

36046

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
NÜKLEER BİLİMLER ANABİLİM DALI
Kod: 10.8888.6700.000

TÜRKİYE'DE TÜKETİLEN YERLİ VE YABANCI SİGARALARDAKİ
RADYOAKTİF POLONYUM DÜZEYİNİN
ELEKTRODEPOZİSYON VE ALFA SPEKTROSKOPİSİ İLE
ÖLÇÜLMESİ

36046

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN
Turgay KARALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Güngör YENER

Bu tez,
Başkan : Öğ. Üye. Prof. Dr. Güngör YENER
Üye : Öğ. Üye. Prof. Dr. H. Mümtaz KIZILYALLI
Üye : Öğ. Üye. Doç. Dr. Meral ERAL 'dan oluşan jüri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.

BORNOVA - İZMİR
1994

ÖNSÖZ

İnsanoğlunun yaşadığı çevre içinde doğal radyasyona maruz kalması kaçınılmazdır. Bunun yanında, kendi alışkanlıkları nedeniyle de ekstra bir radyasyon dozuna maruz kalmaktadır. Bunların içinde kişilerin aldıkları ekstra doza en önemli katkılardan birisi de sigara içimi yoluyla akciğerlere alınan radyoaktif "polonyum-210" dur.

Birçok ülkede bu konuyla ilgili çalışmalar 1960 'lı yıllarda başlamış ve bugün de devam etmesine rağmen, ülkemizde konuya gereken önem verilmemiştir. Ülkemizde sigara tüketiminin yüksek olduğu göz önüne alınırsa, kamu sağlığını da yakından ilgilendirmesi açısından bu ve bundan sonraki çalışmaların yararlı olacağına inanmaktayım.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde, her türlü yardımı esirgemeyen Enstitümüz Müdürü Sayın Hocam Prof. Dr. Güngör YENER 'e; ilgilerinden dolayı Sayın Öğretim Görevlisi Dr. Şule ÖLMEZ 'e, Sayın Araştırma Görevlisi Günseli YAPRAK 'a ve emeği geçen tüm Enstitü Elemanlarına teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Ege Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

KISA ÖZET	
ABSTRACT	Sayfa
I- GİRİŞ	1
I-1. Polonyumun Genel Özellikleri	4
I-2. Bitkilerde Radyoaktivite	5
I-3. Tütünde Pb-210 ve Po-210	7
I-4. Akciğerlerin Yapısı	8
I-5. Sigara Dumanı ve Akciğerde Po-210 Birikimi	10
II- MATERYAL VE METOD	16
II-1. Radyokimyasal ayırma ve sayım	17
II-1.1. Tütün	18
II-1.2. İzmarit ve kül	19
II-2. Depozisyon hücresi	21
II-3. Kullanılan sayım sistemleri	22
II-4. Kimyasal ayırma ve sayım veriminin Tayini	23
III-BULGULAR VE TARTIŞMA	26
IV- SONUÇ	29
V-ÖZET	31
VI- SUMMARY	32
VII- KAYNAKLAR.....	33

Œekil ve Tablo Listesi

Œekil 1 : Ra-226 bozunum serisi

Œekil 2 : BronŒiyal ağağ içine solunan materyallerin parçacık-boyut dağılımı.

Œekil 3 : Depozisyon hücresi.

Tablo 1 : Farklı aktivitelerdeki standartlara göre sistemin toplam verimi.

Tablo 2 : Sigaraların tütün, kl ve izmaritlerinin toplam verime etkisi.

Tablo 3 : Türkiye 'de kullanılan sigaraların tütün, kl ve izmaritlerinin Po-210 içeriği

Tablo 4 : Amerikan sigaraları ile ülkemizde içilen sigaraların Po-210 içeriklerinin karŒılaŒtırılması

KISA ÖZET

Bu çalışmanın amacı Ülkemizde tüketilen yerli (Samsun, Best, Tekel 2000, Birinci, Maltepe, Yeni Harman), ve ithal (Marlboro, Parliament, Camel) sigaraların tütün, kül ve izmaritlerindeki Po-210 içeriğinin saptanmasıdır. Tütün ve sigaradaki radyoaktivite ile ilgili çok sınırlı sayıda çalışma bulunmakla birlikte akciğerlere alınan radyasyon dozuna esas olan dumandaki radyoaktivitenin belirlenmesi Ülkemizde daha önce yapılmamıştır.

Bu araştırmada sigaranın tütün, kül ve izmaritteki Po-210 içeriği ölçülerek dumana geçen kesri belirlenmiş ve markalara göre göstermiş olduğu varyasyonlar ortaya konulmuştur.

ABSTRACT

In this study, The Po-210 content of domestic (Samsun, Tekel 2000, Birinci, Maltepe and Yeni Harman) and imported (Marlboro, Parliament, Camel) cigarettes smoked in Turkey have been determined. Although there are limited number of studies on the radioactivity in tobacco and cigarette, the determination of radioactivity in cigarette smoke which is a base for radiation dose recieved to lungs hasn't been performed before in Turkey.

In this work, by measuring the Po-210 contents in tobacco, ash and butt of cigarette, the fraction of Po-210 in smoke has been determined, and the variations have been shown according to the brands of cigarettes.

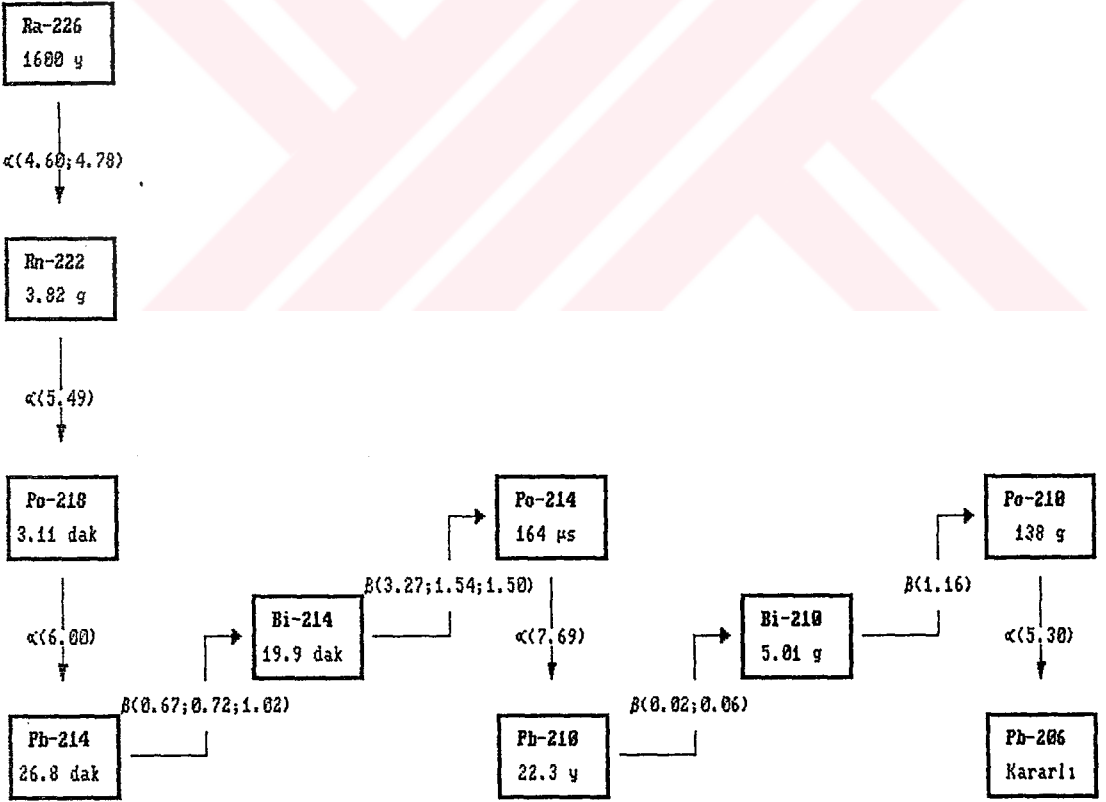
I- GİRİŞ

Havada suni ve doğal radyoaktif partiküller kadar birçok kararlı element ve bileşikleri mevcuttur ve çeşitli olaylar sonucu yeryüzünde birikime uğrarlar. Doğal olarak oluşan radyonüklidler için, toprak hem bir kolektör hem de bir kaynak olarak görev yapar. Toprakta U-238 ile başlayan uranyum serisindeki radyonüklidler alfa ve beta yayımlayarak Ra-226 ($t_{1/2}=1600$ yıl) 'a, bu izotop da daha sonra doğal bir gaz olan Rn-222 'ye bozunur. Rn-222 'nin bozunum zincirinde aşağıda gözlendiği üzere 22 yıl yarı ömürle Pb-210, 5 gün yarı ömürle Bi-210, 138 gün yarı ömürle Po-210, son olarak da kararlı Pb-206 izotopları yer almaktadır (şekil 1). İdeal bir toprak sisteminde uranyum serisinin üyeleri radyoaktif dengede olacaktır. Ancak iklimsel değişimler, yer ve su hareketleri gibi nedenlerle gaz olan radon toprakta diffüze olur veya atmosfere kaçar. Bu arada toprak içinde oluşan radyumun ve radon ürünlerinin yıkanması ve taşınması gibi yer değiştirmeler nedeni ile toprağın radyoaktif dengesinin bozulması çok olasıdır (Fisenne ve ark., 1978).

