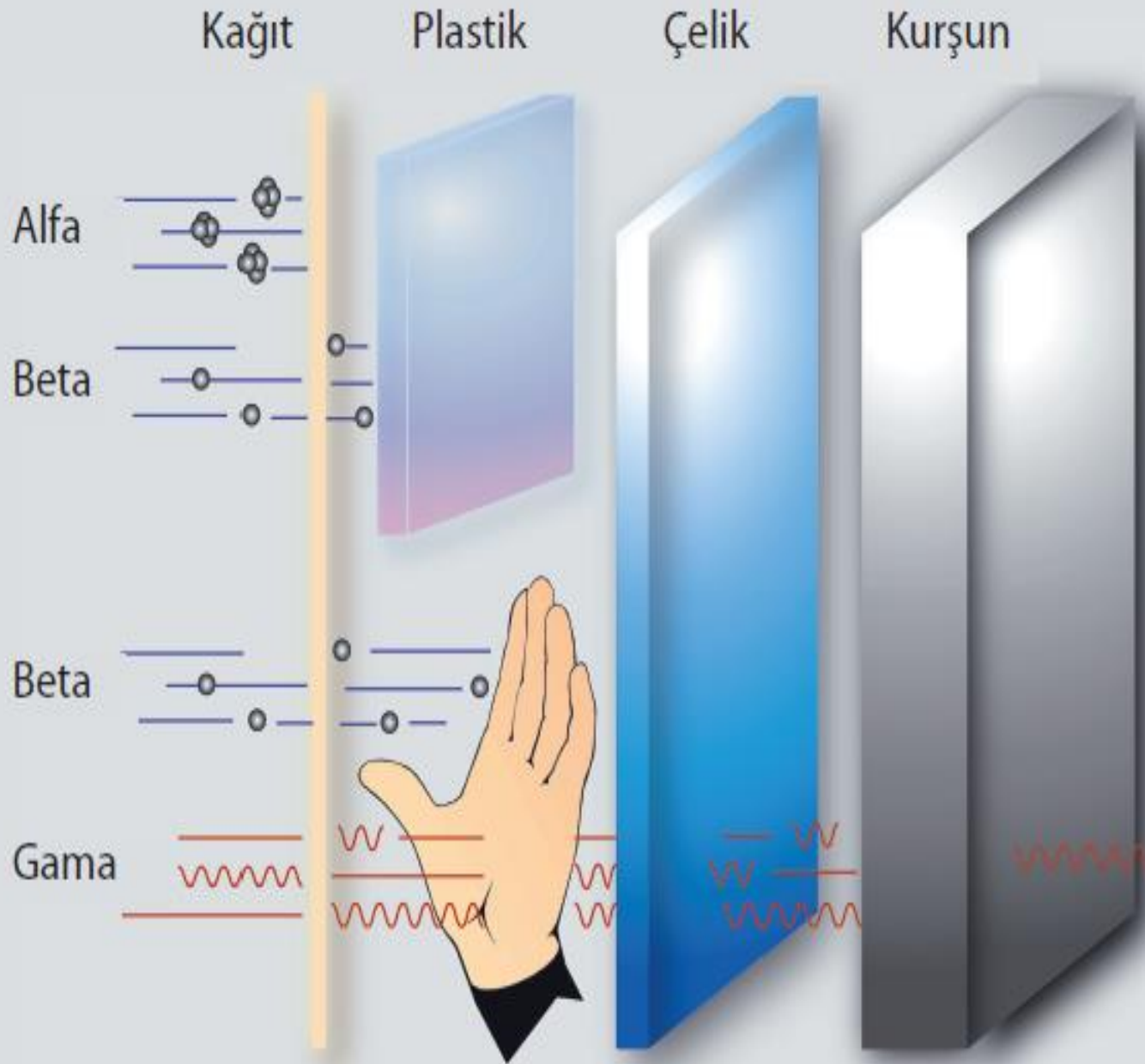


RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

- Havası boşaltılmış bir tüp içinde bulunan ve kızıl dereceye kadar ısıtılan KATOT'dan yayınlanan hızlı elektronlar çarptıkları ANOT'tan **X ışını** yayınlanmasına neden olurlar.
- **Bu sırada elektronların enerjisinin % 0,5 lik kısmı X ışını haline dönüşür.**
- Kalan kısmı ısı enerjisi olarak harcanır.

Penetrating Distances





RADYASYON KAYNAKLARI VE KULLANILDIKLARI YERLER

1- Doğal kaynaklı radyasyonlar: Doğada bulunan radyoaktif ışınım yapan doğal maddelerdir.

a- Dış kaynaklı (kozmetik ışınlar %14, yer kabuğundan gelenler % 66, U 238, Ra 228)

b- İç kaynaklı (vücutta normalde mevcut olan elementlerin radyoaktif izotopları: C 14, K 40, Ra 228)

RADYASYON KAYNAKLARI VE KULLANILDIKLARI YERLER

2- Yapay kaynaklı radyasyonlar

a- Nükleer endüstri

b- Tıpta teşhis ve tedavi amacı ile kullanılan radyo izotoplar

c- Besinlerin ışınlanması

d- Kimya endüstrisi

e-Kullanılan teknolojideki cihazlar vb.