Ra-226 kaynağı olan bir bölgede yüksek konsantrasyonlarda Pb-210 ve Po-210 'un bulunması kaçınılmazdır, fakat Ra-226 'nın ilk bozunum ürünü olan Rn-222 ($t_{1/2}=3.8$ gün) 'nin asal bir gaz olması nedeniyle serbest kaldığı bölgelerden daha uzak mesafelerde de Pb-210 ve Po-210 sıklıkla detekte edilebilir (Watson, 1985).

Yeryüzeyine diffüze olan Rn-222 'nin ve bozunum ürünlerinin havadaki konsantrasyonu son derece değişkendir ve bu değişim çeşitli faktörlere bağlıdır:

- 1-) Topraktaki ana elementlerin konsantrasyonu
- 2-) Yükseklik
- 3-) Toprak gözenekliliği ve tanecek boyutu
- 4-) Sıcaklık
- 5-) Basınç
- 6-) Diğer atmosferik şartlar (rüzgar, kirlilik gibi)
- 7-) Toprak nemi , yağış miktarı ve kar örtüsü
- 8-) Mevsim



Şekil 1. Ra-226 Bozunum Serisi.

Beklenebileceği gibi, radon ve ürünlerinin atmosferde oluşturduğu radyoaktivite konsantrasyonları, toprağın Ra-226 yönünden zengin olduğu bölgelerde yüksektir. Çünkü Rn-222 'nin 3.85 gün olan yarı-ömrü topraktan kaçma olasılığı artırır. Yeryüzeyinden radon yayımlanması büyük ölçüde toprak karakteristiklerine, özellikle de gözeneklilik ve taneçik boyutuna bağlıdır. Ayrıca toprağın nemindeki artışla radonun difüzyonu hissedilir şekilde azalır. Toprak üzerindeki kar ya da buz tabakası bir battaniye gibi etki eder ve topraktan emanasyonu sınırlar. Okyanuslar ve diğer su kütleleri üzerinde havayla taşınan radyoaktivite konsantrasyonları genel olarak, sudaki uranyum radyum konsantrasyonlarının düşük olması ve radonun belli ölçüde suda çözünmesi nedeniyle kara atmosferine nazaran daha düşüktür.

Atmosferde radon ve kısa ömürlü ürünleri değişik konsantrasyonlarda bir arada bulunurlar. Radon ürünleri yüklü parçacıklar olarak oluştuklarından kolayca atmosferde mevcut olan ve çapları 0.035 μm 'den küçük toz parçacıklarına adsorbe olurlar. Taşıyıcı toz parçacıklarının çapı 0.006 ile 0.200 μm arasında olup havadaki konsantrasyonları 3×10^4 parçacık/ cm^3 tür. Toz parçacıklarına yapışan radon ürünleri, doğal gravitasyonel yolla yer yüzeyine iner. Bu olay radyoaktivite taşıyan tozların küçük boyutlu olmalarına bağlı olarak yavaş bir şekilde gerçekleşir. Yağmur ya da kar yağışı bu olayı büyük ölçüde çabuklaştırabilir (Kathren, 1986).

Uranyum ve Ra-226 yerkabuğunda her tür toprak ve kayada çeşitli konsantrasyonlarda mutlaka bulunur. Radyum ve ürünleri özellikle uranyum cevherlerinde, fosfat kayalarında ve şeyl, kömür, granit ve kurşun gibi diğer mineral yapılarda daha yüksek konsantrasyonlarda yer alır. Bu radyonüklidler gerek doğal yollardan gerekse teknolojik gelişmelerin sonucu olarak kömür

yakılan güç santrallerinin çalışması veya tarım topraklarında fosfatlı gübre kullanılması gibi yapay yollardan ortama dağılırlar.

Bitkiler bir çok minerallerle birlikte topraktaki radyum ve ürünlerini de bünyelerine alabilirler. Ra-226'nın bozunum zincirinde Pb-210'a gelinceye kadar bir çok ürün yer almaktadır, bunların ömürleri daha kısadır ve yiyecek zincirine geçişleri radyum ve kurşun geçişi kadar önemli değildir (Watson, 1985).

I-1. Polonyum'un Genel Özellikleri

Polonyum doğada nadir olarak bulunan doğal radyoaktif bir elementtir. Uranyum madenleri ton başına 100 µg polonyum içermesine rağmen, doğadaki bolluğu radyuma göre % 2'dir. Polonyumun kütle numarası 197 ile 218 arasında değişen 27 izotopu vardır. RaF olarak da bilinen Po-210 doğal olarak daha önce belirtildiği gibi radyumun bozunum zincirinde oluşur. 1934'te doğal Bizmut'un (209) nötronlarla bombardımanından polonyumun ana radyonüklidi olan Bi-210 elde edilmiştir. Son yıllarda, nükleer reaktörlerde yüksek nötron akısı kullanılarak miligram mertebesindeki Po-210 ayrılabilir. Po-210 en kolay elde edilen izotopudur. Kütle numarası 209 ($t_{1/2}=103$ yıl) ve 208 ($t_{1/2}=2.9$ yıl) olan izotoplar bir siklotronda kurşun ya da bizmutun alfa, proton veya döteron bombardımanıyla ayrılabilir fakat maliyeti çok yüksektir. Polonyum düşük erime noktasına sahip, oldukça uçucu bir metal olması nedeniyle havada 55°C'de 45 saatte % 50'si buharlaşmaktadır. 138.39 gün olan yarı-ömür ile 5.3 MeV enerjili alfa parçacığı yayımlar. 1 gram Po-210, 5 gram radyumun yayımladığı kadar alfa parçacığı yayımlamaktadır. Bir kaç Ci polonyum çevresel gazın uyarılması ile mavi bir parlaklık oluşturur. Polonyum uzay gemilerinde termoelektrik güç ve ısı kaynağı olarak özel bir öneme

sahiptir.

Polonyum seyreltik asitlerde kolay çözünmesine karşın alkalilerde yok denecek kadar az çözünür. Radyoaktif polonyum, nötron kaynağı oluşturmak için berilyum ile karıştırılabilir veya alaşım haline getirilebilir. Sanayide tekstil millerinde statik elektrik yükünü yok etmek amacıyla yaygın olarak beta vericiler kullanılmakla beraber Po-210 'nunda bu amaçla kullanıldığı örnekler bulunmaktadır. Yüksek bozunma hızı ve yüksek enerjili alfa radyasyonu nedeni ile Po-210 'u mg veya µg mertebelerinde bile kullanımda tehlike oluşturabilir. Bu nedenle çeşitli teknolojik ve bilimsel uygulamalarda özel ekipman ve sıkı kontrol gerekir. Sindirim yoluyla polonyum konsantrasyonu için maksimum izin verilebilir vücut yükü 0.03 µCi 'dür. Çözünebilir polonyum bileşikleri için havada maksimum izin verilebilir konsantrasyon yaklaşık 2×10^{-11} µCi/cm³ 'tür (Weast ve ark., 1985).

1-2. Bitkilerde Radyoaktivite

Bitkilerin bünyesinde toprakta bulunan başlıca doğal radyoelementler ve ürünleri bulunduğu gibi zaman zaman "fallout"a bağlı olarak Cs-137, Sr-90 gibi yapay radyonüklidlere de rastlanır, doğal çekirdeklerin başlıcaları K-40, Ra-226 ve ürünleri ile U ve Th dur.

Radyoelementlerin bitkiler için gerekli besin kaynakları olduğu iddia edilmektedir. Klorofil içeren hücrelerdeki fotosentezin alfa ve beta radyasyonuna maruz kalmayla büyük oranda uyarıldığı rapor edilmiştir. Örneğin yapılan bir çalışmada alfa ve beta parçacıklarına maruz bırakılarak yetiştirilen tütün bitkileri 684 g gelmesine karşın normal olarak yetiştirilen

kontrol bitkilerinin 316 g ağırlığında olduğu saptanmıştır. Ayrıca, çiçek açma ve olgunlaşma sırasında bitkiler tarafından uranyum alınışında bir artış olduğu ve radyoelementlerin tüm bitki içine dağılması sırasında; en çok büyüme noktaları, yapraklar ve meyve sapında konsantre oldukları rapor edilmiştir (Tso ve ark., 1964).

Ra-226 'nin asal gaz olan ürünü Rn-222 'nin toprak ve kayalardaki oluşum bölgelerinden atmosfere büyük bir olasılıkla geçebilmesi ve farklı kimyasal özellikleri yüzünden Pb-210 ve Po-210 'nun çeşitli ortamlardaki konsantrasyonları seribaşı olan U-238 ve zincirdeki Ra-226 'ninkinden çok daha yüksektir. Bu ortamlarda insanlara Pb-210 ve Po-210 alımı genel olarak havadan solunum yoluyla, bitkilerden de sindirim yoluyla gerçekleşir. Bu iki izotopun bitki bünyesine girişi iki yolla olur (Spencer ve ark., 1977).

1-Topraktan ve sudan kökler yoluyla alımı,

2-Bitki yüzeylerine parçacıkların deposiyonu yoluyla alımı

Bu iki mekanizma ile bitki yapraklarına özellikle tütünlere Pb-210 'nu alımının relatif etkinliğinin incelenmesi amacıyla denemeler yapılmıştır. Tütün yetiştirilen toprakların ve havasının ayrı ayrı kontamine edildiği denemelerde, tütüne Pb-210 ve Po-210 geçişinin yapraklar yoluyla daha etkin bir biçimde gerçekleştiğini göstermiştir (Watson, 1985).

İnsanların çeşitli radyasyona maruz kalma yolları ve bu yollarla alınan aktivite konsantrasyonları incelenmiş, yiyecek ve suyun sindirimi, hava ve sigara dumanının solunması ve solunan Rn-222 'nin bozunması göz önüne alındığında, günlük toplam Pb-210 alımının % 78.1 'nin yiyecekler yoluyla, % 6.9 'un suyla, % 5.0 'in havayla ve % 4.0 'ün Rn-222 'nin bozunmasıyla

sağlanabileceği saptanmıştır. Geriye kalan % 9.4 'lük kısım da sigara dumanının solunmasından kaynaklanır (Watson, 1985).Görüldüğü gibi, yiyecek sindirimi doğal olarak oluşan Pb-210 alımının ana yoludur. Spencer ve arkadaşları (1977), yetişkin bir erkeğin günlük Po-210 alımının % 77.3 'nün yiyeceklerle, % 4.7 'sinin suyla ve % 0.6 'sının havayla ve %17.1 'nin sigara içimiyle sağlandığını göstermiştir.Buna göre, sigara dumanının solunması içilen su ve teneffüs edilen havadan daha çok Po-210 alımına neden olmaktadır.

I-3. Tütündeki Pb-210 ve Po-210

Tütün bitkilerindeki Pb-210 ve Po-210 'nun dağılım ve orijini üzerine raporlar çelişkilidir. Araştırmacılarından bazıları yağış yoluyla bitki yapraklarına depozisyonu önermesine karşın; bazıları da toprak ve gübrelere bitkinin kökleri yoluyla alındığına karar vermektedirler. Bununla beraber, tütün yaprakları üzerindeki tüylerin dağılım ve özellikleri yüzünden, onların depozisyon yoluyla küçük toz partikülleri için etkili kollektörler olduklarını bildirmişlerdir. Birçok ticari tütün çeşidi, olgunlaşmış yaprakların cm² 'si başına 300-900 tüy içerir. Tütün yaprak tüylerinin yaklaşık % 85 'i organik bileşiklerin sızdırdığı, yapışkan bir karışım ile kaplanmış bezel başlara sahiptir. Bu sızıntı (ter) yağmur suyunda çözünmez ve böylece tüyler bitkinin büyüme periyodu boyunca, bezel başlarında depoze olan küçük atmosferik partikülleri içerebilir. Tüyler etrafındaki düşük hava akış oranları için, havayla taşınan partiküllerin yakalanmasında en etkili mekanizma, partiküllerin "Brown Hareketi" ne bağlı olarak difüzyon yoluyla yaprak yüzeylerine depozisyonudur. Bu işlemin verimi parçacık boyutu ve akış hızıyla ters

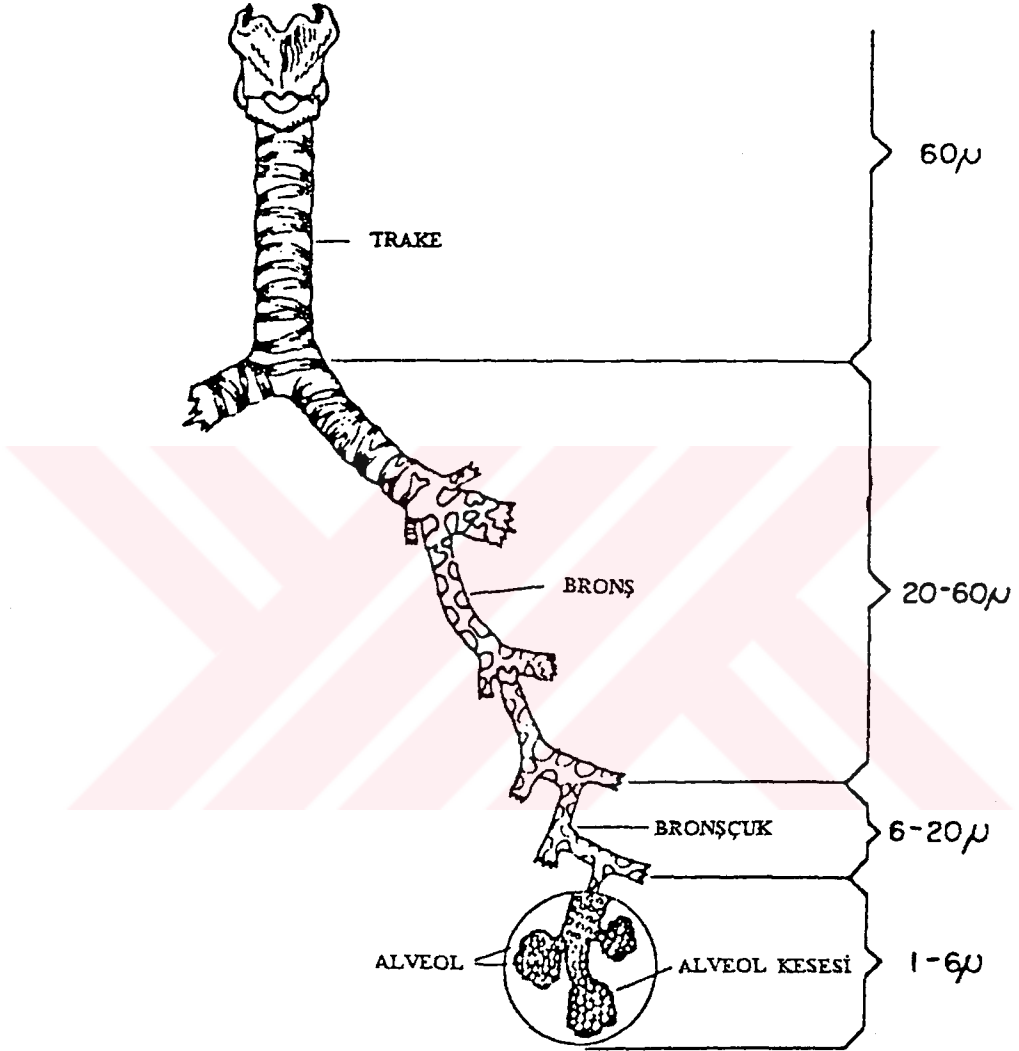
orantılı olduğu için yaklaşık 0.1 µm ya da daha küçük çapta parçacıkların deposyonu daha olasıdır. Pb-210 konsantrasyonu parçacık büyüklüğünün azalmasıyla belirgin bir şekilde artar. Böylece "Brown Yakalama" tütün tüyleri üzerindeki Pb-210 konsantrasyonunun yükselmesine neden olabilir.