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

- C-14 için yarınlanma süresi= 5730 yıl,
- Pu-239 için= 24000 yıl,
- U-238 için= 4,47 milyar yıldır.
- Birbirini takip eden yarılanma sürelerinde, bir radyonüklidin aktivitesi, ilk değerinden $1/2$, $1/4$, $1/8$ vb. oranlarda bozunuma uğrayarak azalır.
- Radyonüklidin miktarı azaldıkça, yayınlanan radyasyon miktarı da orantılı olarak azalır.

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

Radyoaktif Bozunma Hızı:

- Birim zamanda (s^{-1} veya dk^{-1}) bozunan atom sayısıdır.
- **Bu hızın ölçüsü:** yarılanma süresi ($t_{1/2}$) =fiziksel yarı ömür
- Başlangıçtaki radyoaktif atom sayısının (radyoaktivite miktarının) yarıya inmesi için geçen süreye «fiziksel yarı ömür» ya da «radyoaktif yarı ömür» denir.

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

- Herhangi bir canlının vücuduna sokulmuş olan aktif elementin veya o radyoaktif elemente sahip olan bileşimin canlıda kalış süresi önemlidir.
- Organik veya inorganik bir maddenin canlı vücudunda miktar olarak yarıya inmesi için geçen zamana «**biyolojik yarı ömür**» veya biyolojik yarılanma denir.

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

Radyo izotop	Yarılanma süresi (y: yıl, g: gün, s: saat)	Uygulama yerleri
Teknesyum - 99m	6.02 s	Tıbbi teşhis, görüntüleme
İyot - 131	8.1 g	Tıbbi teşhis-tedavi
Fosfor - 32	14.3 g	Tıbbi tedavi
Kobalt - 60	5.25 y	Tıbbi tedavi, Endüstriyel ölçüm-radyografi
Sezyum - 137	30 y	Tıbbi tedavi (vücuda gecici yerleştirme) Endüstriyel ölçüm-radyografi
Stronsiyum - 90	28 y	Endüstriyel ölçüm
İridyum - 192	74 g	Endüstriyel ölçüm
Radyum - 226	1602 y	Tıbbi tedavi (vücuda gecici yerleştirme)
İyot - 125	60 g	Tıbbi teşhis-tedavi
Amerisyum - 241	458 y	Endüstriyel ölçüm
Hidrojen - 3	12.3 y	Endüstriyel ölçüm
İtriyum - 169	32 g	Endüstriyel radyografi
Prometyum - 147	2.7 y	Endüstriyel ölçüm
Talyum - 204	3.8 y	Endüstriyel ölçüm
Altın - 198	2.7 g	Tıbbi tedavi
Tulyum - 170	127 g	Endüstriyel radyografi

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

- İnsan tarafından alınan iyonize edici radyasyon enerji miktarı veya dozu, SI de **Gray (Gy)** olarak tanımlanır.
- **1 Gray**, SI de her bir kg'lık kütle tarafından biriktirilen-soğurulan bir **joule**'lük enerjidir.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J /kg} = 1 \text{ m}^2.\text{sn}^{-2} = 100 \text{ rad}$$

- Ancak farklı tip radyasyonun bir graylık etkimesi aynı biyolojik etki üretmez. Örneğin bir graylık alfa ışınması, bir graylık beta ışınmasından daha büyük etki yaratır.

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

- Dolayısıyla ışımaların biyolojik etkisi için **Sievert(Sv)** diye anılan bir efektif doz birimi tanımlaması yapılmıştır.
- Binde birine milisievert (mSv) denir.

$$(1 \text{ Sv (Gy)} = 100 \text{ rem})$$

- Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (**ICRP**) tarafından önerilen temel radyasyon korunma standartlarına göre:

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

- Mesleği gereği radyasyonla çalışanlar için bütün vücudun ışınlanma doz limitleri:

50 mSv/yıl veya 5 rem/yıl

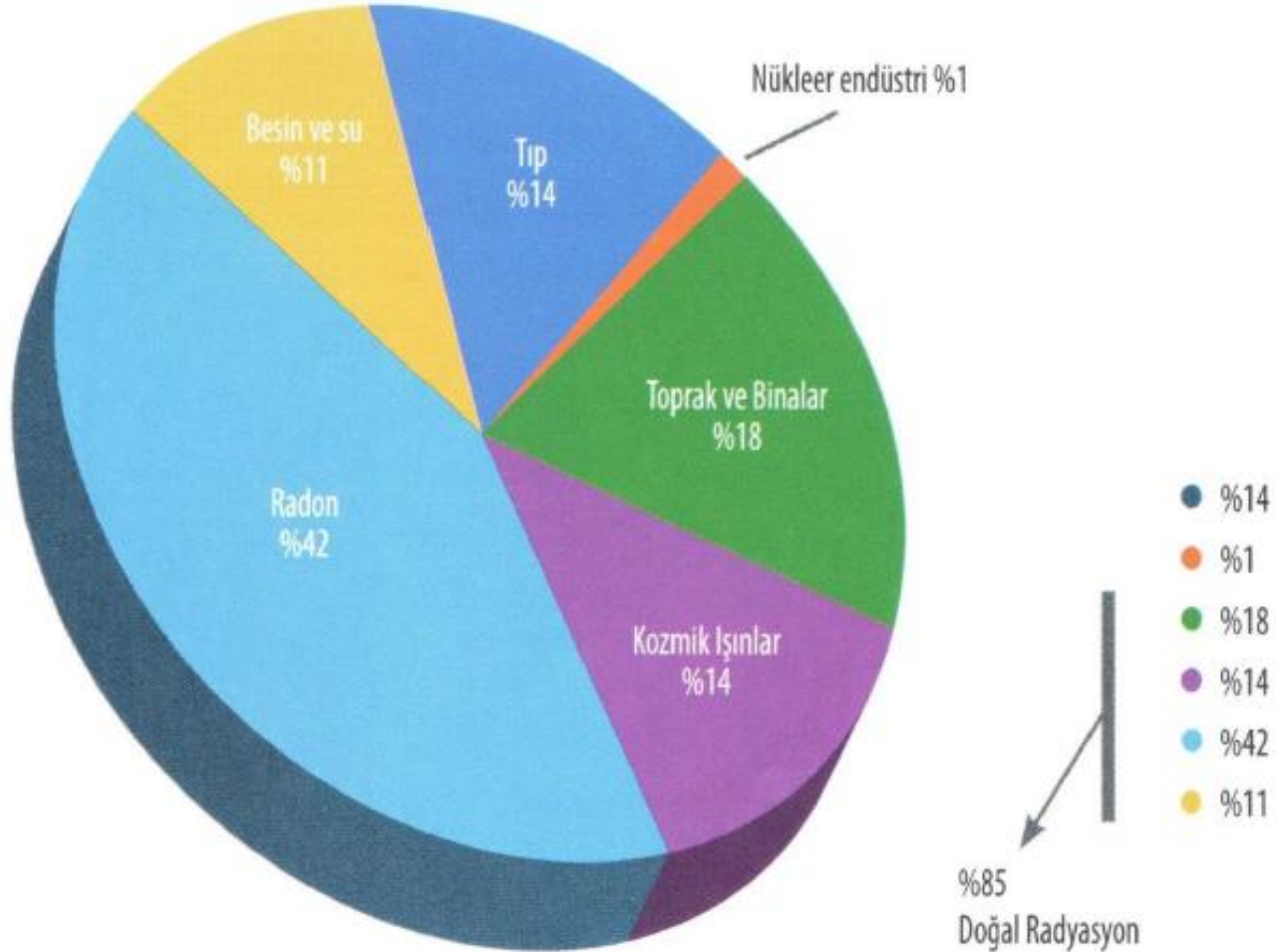
1 mSv/hafta veya 100 mrem/hafta

0,2 mSv/gün veya 20 mrem/gün

- Halk için bütün vücudun ışınlanma doz limitleri:

5 mSv/yıl veya 0,5 rem/yıl

Radyasyon kaynakları: Dünya Nükleer Birliđi verilerine göre oluşturulmuştur.



Tablo 64: Çeşitli Dozlarda Radyasyonların Biyolojik Etkileri

Total radyasyon dozu (rad) ve süresi	Maruz kalan organ	Biyolojik Etki
50-kısa süreli	Tüm vücut	Radyasyon hastalığı, bulantı, kusma, diyare
200- kısa süreli	"	Şiddetli radyasyon hastalığı; deri ve mukoz mebranlarda hemoraji; hematopoetik depresyon ölüm ihtimali.
200 (10 rad/yıl) 20 yıl	"	Hiçbir etki yok
100 kısa 200-700 (1 hafta kadar)	Deride küçük alan Deride küçük alan	Görülebilir etki yok Güneş yanığı şeklinde etki; geçici kıl dökülmesi
2 000-3 000 (1 hafta kadar)	Deride belirli alan	Ciltde devamlı renk koyulaşması, devamlı kıl dökülmesi, ter bezlerinin tahribi

>3 000-bir kaç yıl (5 rad/gün)	Eller veya diğer bölgede küçük bir alan	Başlangıçta etki yok; gecikmiş etki şeklinde ciltte kuruma, tırnakların eğilmesi ve kırılması, kanseröz yaralar ihtimali
25-50 kısa 100-kısa 200 ve üstü- kısa	Tüm vücut, hemato-poetik organlar " Kemik iliği	Geçici veya kısa süreli lökopeni Uzun süreli lökopeni Lösemi ihtimali ve şiddeti dozla birlikte artar.
Birkaç 100-kısa	Göz merceği (gözler)	Katarakt oluşumu
200-300-kısa 500- kısa 2-5 rad/hafta-yıllarca	Gonadlar " "	Geçici sterilite (kısırlık) Devamlı " Fertilitenin azalması
40-kısa 1 000-kısa	Hamilelikte (annenin pelvisi) 18-48 günler Hamilelikte 8 hafta içinde	Fetüste konjenital anormallik Erken doğum ihtimali; hamileliği daha geç sürelerinde maruz kalındığında konjenital defekt.

RADYASYON VE RADYONÜKLİDLER

Yapay (Artificial) Radyoaktivite:

- Stabil elementlerde, laboratuvar koşullarında, **siklotron** denilen hızlandırıcılar yardımıyla elektromanyetik alan içerisinde hızlandırılmış partiküllerle veya
- Nükleer reaktörlerde nötronlar ile bombardıman edilerek yapay olarak **radyoaktif** hale getirilebilir.

BESİNLERİN IŞINLANMASI

Işınlama Kaynakları ve Etki Mekanizmaları:

▪ Kaynaklar:

1. Radyoaktif kaynaklar [Kapalı Kobalt-60 (Co^{60}), Sezyum-137 (Cs^{137}) radyonüklid kaynaklarının yaydığı gama (γ) ışınları]
2. Elektrikle çalışan makinalar [≤ 5 MeV enerji kaynaklı X ışınları veya ≤ 10 MeV enerjide çalışan elektron hızlandırıcılar (siklotron)]

▪ Bu kaynaklardan endüstride en yaygın kullanılanı, Co^{60} 'dır.

BESİNLERİN IŞINLANMASI

- **Co⁶⁰** kaynaklı gama (γ) ışınlarının gıda endüstrisinde tercih edilmesinin sebebi, penetrasyon yani maddelerden geçebilme özelliklerinin kuvvetli olmasıdır.
- **Co⁶⁰** dezavantajları ise; sürekli bir radyoaktif kaynak olması dolayısıyla X ışınları gibi istendiği zaman açılıp kapanma özelliğinin olmaması ve 5,3 yıl gibi kısa bir yarılanma ömrüne sahip olması sebebiyle kaynağın zamanla tükenmesi ve yenileme gerekliliğinin bulunmasıdır.

BESİNLERİN IŞINLANMASI

- Co^{60} , radyoaktif olmayan doğal Co^{59} 'un nötronlarla bombardımanı sonucu elde edilmekte olup, nükleer sanayinin bir yan ürünü değildir.
- Diğer bir γ ışını kaynağı olan Cs^{137} nükleer reaktörlerdeki kullanılmış yakıt çubuklarının tekrar işlenmesiyle elde edilmektedir.
- Maliyeti daha düşüktür, ama nükleer enerji karşıtı çevrelerin eleştirileri ve nükleer santrallerinin azalıyor olması bu çubukların bulunmasını sınırlamaktadır.

BESİNLERİN IŞINLANMASI

- Bu nedenlerden dolayı Cs-137 gıda ışınlamada kullanılmamaktadır.
- Besin ışınlamada kullanılan diğer bir yöntem ise **elektron hızlandırıcılarıdır.**
- Elektron hızlandırıcılarla elde edilen enerjinin nüfuz etme özelliği zayıf olduğundan, uygulama alanı sınırlıdır.
- İzin verilen maksimum enerji seviyesi olan 10 MeV'de hızlandırılmış elektronların geçiş derinliği 8 cm kadardır.

BESİNLERİN IŞINLANMASI

- Elektron hızlandırıcılar, Fransa'da ticari olarak donmuş tavuğun ışınlanmasında, A.B.D.'de kırmızı ve beyaz et ürünlerinde başarıyla kullanılmaktadır.
- Ayrıca, bu ışınlama;
 - Hazır gıdalarda yüzey kontaminasyonunun engellenmesinde,
 - Bir konveyör üzerindeki tahılların ve baharatların ışınlanmasında vb. kullanılabilir.

BESİNLERİN IŞINLANMASI

- Siklotron'un en önemli avantajı: cihazın istendiği zaman açılıp kapanabilmesi, böylece radyasyon tehlikesine sebep olmamasıdır.

Işınlamanın Amaçları:

- **Disinfestation:** Böceklerden arındırma (0,15-0,50 kGy)
- **Raf ömrünün uzatılması** (0,15-0,75 kGy)
- **Decontamination:** Dezenfeksiyon (meyveler için ≤ 3 kGy, pastörize deniz ürünleri, kanatlılar ve kırmızı et için 1-2 kGy, kanatlılar ve baharatların sterilizasyonu için 3-20 kGy)
- **Ürün kalitesinin artırılması** (maksimum etki için gerekli doz 7,5 kGy)

BESİNLERİN IŞINLANMASI

- Beyaz ve kırmızı et, balık ve baharatlarda hijyenik kalite ve dayanma süresinin yani raf ömrünün uzatılması,
- Meyve ve tahıl gibi tarım ürünlerinde böceklerle mücadele,
- Patates ve soğan gibi ürünlerde filizlenmenin engellenmesi,
- Hasat sonrasında meyvelerin olgunlaşma sürelerinin uzatılması dolayısıyla daha uzun süre saklanabilmelerinin sağlanması,

BESİNLERİN IŞINLANMASI

- Soğutmaya gerek duyulmadan uzun süre dayanabilen ışınlanarak sterilizasyona uğratılmış besinlerin üretilmesi başlıca uygulamalar olarak sıralanabilir.