Tütün içindeki Po-210 'un iki kaynağı vardır. Birincisi, polonyumun direkt olarak topraktan veya yapraktan alımıdır. Bu yoldan alınan Po-210 138 gün yarı ömrüne bağlı olarak tütün hasat edildikten sonra içilmeye kadar geçen iki yıllık süre içinde yok olacaktır. İkinci kaynak ise tütünün aynı yollardan bünyesine aldığı Pb-210 'dur ve bu radyonüklidin 22 yıl yarı ömürle bozunmasıyla sürekli Po-210 oluşmaktadır. Bu nedenle bu iki yıllık süre içinde tütündeki kurşun ile polonyumun dengeye geldiği kabul edilmektedir. Tütün yapraklarında depolanan bu iki radyonüklidin yapraklardaki tüylerin yanması sonucu çözünmez parçacıklar şeklinde sigara dumanında mevcut olduğu rapor edilmiştir (Martell, 1974).

1-4. Akciğerlerin Yapısı

Akciğerler, Alveol olarak adlandırılan ince hava keselerinden oluşmuştur. Bu hava keseleri, ağız ve buruna açılan geçitlerden, trakeden dallanan büyük tüpler (bronşlar) içine açılan küçük tüplere (bronşçuklar) bağlanır (Şekil 2). Nefes alma esnasında her bir hava kesesi akciğerlerin kasılarak sıkıştırılması ve genişletilmesi suretiyle havayla dolar ve boşalır. Kılcal damarlar yoluyla hava, bu keselerin duvarlarından absorplanarak kan damarları ve hava keseleri kan içine oksijen geçirir ve kandan karbondioksit ve nemi absorplar. Her hava kesesi zarı gazların değişimine izin vermesi için oldukça incedir. Zarların doğrudan ya da dolaylı olarak hasar görmesi sonucu hava kesesi zarları çatlarsa ya da geçirgenliği değişirse kan akciğerlere girer. Zarların hasarı ya zarı koruyan hücreler ya da zarın doğrudan

kendisinin zedelenmesi ile oluşur. Radyasyon bu hasar kaynaklarından en önemlilerinden bir tanesidir.



Şekil 1. Bronşiyal ağaç içine solunan materyallerin parçacık-boyut dağılımı.

Bu etkiler dışsal radyasyona maruz kalmayla oluşabilir fakat en büyük zarar solunan tozlar ve buharlardan kaynaklanan radyasyondur. Nikel-63, Radon-222, Polonyum-210, Uranyum-238 ve Plutonyum-239 akciğerde konsantre olmaktadır. Bu materyallerin akciğerlerde az miktarlarda birikimi sonucunda büyük hasarlar

meydana gelebilmektedir. Aynı zamanda, izotop içeren parçacıkların boyutuna bağlı olarak bu radyasyon kaynakları solunum sisteminin çeşitli bölgelerinde lokalize olacaktır. Büyük parçacıklar, akciğer sıvısının yukarı doğru hareketiyle yavaş yavaş uzaklaştırılırken; çok küçük parçacıklar hava keselerine girerek burada uzun süre kalabilirler.

Akciğerdeki çözünmeyen radyoaktif parçacıklar tümör oluşumuna sebep verecek sürekli bir hasara neden olabilirler. Çözünbilir parçacıklar, hava keselerinden doğrudan kana geçerek bütün vücuda yayılırlar. Akciğerlerde hasar meydana getirecek diğer bir kaynak çözünmeyen parçacıklar formundaki radyasyondur. Radyasyon vücudun akciğerlere uzak bir parçasında zararlı yan ürünler oluşturursa, bu maddeler kan sistemiyle akciğerlere taşınabilir (RCA, 1957).

I-5. Sigara dumanı ve akciğerde Po-210 birikimi

Polonyumun, bir sigaranın yanma sıcaklığında (600-800°C) kolayca uçucu hale gelerek, dumanda bulunan mikron altı parçacıklara adsorbe olduğu bilinmektedir. Kuvvetli bir şekilde tütün yapraklarına yapışan Pb-210 ve Po-210 aerosoller, tütünün işlenmesi sırasında üretilen ter polimerleri ile kaplanabilir. Polimerize olan bu çözünmeyen partiküller, tütünün yanması sırasında, sigara içenler yada etraftaki diğer kişiler tarafından bu radyonüklidlerin solunmasına neden olurlar (Martell, 1974).

Tütün dumanıyla ilgili radyonüklidlere maruz kalmanın derecesi çok sayıda değişkene bağlıdır: Tütünün yetiştirildiği coğrafik bölge, tütün kesiminin incelliği, filtrenin varlığı yada yokluğu, sigara filtresinin boyutu ve yapısı, sigara alışkanlığı gibi.

Akciğerde biriken ve çözünmeyen Pb-210 partikülleri, beta yayınlamasıyla Po-210 'a bozunacak ve böylelikle Po-210 alfa yayınlayan sürekli bir kaynak gibi davranacaktır (Batarekh ve Teherani, 1987). Solunan suda çözünbilir içerikler, akciğer sıvısı içinde çözünerek doğrudan kana karışır. Çözünmeyen parçacıklar, fiziksel özelliklerine bağlı olarak akciğer yüzeylerine yapışırken ve akciğer sıvısında yıkanması sırasında daha fazla küçülecektir . Burada temel sorun tütün dumanında mevcut Po-210 'dan, bronşlara verilen radyasyon dozunun hesaplanmasıdır.

Sigaradan solunan polonyum tarafından akciğere aktarılan radyasyon dozu ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada, duman partiküllerinin bronşiyal dokuya taşındıkları yerden, alveoler doku üzerine diffüzyonla depoze olacağı ve bu durumda 25 yıl için günde 2 paket sigara içen bir birey için bu parçacıkların verdiği minimum radyasyon dozunun yaklaşık 36 rem ya da art ortamın 7 katı olduğu tahmin edilmektedir. Bronşiyal dokudaki parçacıklardan Po-210 'nun bölgesel konsantrasyonu ve verdiği radyasyon dozu bu bölgede akümüle olan parçacıkların kalış zamanına ve miktarına bağlıdır (Takizawa ve ark., 1990).

Tütün dumanındaki Pb-210 ve Po-210, insanın yiyecek sindirimi yoluyla aldığı dozdan daha büyük ya da eşit bir doz sağlamaktadır (Watson, 1985). Her iki çekirdeğin ölçümleri farklı kimyasal ve fiziksel özellikler yüzünden gereklidir. Ana çekirdek Pb-210 'dan kaynaklanan radyasyona maruz kalma ihmal edilebilir fakat 22 yıl olan fiziksel yarı-ömrü vücutta akümüle olmasına olanak verir. Diğer yandan 5.3 MeV enerjili alfa parçacığıyla Po-210, bu seriden (Pb, Bi, Po) gelen toplam dozun % 90-95 'ni karşılar, fakat relatif olarak 138 gün olan kısa yarı-ömrü, vücuttaki Pb-210 harici

kaynaklardan sınırlı bir birikime olanak verir.

Bir çok kaynaktan vücuttaki bu radyonüklidlere katkı gelebilir:

- Solunumla alınan ve vücut sıvısı içinde çözünen Rn-222
- Akciğerde depoze olan Rn-222 ürünleri
- Vücutta normal olarak bulunan Ra-226
- Sigara dumanının solunması

Yukarıda sözü edilen kaynaklardan gelen katkıyla, dietlerle alınan miktar arasında karşılaştırma yapmak güçtür, çünkü solunumla alımlar doğrudan ölçülemezler. Atmosferik alım konsantrasyonunun bilinmesi ve ortalama bir solunum oranının kullanılması ile bir birey için, sadece tahmin edilebilir. Sigara içenlerdeki yüksek alfa aktivitesinin, dokunun relatif olarak küçük bir hacmine sınırlandırılmış olduğu ve bu nedenle hasarın azaldığı düşünülebilir, fakat küçük hacimlerde konsantre olan alfa yayınlı parçacıklar, o bölgeye daha büyük bir doz verebilir (Martell, 1982).