Işınlamanın Özel Avantajları:

- Minimum besin kaybı
- Halk sağlığının iyileştirilmesi
- Uluslararası ticaretin artırılması
- Fumigasyona alternatif
- Enerji tasarrufunun artması

Işınlama dozu

1980 yılında WHO ve FAO komitesi 10 kGy'ye kadar ışınlama dozunda ışınlamanın gıda üzerinde toksikolojik etkisi olmadığı ve gıdada mikrobiyolojik ve beslenme yönünden problem yaratmadığını bildirilmiştir.

FAO/IAEA/WHO-1997 alışma grubu 10 kGy maksimum doz limiti yerine “istenilen teknolojik amaca ulaşmak için uygun dozla ışınlanan gıda tüketim için güvenlidir ve besin değeri yönünden yeterlidir” ifadesini önermiştir.

Radaperdizisyon

Işınlamanın yüksek dozda (10 kGy ve üzeri) uygulanmasıdır

- Virüsler hariç yaşayan mikroorganizma sayısını azaltmak için gıdaya uygulanan yeterli dozda iyonize radyasyondur.
- Sterilizasyon sağlamak için 10-50 kGy dozunda ışınlamanın uygulanmasıdır.
- Mevcut mikroorganizmaların büyük çoğunluğu yok edilmektedir

Radaperdizisyon

Doz Grubu	Amaç	Doz (kGy)	Ürün
Yüksek doz (>10)	Endüstriyel sterilizasyon	30-50	Et, kümes hayvanları, su ürünleri, hazır gıdalar, sterilize edilmiş hastane gıdaları
	(Uygun sıcaklık kombinasyonunda) Belirli gıda katkı maddeleri ve bileşenlerin dekontaminasyonu	10-50	Baharatlar, enzim karışımları, doğal sakız, vb.

Radisidasyon

- Spor oluşturmayan patojen mikroorganizma yükünün azaltılmasında ≤ 10 kGy gibi daha düşük dozda ışınlama kullanılmasıdır.
- 2-8 kGy dozunda ışınlama ile ette trichina ve tapeworm gibi organizmalar yok edilir,
 - Spor oluşturmayan patojenik mikroorganizmaların sayısı azalır

Radisidasyon

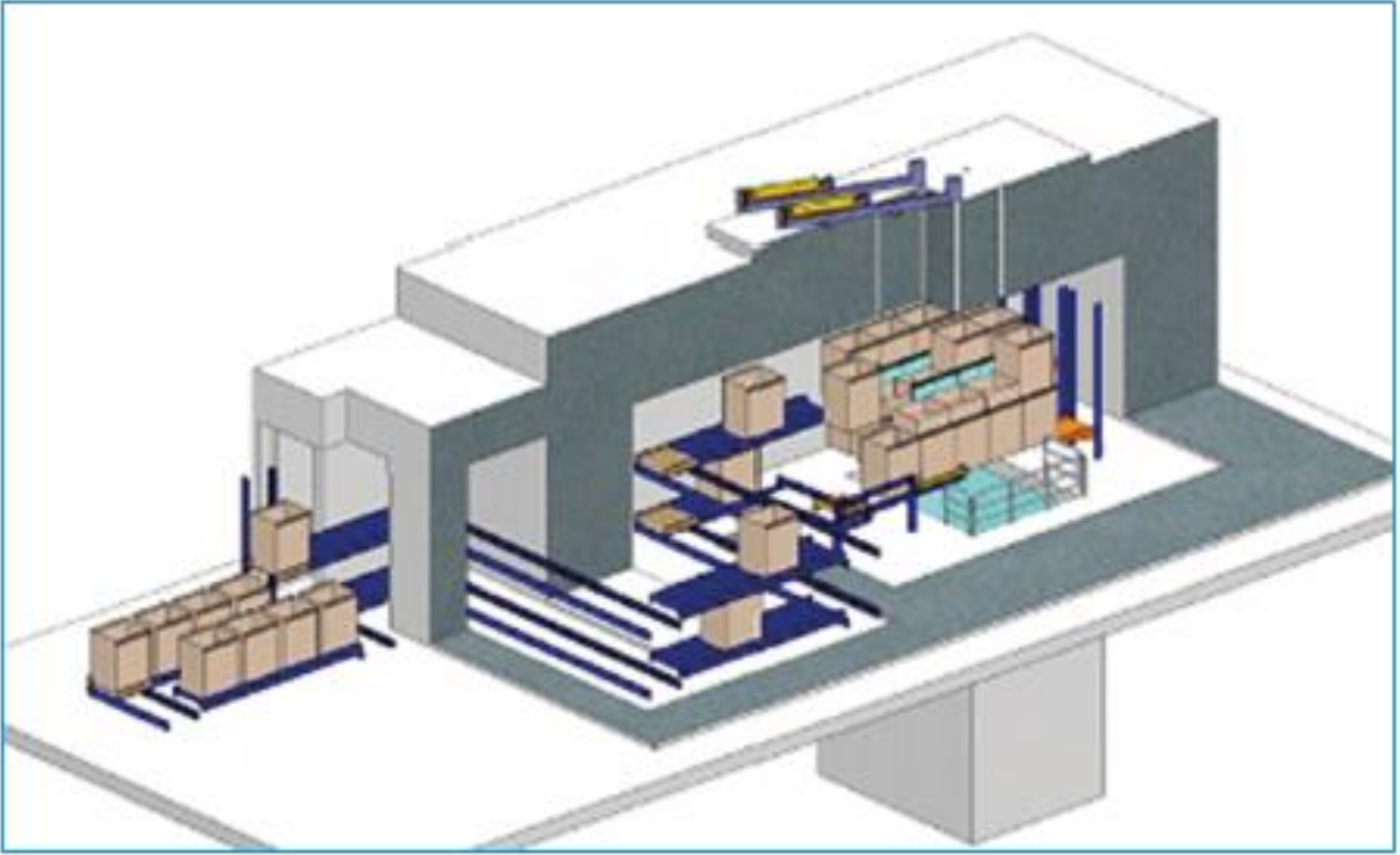
Doz Grubu	Amaç	Doz (kGy)	Ürün
Orta doz (≤ 10)	Patojen mikroorganizma ve bozulmanın önlenmesi	1.0-7.0	Taze ve dondurulmuş deniz ürünleri, çiğ ya da dondurulmuş et ve tavuk eti vb.
	Gıdanın teknolojik özelliklerinin geliştirilmesi	2.0-7.0	Üzümler (üzüm suyu verim artışı), kurutulmuş sebzeler (azalan pişirme süresi vb.)

Radurizasyon

Gıdada bozulmaya neden olan mikroorganizmaların sayılarının azaltılmasına neden olarak depolama kalitesini artırmak için gerekli olan yeterli ≤ 1 kGy dozlarındaki ışınlamadır.

Radurizasyon

Doz Grubu	Amaç	Doz (kGy)	Ürün
Düşük doz (V1)	Filizlenmenin engellenmesi	0.05-0.15	Patates, soğan, sarımsak, zencefil vb.
	Böcek ve parazit dezenfeksiyonu	0.15-0.50	Tahıllar ve baklagiller, taze ve kurutulmuş meyveler, kurutulmuş balık ve et
	Fizyolojik işlemlerin gerçekleştirilmesi	0.50-1.0	Taze meyve ve sebzeler



Şekil 1. Bir gama ışınlama tesisinin genel görünüşü

BESİNLERİN IŞINLANMASI

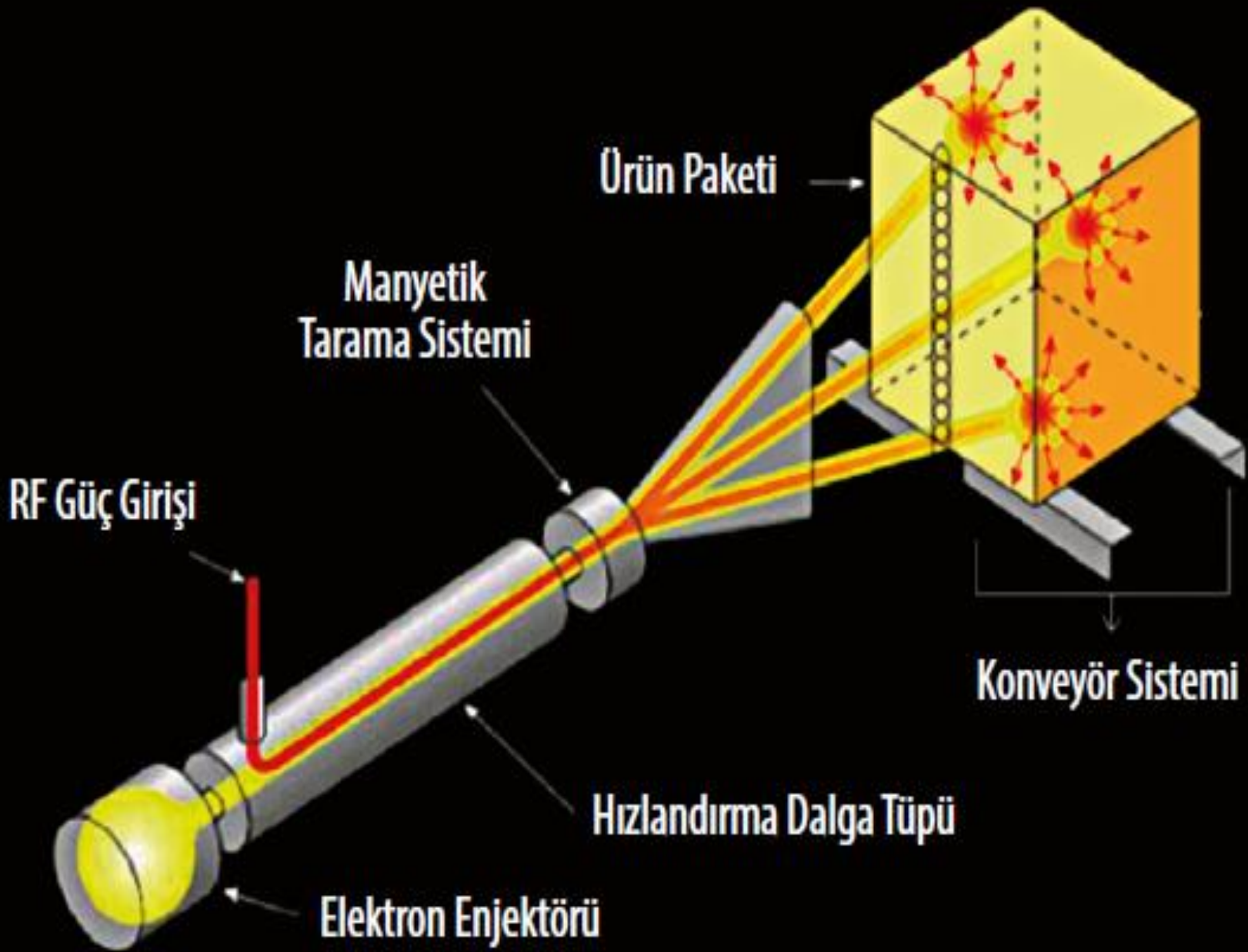
- Radyoaktif kaynak, 2 m kalınlığında beton duvarları olan ışınlama odasında, derinliği 6 m olan, su dolu bir depolama havuzunun içindedir.
- Işınlama sırasında, kaynakların bulunduğu çerçeveler kaynak kaldırma sistemi ile havuzdan çıkarılarak odanın içindeki ürün kutularının arasında belirli bir pozisyonda tutulur.
- Işınlanacak ürünler taşıyıcı araba ile ışınlama odasına alınır.