Radford ve Hunt (1964) ilk olarak, sigara dumanındaki Po-210 'dan kaynaklanan alfa radyasyonunun, bronşiyal kanserin başlamasında önemli bir faktör olabileceğini bildirmiştir. Yapılan bir çalışmada, 37 sigara tiryakisinin 7 'sinin bronşiyal dallanımalarında yüksek konsantrasyonda Po-210 bulunmuştur. Ayrıca solunan Po-210 'nun uçucu olduğu ve akciğerlerden çok çabuk temizlendiği iddia edilerek, bu gözlemlerin geçerliliği hususundaki tereddütleri arttırmıştır (Martell, 1982). Martell ve Sweder (1983), sigara içilirken içe çekilen oda havasındaki radon bozunum ürünlerinin, seçici olarak bronşiyal dallanımlarda depoze olduğunu rapor etmişlerdir. Böylece sigara içenler, bronşiyal dallanımlarındaki uç kaynaktan alfa radyasyonuna maruz bırakılır:

- 1- Sigaralar arasında solunan oda havasındaki radon ürünlerinden,
- 2- İçe çekilen duman partiküllerindeki Po-214 'den,
- 3- Dallanımlarda kalan ve Pb-210 'ca zenginleşmiş parçacıklarda oluşan Po-210 'dan.

Yoğunlaştırılmış sigara dumanıyla yapılan ölçümler, sigara dumanında Radyum ve Toryumun da mevcut olmasına karşın , alfa aktivitesinin % 99 'unun Po-210 'dan kaynaklandığını göstermiştir. Sigara tiryakilerinin ve sigara içilen ortamda bulunanların tüm akciğer ölçümleri, solunan Po-210 'nun akciğer alt lobunda depolandığını göstermiştir (Martell, 1982). Gerçekte, Po-210 'nun birikimi solunum sisteminin farklı parçalarında, farklı davranışlar gösterir. Diğer taraftan, akciğerdeki polonyum birikimi ve doz oranı için çeşitli varsayımlar kullanılabilir. Aşağıda bazı araştırmacılar tarafından doz oranları için verilen bu varsayımlara yer verilmiştir:

Radford ve Hunt 'ın tek bir sigaradaki Po-210 'nun % 25 'nin içe çekilen dumanda olduğu varsayımı kabul edilerek, bir Hintli tiryakinin akciğer yükü için, alınan doz 23.6 mrad/gün olarak hesaplanmış ve bu doz oranının, atmosferdeki radon ve toronun doğal ard ortamından gelen dozdan 3-6 kez daha yüksek olduğunu rapor edilmiştir (Singh ve Nilekant,1976). Yapılan diğer bir çalışmada, günde 2 paket sigara içen bir bireyin 25 yıl içerisinde ard ortamın yaklaşık 7 katı olan 36 rem 'lik bir doz alacağı tahmin edilmiştir (Martell, 1982). Watson (1985), sigara içimiyle günde 0.36 ile 16 pCi arasında Po-210 soluyan bir tiryakinin, bu aktivitelerden akciğerlerine gelecek dozun 4.9×10^{-4} ile 2.2×10^{-2} rem/gün arasında olacağını tahmin etmiştir.

Martell (1982), akciğer kanserinden ölen sigara tiryakilerinin akciğer

dallanımlarındaki kümülatif alfa radyasyonunun yaklaşık 80 rad (1600 rem) olduğunu ve bunun da bazal hücrelerde tümör oluşturması için yeterli doz olduğunu rapor etmiştir. Solunan radon ürünlerinin alfa aktivitesinden kaynaklanan doğal ortam dozunun yılda yaklaşık 2000 mrem olduğu göz önüne alındığında rapor edilen bu dozun oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Aynı çalışmada yaşlı bir tiryakinin bronşlarındaki birkaç mm² 'lik bir bölgenin yaklaşık 20.000 mrem/yıl oranında bir doz verdiği hesaplanmıştır. Bu aktivite, yeraltı madenlerinde çalışan işçilerin, işleri dolayısıyla artan akciğer kanseri riskine eşdeğer bir ömür dozu verebilmektedir. Bununla beraber, bronşiyal ağaç üzerinde böyle bir alfa yayımlayıcı noktanın kalış zamanı bilinmediği için doz kesin olarak hesaplanamayabilir.

Dumadaki radyonüklidlerden sigara tiryaklerine gelen riskin önemi abartılmış değildir. Bu bilgilerin ışığında, bronşiyal ağaçtaki, yüksek aktiviteye sahip birkaç mm² 'lik tek bir bölge bile vereceği doz açısından oldukça önemlidir. Çünkü çok küçük bir bölgede yoğunlaşan alfa verici çekirdekler, aynı aktiviteye sahip olsalar dahi, üniform olarak geniş bir alana dağılan çekirdeklere göre karsinojen olarak çok daha etkilidirler.

İnsandaki Po-210 'nun en önemli kaynaklarından biri de vücuttaki Pb-210 'dur. Vücut içeriği 600 pCi olarak tahmin edilen 22 yıl ömürlü Pb-210'un Po-210'a katkısı günde yaklaşık 3 pCi'dir. Po-210 vücut yükü Pb-210 bozunmasıyla sabit bir değerde korunur fakat bu seviye Pb-210 ile radyoaktif dengedeki aktivitesinden daha düşüktür. Bu da Po-210 'nun vücuttan atılım oranının Pb-210 'dan daha yüksek olduğunu gösterir (Spencer ve ark., 1977).

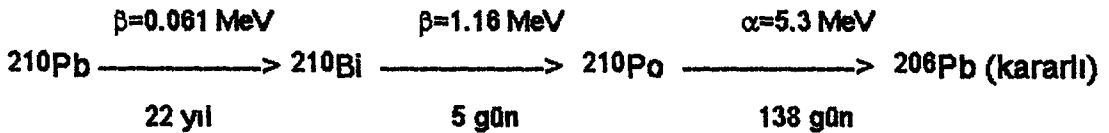
Rn-222 'nin kısa ömürlü bozunum ürünleri, içsel yayımlayıcılardan gelen

efektif doz eşdeğerinin yaklaşık % 60 'sını karşıladığı için içsel radyasyona çeşitli katkıları arasında çok önemlidir. Bunlar K-40 (% 13), Rn-222 'nin kısa ömürlü bozunum ürünleri (% 13) ve Pb-210 ,Po-210 (% 8) dir. Böylece Pb-210 ve Po-210, esas olarak da alfa yayınlıyıcı Po-210 'nun, insanın doğal içsel radyasyon dozuna önemli bir katkı yaptığı görülür. Bu nedenle Pb-210 ve Po-210 geçen 30 yıldan beri özellikle USA, UK ve USSR 'de geniş ölçüde incelenmekte olup, bu radyonüklidlerden kaynaklanan radyasyon dozunun değerlendirilmesi üzerinde geniş bir literatür oluşturulmuştur (Takizawa ve ark., 1990).

II- MATERYAL VE METOD

Materyal olarak seçilen sigaraların yerli olanları TEKEL 'den (Samsun, Best, Tekel 2000, Birinci, Maltepe ve Yeni Harman), ithal (Marlboro, Parliament ve Camel) olanları ise iç piyasadadan temin edilmiştir. Sigaraların tütün, izmarit ve kül içeriklerinin Po-210 aktivitelerinin saptanması için elektrodpozisyon işlemi yapılmıştır.

Pb-210 ve radyoaktif bozunum ürünleri olan Bi-210 ile Po-210 atmosferik, karasal ve okyanuslarla ilgili olayları incelemek için değerli doğal izleyicilerdir. Rn-222 ve bozunum ürünleri arasında radyoaktif denge varsa, bozunum zincirindeki her üyenin aktivitesi Pb-210 'nun 47 keV enerjili gaması, Bi-210 'nun 1.16 MeV enerjili betası yada Po-210 'nun 5.3 MeV enerjili alfası ölçülerek saptanabilir.