BESİNLERİN IŞINLANMASI

- Işınlama kaynağı sabit dururken ürünün içinde bulunduğu kutular kaynağın etrafında dolaştırılır (Şekil 1). Bu sırada ürünler ışınlanmış olur.
- Güvenlik sistemi, ışınlama sırasında bu odaya girilmesini engeller.
- Uygulanan doz, ışınlama sırasında besinlerin üzerine yerleştirilen dozimetreler (radyasyon seviyesini ölçen cihazlar) yardımıyla belirlenir.
- Işınlamada çok az sıcaklık artışı olduğu için»soğuk» işlem olarak adlandırılır.

BESİNLERİN IŞINLANMASI

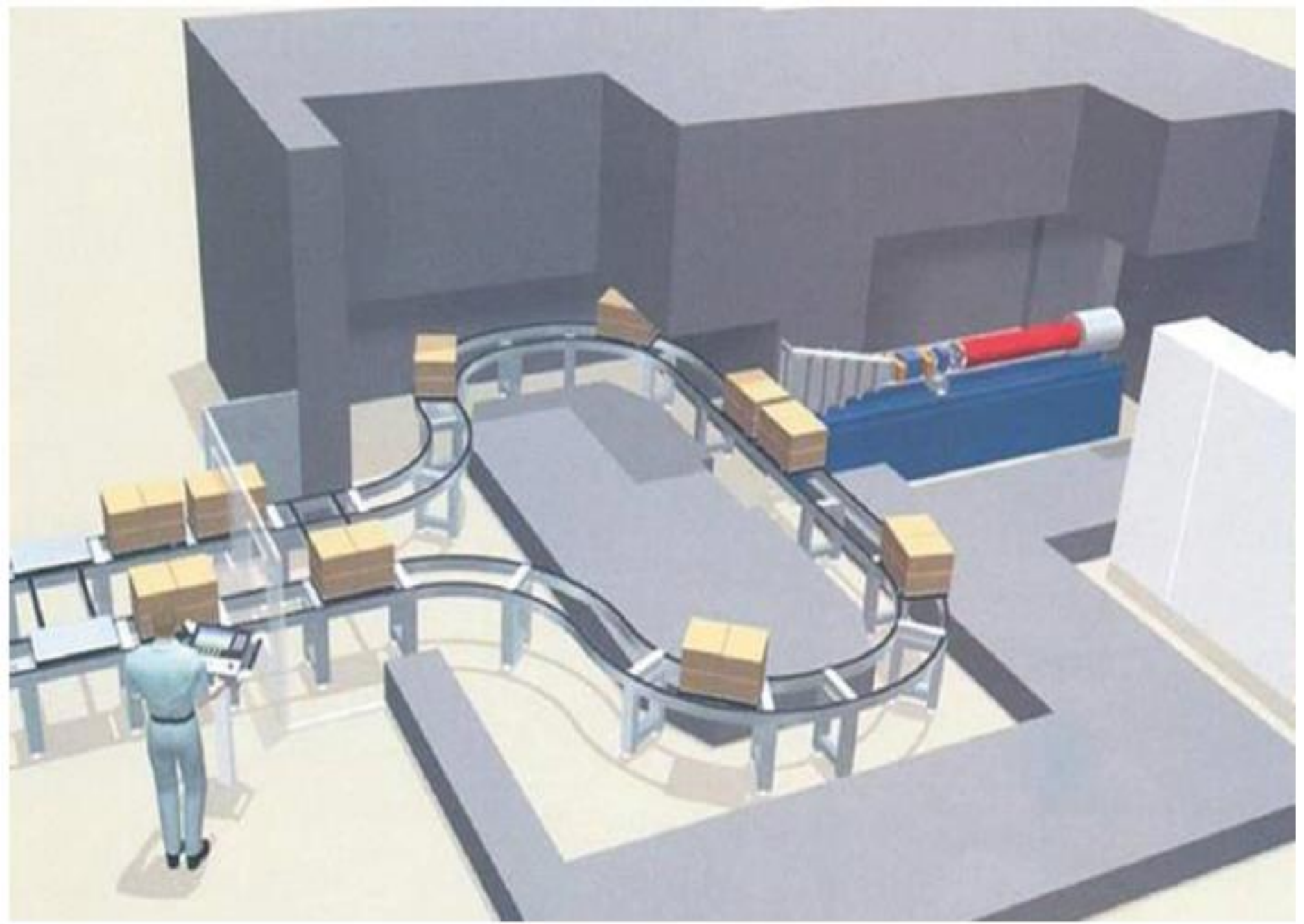
- Özellikle sıcaklığa duyarlı besinlerin muhafazası için uygundur.
- Ayrıca, ışınlama çok değişik şekilde ve büyüklükteki birçok besine uygulanabilen bir teknolojidir.
- Süresi ne olursa olsun besinlerde herhangi bir radyoaktif kalıntı da bırakmaz.
- Isıtma ve dondurma gibi muhafaza yöntemleri gibi besinde hiçbir kimyasal kalıntı bırakmayan fiziksel bir işlemdir.