Ancak, Pb-210 ve ürünleri arasında dengesizlik varsa, radyonüklidler örnek toplanmasından hemen sonra ayrılmalı ve bağımsız olarak ölçülmelidir. Bireysel ölçümlerin kesinlik ve doğruluğu bozunum zincirindeki üyeler arasındaki dengesizliğin derecesini kanıtlaması yönünden önemlidir.

Pb-210 'nun bozunum zincirindeki radyonüklidler bireysel olarak ölçülebilmesine karşın, zincirdeki her üç üyenin aktivitelerini aynı zamanda saptamak için yapılan çalışmalar yeterli değildir. Özellikle de kısa-ömürlü

ürün Bi-210 her zaman Pb-210 ve Po-210 ile beraber ölçülememiştir (Nevissi, 1991).

Çevresel örnekler doğrudan radyoaktivite sayım tekniğiyle tesbit edilemediğinden, örnekleri daha uygun bir forma getirmek ve ilgili radyonüklidleri ayırarak konsantre etmek gerekir. Örneklerin bu şekilde hazırlanması alfa, beta radyasyonu ve düşük enerjili gamaların self-absorbsiyonunu indirmek için gereklidir.

II-1. Radyokimyasal Ayırma ve Sayım

Çevresel örneklerin aktivite seviyelerini saptamak için, sayımın son adımına hazırlamakta birbirinden farklı radyokimyasal yöntemler kullanılır. Yöntemin seçimi her zaman kolay değildir ve bazen örnekler bölünerek iki veya daha fazla teknikte analizlenebilir. Çevresel örnekleri, sayımın son aşamasına hazırlamak için aşağıdaki yöntemler kullanılır:

- 1- İyon değişimi
- 2- Tracer ile mikrokimya
- 3- Kompleks oluşturma
- 4- Birlikte Çöktürme
- 5- Solvent ekstraksiyonu
- 6- Elektrokaplama ve elektrodepozisyon.

Elektrokaplama ve elektrodepozisyon teknikleri, alfa yayınlayan çekirdekler için çok yaygın olarak kullanılır. Bu teknik özel bir metal (gümüş, bakır, nikel vb.) disk üzerinde ince üniform bir radyonüklid (örneğin Po-210) tabakası

oluşturarak yüksek ayırma güçlü alfa spektroskopisine olanak verir. Teknik relatif olarak yüksek verime sahip olması ve minimum self absorpsiyonlu bir örnek hazırlanmasına olanak vermesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Kathren, 1986).

Çalışmada da ülkemizde en çok içilen sigaraların Po-210 aktivite düzeylerini ölçmek için aynı teknik kullanılmıştır.

Polonyum depoze edilecek bakır diskler, % 97.02 saflıktadır. 2.1 cm çapında kesilen ve 0.1 mm kalınlığındaki bakır diskler kullanılmadan önce ön temizlemeye tabi tutulmuştur. Diskler asetonlu kağıt mendil ile silindikten sonra, 1M HNO₃ çözeltisi içinde birkaç dakika bekletilerek, saf su ile çalkalandıktan sonra tekrar asetonla yıkanarak oda sıcaklığında kurutulmuşlardır. Böylelikle yüzeysel olarak temizlenen metal diskler, kullanıma hazır hale getirilmişlerdir (Hasanen, 1977).

Su banyosundaki çözelti içine bakır disk dik olarak, tamamı çözeltilmeye girecek şekilde yerleştirilmiştir. Çözelti, homojen bir depozisyon sağlamak için alttan karıştırılarak polonyum 90 dakika süre ile bakır diskin her iki yüzeyine depoze edilmiştir. Daha sonra depozisyon hücresinde değişiklik yapılarak disklerin sadece bir yüzüne depozisyon yapılması sağlanmış ve daha iyi sonuçlar alınmıştır.

II-1.1. Tütün

Taze açılan paketlerden 20 adet sigaranın tütününü 105°C 'de 2 saat süre ile kurutulmuş ve asitle parçalama verimini arttırmak için öğütülerek 500 ml lik bir behere aktarılmıştır. 50 ml konsantre HCl asit ve 50 ml konsantre HNO₃ asit ilave

edilerek hot plate üzerinde, 150°C 'de kuruluğa kadar buharlaştırılmıştır. Elde kalan tortu 0.5M HCl asit ile tekrar çözülerek, katı ve sıvı fazlar filtrasyonla ayrılmıştır. Filtrasyon işleminde Po-210 'nun kaybedilmemesi için özel bir filtre (589 white ribbon, Schleicher and Schuell) kullanılmıştır. Filtre üzerindeki tortu birkaç kez saf su ile yıkanarak süzme işlemine devam edilmiştir. Elde edilen çözeltinin hacmini düşürmek için buharlaştırma işlemi tekrarlanmıştır. Örnek konsantre asitlerle muamele edildiği için çözeltinin pH 'sı yaklaşık 0.5 tir ve bu asidiklik depoziyon işlemi sırasında bakır diskin çözünmesine yol açmaktadır. Bu nedenle çözelti pH 'sı 1M olarak hazırlanan NH₃ ile 1.2 'ye yükseltilmiştir. Bu işlem sırasında çözeltide oluşan nitratları uzaklaştırmak için filtreleme işlemi tekrarlanmıştır. Elde kalan çözelti 100ml 'lik bir behere aktarılarak 50 ml 'ye tamamlanmıştır. Tekrar pH kontrolü yapılarak, hot plate üzerinde sıcaklığı 65-70°C 'de sabit tutulan su banyosuna yerleştirilmiştir.

II-1.2. İzmarit ve Kül

Bir paket (20 adet) sigara etüvde 105°C 'de 2 saat süre ile kurutularak suni olarak içirilme işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem önce, özel olarak yapılmış 5 kanallı cam bir ağızlık ve vakum pompasıyla yapılmıştır. Sigara dumanından gelecek su buharı ve nikotinin vakum pompasına zarar vermesini önlemek için cam ağızlığın içine pamuk yerleştirilmesine karşılık bu işlemde yeterli başarı sağlanamamıştır. Daha sonra boş bir oksijen tübü bu amaç için kullanılmıştır. Vakum pompasıyla havası boşaltılan tüpe, bir hortum vasıtasıyla cam ağızlık bağlanmıştır. Yine tübe girecek nikotin ve su buharını minimuma indirmek için, girişine nem çekici ve pamuk yerleştirilmiş ve sigaralar, çalışmada geliştirilmiş olan bu yöntemle suni olarak içirilmiştir.

Suni olarak içirilme işleminde, dakikada bir 58 saniye ara ile 2 saniyelik çekim olarak rapor edilen (Mussalo-Rauhamaa ve Jaakkola, 1985) standart içim parametresi kullanılmıştır. Sigaraların izmarit uzunluğu sabit tutularak filtre korunmuştur. Sigaralar içirildikten sonra, geriye kalan kül ve izmaritler 250 ml 'lik behere aktarılmıştır. Izmaritler, çözme işlemini kolaylaştırmak için küçük parçalara ayrılmış ve 105 °C 'de 2 saat için kurutulmuştur. Elde edilen küllere 15 ml konsantre HCl ve 15 ml konsantre HNO₃, izmaritlere de 20 ml konsantre HCl ve 20 ml konsantre HNO₃ ilave edilerek kuruluğa kadar buharlaştırılmıştır. Elde kalan tortular 0.5M HCl ile muamele edilerek tütüne uygulanan işlemlerin aynısı kül ve izmaritlere de uygulanmıştır. Daha sonra bu yöntemde bazı geliştirmeler yapılarak yeni şekliyle uygulamaya konulmuştur.Çünkü önceki yöntemde madde miktarı azaltıldığında ard ortam düzeyinde sayımlar alınmaktadır. Madde miktarının fazla kullanılması durumunda ise kimyasal işlemler sonunda arta kalan tortunun fazla miktarda olması nedeniyle iki kez filtrasyon gerektirmekte, bu da polonyum kaybını arttırmaktadır. Bunun yanında bir de, kuruluğa kadar buharlaştırma sırasında, polonyumun düşük sıcaklıklarda bile uçucu olması yüzünden bir miktar kayıp söz konusu olabilmektedir.

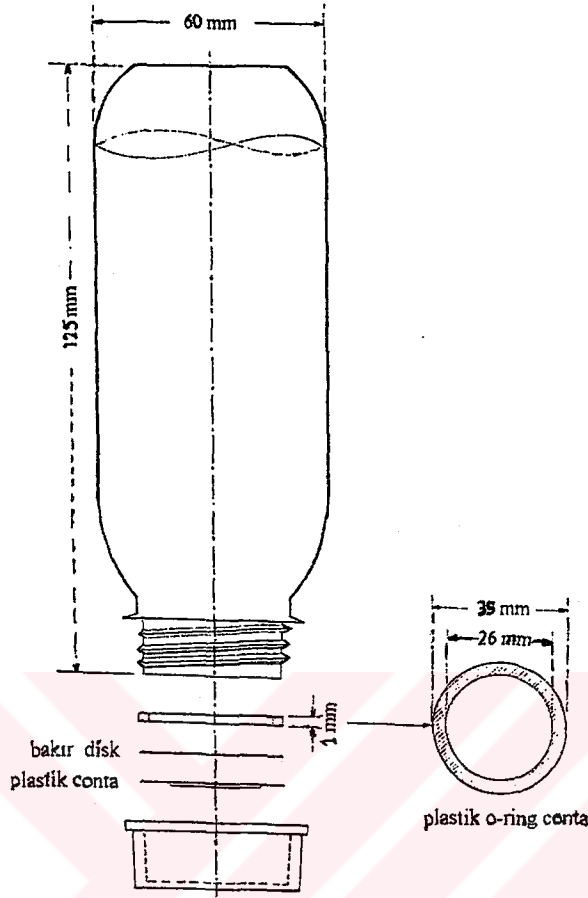
Yeni uygulamada 20 sigara yerine 2 adet sigaranın tütününü 105 °C 'de 2 saat için kurutulmuş ve 100 ml 'lik bir behere aktarılarak, üzerine 30 ml konsantre HCl ilave edilmiştir. Daha sonra sıcaklığı 80-85 °C 'de sabit tutulan su banyosuna yerleştirilerek manyetik karıştırıcıyla 1 saat karıştırmak suretiyle çözme işlemi gerçekleştirilmiştir. Eldeki bu çözelti soğutulduktan sonra filtrelenmiş ve bu esnada beher saf su ile çalkalanarak filtre üzerine ilave edilmiştir. Filtre üzerindeki tortu saf su ile birkaç kez yıkanmıştır. 250 ml 'lik bir behere aktarılan çözelti saf su ile 150 ml 'ye tamamlanarak pH kontrolü yapılmıştır. Çözelti pH 'sı 0.25 ile 0.60 arasında olmasına karşın önceki yöntemde karşılaşılan bakır diskin

çözünmesi gibi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Sigaralar içirildikten sonra kül ve izmaritlerine de benzer işlemler uygulanmıştır. 5 adet sigara 105 °C 'de 2 saat süreyle kurutulduktan sonra suni olarak içirilmiştir. Elde edilen küllere 20 ml, izmaritlere de 30 ml konsantre HCl asit ilave edilerek sıcaklığı 80-85 °C 'de sabit tutulan çözme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kül ve izmarit örneklerinden çözeltiliye alınan polonyum, tütüne uygulandığı gibi, elektrodepozisyonla bakır diskler üzerine toplanmış ve bu disklerin alfa aktiviteleri ölçülmüştür.

II-2. Depozisyon Hücresi

Depozisyon hücresi olarak 200 ml hacimli polletilen şişenin dibini kesilerek kullanılmıştır (Şekil 3). Bakır disk, şişenin kapağına yerleştirilmiş ve sızdırmayı önlemek için polletilen conta kullanılarak kapak iyice sıkıştırılmıştır. Bakır diskler 3.5 cm çapında olup, çözeltiliyi gören yüzeyi 2.6 cm çapındadır.

Çözelti depozisyon hücresine aktarılarak, sıcaklığı 70-75 °C 'de sabit tutulan su banyosuna yerleştirilmiştir. Polonyumun disk üzerinde üniform bir dağılımını elde etmek için çözelti teflon bir çubukla sabit hızda karıştırılarak 2 saat süreyle depozisyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Depozisyon sonunda su banyosundaki depozisyon hücresi çıkartılarak içeriği boşaltıldı. Kapaktaki bakır disk dikkatlice çıkarıldı ve saf su ile hafifçe durulanarak oda sıcaklığında kurutuldu. Kuruyan bakır diskin aktivitesi ZnS(Ag) sintilasyon detektörü ile 450 dakika süre ile sayıldı.



Şekil 3. Depozisyon hücresi

II-3. Kullanılan Sayım Sistemleri

Ölçümler için önce silikon yarı-iletken yüklü parçacık detektörü (Tennelec 400mm²-300µm) ve tek kanallı analizör (Canberra 2015A) sistemi kullanılmıştır. Bir vakum odası (Tennelec, TV-1 Model) içine yerleştirilmiş olan detektöre +130 volt gerilim uygulanmıştır.

Son sayım sistemi ZnS(Ag) sintilasyon dedektörüdür (Eberline). Model SAC-4 sintilasyon alfa detektörü, 2 inch'lik bir detektör, yüksek voltaj güç kaynağı, yüke duyarlı giriş amplifikatörü, zamanlayıcı ve sekiz-katlı okuyucudan ibaret komple bir sistemdir. Bütün devreler, (detektör hariç) - güvenirliliği

sağlayan integrasyon devrelerinin geniş kullanımıyla- katıhal devrelerdir.

II-4. Kimyasal Ayırma ve Sayım Veriminin Tayini

Kimyasal Ayırma ve sayım sisteminin verim tayininde Po-210 ile dengede olan 0.46 nCi/ml 'lik Pb-210 standart çözeltisi kullanılmıştır. Bu çözeltiden farklı aktivitelere alınarak bakır diskler üzerine elektrodepozisyon işlemiyle Po-210 toplanmıştır. Disklerin alfa aktivitesi ölçülerek kullanılan sistemin (kimyasal + sayım sistemi) toplam verimi % 33.04 (Tablo 1), ilk sistemin toplam verimi de aynı yoldan % 16.59 olarak hesaplanmıştır.

Sayım sistemlerinin verimini tayin etmek için bakır diskler üzerine aynı standarttan damlatılarak alfa aktiviteyi ölçülmüş ve $\epsilon = \text{cps/dps}$ denkleminde sayım sistemlerinin verimi;

Silikon detektörün sayım verimi % 26.95,

ZnS(Ag) detektörün sayım verimi % 39.44

olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Farklı aktivitedeki standartlara göre sistemin toplam verimi.

μ	pCi	dps	cps	verim
5	2.3	0.085	0.027	32.11
50	23	0.851	0.282	33.14
100	46	1.702	0.556	32.65
200	92	3.404	1.179	34.64
500	230	8.510	2.780	32.67

Detektörlerin sayım verimleri hesaplandıktan sonra, her iki sistemin toplam verimleri göz önüne alınarak $\epsilon_t = \epsilon_k \times \epsilon_s$ denkleminde, kimyasal verimler hesaplanmıştır. Burada ϵ_t toplam verim, ϵ_k kimyasal verim, ϵ_s sayım sisteminin verimidir. Buradan kimyasal verimler;

ilk yöntemin kimyasal verimi % 61.57,

ikinci yöntemin kimyasal verimi % 83.77

olarak bulunmuştur.

Son yöntemde sistemin ortalama toplam verimi % 33.04 olmasına karşılık ilk sistemde % 16.59 idi.

Pb-210 standart çözeltisi kullanılarak yapılan verim tayinlerinde sigaranın tütün, kül ve izmaritlerinin radyokimyasal ayırma verimine etkisi incelenmemiştir. Pb-210 standardı, konsantre HCl asit ve saf su kullanılarak, örneklerin depozisyon çözeltisiyle aynı pH 'ta hazırlanan 150 ml 'lik çözelti içine doğrudan ilave edilerek, sıcaklığı 70-75 °C 'de sabit tutulan su banyosunda, 2 saat süre ile bakır disk üzerine depoze edilmiştir. Bu durumda, çözelti içinde herhangi bir materyal olmadığı için Po-210 kaybı söz konusu değildir. Fakat sigaradaki Po-210 'un bakır disk üzerine toplanabilmesi için öncelikle radyokimyasal ayırma işlemi yapılmış ve katı ile sıvı fazları ayırmak için çözelti filtrelenmiştir. Bu işlemler sırasında filtre üzerinde kalan tortudaki polonyumun etkisini hesaplamalarda göz önüne almak için çözme işlemi sırasında örnekler üzerine belli konsantrasyonda Pb-210 standart çözeltisi ilave edilmiştir. Örneklerin aktivitesi çözeltilerine ilave edilen standardın aktivitesi yanında ihmal edilebilecek kadar düşüktür.