Şekil 2. Bir elektron demeti tesisinin genel görünüşü

BESİNLERİN IŞINLANMASI

Elektron demeti tesisinde ısıtılan flamandan yayılan elektronların yüksek potansiyel farklar altında hızlandırılarak yüksek enerjilere (10MeV'e kadar) çıkarılmasıyla elde edilen elektron demeti kullanılır. Burada ışınlama kaynağı bir üreteç makineden elde edilir. Ürünler üreteçten yayılan elektron demetinin önünden geçer ve bu sırada ışınlanmış olurlar (Şekil 2). Elektronların giriciliği düşük olduğu için, homojen bir şekilde ışınlanmaları için ürünler ancak birinci geçiştten sonra ters çevrilip demetin önünden tekrar geçirildiğinde ışınlama işlemi tamamlanır. Buna rağmen bu tür tesisler kalın ve yoğun ürünlerin ışınlanması için uygun değildir.



Şekil 3. Bir X-ışınları tesisinin genel görünüşü

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na (IAEA) kayıtlı toplam 136 gıda ışınlama tesisi vardır. (Tablo 1)

Bölge, Toplam Tesis	Işınlama Tesislerinin Ülkelere Göre Dağılımı
Kuzey Amerika, 29	Kanada (1), ABD (28)
Latin Amerika, 9	Arjantin (1), Brezilya (4), Şili (1), Meksika (2), Peru (1)
Afrika, 5	Mısır (1), Gana (1), Güney Afrika Cumhuriyeti (3)
Avrupa, 30	Avusturya (1), Belçika (2), Bulgaristan (1), Hırvatistan (1), Almanya (3), Yunanistan (1), Macaristan (3), İrlanda (1), İtalya (2), Portekiz (1), Romanya (1), Sırbistan (1), İsveç (1), İsviçre (1), Türkiye (2), Ukrayna (1), İngiltere (5), Fransa (2)
Doğu Asya ve Pasifik, 62	Avustralya (2), Bangladeş (2), Çin (40), Hindistan (3), Endonezya (1), Japonya (1), Kore (1), Malezya (4), Filipinler (1), Tayvan (2), Tayland (4), Vietnam (1)
Batı Asya, 5	İran (1), İsrail (1), Ürdün (1), Suudi Arabistan (1), Suriye (1)

Tablo 1. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na kayıtlı gıda ışınlama tesislerinin dağılımı

BESİNLERİN IŞINLANMASI

- Ülkemizde 2 ışınlama tesisi vardır.
- Birincisi; Ankara'da 1992 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde kuruluna Gama Işınlama tesisi.
- İkincisi ise Tekirdağ Çerkezköy'de 1995 yılında faaliyete geçen Gamma-Pak isimli özel bir besin ışınlama tesisi.



TAEK Gama Işınlama Tesisi



Gamma-Pak A.Ş. Işınlama Tesisi



BESİNLERİN IŞINLANMASI

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tüketici tutumuna yönelik olarak gerçekleştirilen araştırma sonuçlarına göre:

- Tüketiciler yeni teknolojiler hakkında tutucudur.
- Tüketicilerin tutumu ve satın alma istekleri, konu hakkındaki bilgi düzeyinden etkilenmektedir.
- Tüketicilerin çoğunluğu ışınlanmış gıdaların yararlarının ve güvenilirliğinin farkında değildir.
- Işınlanmış gıdaların doğru etiketlenmesi tüketici üzerinde olumlu etkiye sahiptir.
- Tüketiciler, kendilerine seçenek sunulduğunda, yüksek kaliteli ve güvenli olan ışınlanmış gıdaları tercih edecektir.



IRRADIATED FOODS