105 °C 'de 2 saat süre ile kurutulan 2 adet sigaranın tütünü, 100 ml 'lik bir

behere aktarılarak, üzerine 30 ml konsantre HCl asit ile birlikte 23 pCi Pb-210 standart çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra örneklerle yapıldığı gibi elektrodpozisyon ve sayım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sigaranın kül ve izmaritleri ile yapılan çalışmalarda ise; 5 adet sigara suni olarak içirildikten sonra elde edilen kül ve izmaritlere de tütüne uygulanan işlemler aynı şekilde tekrarlanmıştır. Çözme işleminde sigaranın tütünündeki Po-210 alım veriminin izmarit ve küle göre daha yüksek oluşunun nedeni tütünün organik , külün inorganik yapıda olmasından kaynaklanabilir. Tütünün yanması sonucu oluşan kül fraksiyonu çeşitli metallerin oksit formlarını içerdiğinden bu kompleks yapıdan Po-210'un çözeltiye geçiş verimi matriks etkisi nedeniyle daha düşük olmaktadır. Sigara izmariti ise selülozik bir yapıya sahiptir ve bu nedenle mineral asitlerle, izmaritten Po-210 'un çözeltiye alımı düşük bir verimle gerçekleşmektedir.

Tablo 2. Sigaranın Tütün Kül ve İzmaritlerinin Toplam Verime Etkisi.

Materyal	Kimyasal verimi	Sayım verimi	Toplam verim
Sigara Tütünü	0.73	0.39	0.29
Sigara Külü	0.44	0.39	0.18
Sigara izmariti	0.39	0.39	0.16

Standart katma ile yapılan bu çalışmalarda tütün, kül ve izmarit örneklerinin her biri için kimyasal verimler % 73 , % 44 , % 39 olarak bulunmuştur (Tablo2). Ölçüm sisteminin ard ortam aktivitesi ortalama 0.1634 cpm dir.

III- BULGULAR VE TARTIŞMA

Ülkemizde en çok içilen 6 çeşit yerli ve 3 çeşit yabancı sigaranın tütünündeki Po-210 aktivitesinin 0.340 ile 0.431 pCi/sig. tütün arasında değişim gösterdiği ve ortalama olarak 0.376 pCi/sig. tütün olduğu görülmektedir (Tablo 3). Aynı zamanda tütünün kuru ağırlığı göz önüne alındığında Po-210 içeriği 0.433 pCi/g ile 0.534 pCi/g arasında değişim gösterir ve ortalama olarak gram başına 0.477 pCi dir. Türk sigaraları üzerinde 1975 yılında yalnızca sigaranın tütününde yapılan bir çalışmada, tütünün Po-210 içeriğinin ortalama olarak 0.217 pCi/g , 1992 yılında yapılan bir diğer çalışmada ise, 0.40 pCi/g olduğu saptanmıştır (Kahraman, 1992).

Elde ettiğimiz sonuçlar, bu sonuçlardan biraz daha yüksektir fakat bu çalışmalardaki materyaller bizim kullandıklarımız ile tamamen aynı markalar üzerinde değildir ve yabancı sigaralar sonuçlara dahil edilmemiştir. Ayrıca tütünün yetiştiği bölge toprakları ve gübreleme farklılıkları da etki olabilir. Çalışmamızda ölçtüğümüz kül, izmarit ve dumandaki Po-210 konsantrasyonları karşılaştırabileceğimiz, Türkiye'de yapılan bir başka çalışmaya raslanmamıştır.

Bu konuda yapılan benzer çalışmalarda, sigaraların Po-210 içeriği; Finlandiya filtreli sigaraları için 0.33 ± 0.1 pCi/g (Mussalo-Rauhaama ve Jaakkola, 1985), Hindistan tütünleri için 0.090 pCi/g (Sing, 1976), Suriye sigaraları için 0.02 ± 0.01 ile 0.08 ± 0.03 pCi/g arasında (Batarek ve Teherani, 1987) ve Japon tütünleri için 0.69 pCi/g olarak rapor edilmiştir (Kahraman, 1992). Tso ve arkadaşları (1964), Amerikan tütünleri üzerinde yaptıkları çalışmalarda Po-210 için 0.15 ± 0.01 ile 0.48 ± 0.01 pCi/g arasında konsantrasyonları rapor etmişlerdir.

Tablo 3. Türkiye 'de Kullanılan Sigaraların Tütün, Kül ve İzmaritlerinin Po-210 içeriği.

Sigara	Tütün		Kül pCi/s.kül	İzmarit pCi/s.izm.
	pCi/g.tüt.	pCi/s.tüt.		
Samsun	0.470	0.399	0.044	0.103
Best	0.466	0.340	0.018	0.060
T.2000	0.481	0.366	0.026	0.066
Birinci	0.487	0.370	0.028	0.072
Maltepe	0.435	0.349	0.007	0.047
Y.Harman	0.433	0.342	0.011	0.065
Marlboro	0.495	0.403	0.042	0.099
Parliament	0.534	0.431	0.022	0.103
Camel	0.493	0.382	0.036	0.084
Ortalama	0.477	0.376	0.026	0.078

Bu konuda en yoğun araştırmalardan Radford ve Hunt (1964) 'ın, Amerikan sigaraları üzerinde yaptığı inceleme sonuçları ile çalışmada elde ettiğimiz ortalama değerler Tablo 4 'te karşılaştırılmıştır.

Tablo 4. Amerikan Sigaraları ile Ülkemizde İçilen Sigaraların Po-210 içeriklerinin karşılaştırılması.

Materyal	Radford-Hunt (pCi/sigara)	Bizim sonuçlarımız (pCi/sigara)
Sigara tütünü	0.390 - 0.480	0.340±0.034 - 0.431±0.043
Sigara külü	0.031 - 0.053	0.007±0.001 - 0.044±0.004
Sigara izmariti	0.094 - 0.150	0.047±0.004 - 0.103±0.010

Tablo 4 'ten görüldüğü gibi, bizim sonuçlarımızda sigaraların küli ve izmaritlerinin Po-210 içerikleri biraz düşük olmasına karşın Radford ve Hunt (1964) 'ın verileriyle uyumaktadır. Aynı çalışmada, içe çekilen dumanın toplam dumana oranının yaklaşık % 50 olduğu saptanmıştır.

Çalışmadaki kimyasal toplama ve aktivite sayma işlemlerinden gelebilecek hatalar dikkate alınarak sonuçlarda % 10 'luk bir standard hata bulunacağı öngörülmüştür.

Elde ettiğimiz sonuçlar, Japon tütün ürünleri hariç diğer rapor edilenlerden daha yüksektir. En düşük Po-210 aktivitesi Hindistan ve Suriye tütün ürünlerinde görülmüştür. Bunun nedeninin bölge topraklarının asidikliği olduğu düşünülmektedir(Singh, 1976).

IV- SONUÇ

Türkiye 'de ve diğer ülkelerde önceki yıllara göre tütünlerin Po-210 içeriğindeki bu artış, son yıllarda sanayileşmenin bir sonucu olarak fosfat içeren gübrelerin tütün tarımında daha fazla kullanılması yüzünden olabilir. Çünkü uranyum içeren fosfat kayalarının ticari rezervleri perklorik asit ve fosfat üretilen fabrikalarda ham madde olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, tarım yapılan topraklara uygulanan fosfatlı gübrelerin, insanın Pb-210 ve Po-210 alımına önemli bir katkı yaptığı bilinmektedir.

Çalışmada tek bir sigara tam olarak içildiğinde kül ve izmaritin Po-210 içeriği ortalama olarak, 0.026 pCi/sig. külü ve 0.078 pCi/sig. izmariti olarak bulundu. Bir sigaranın tütününün Po-210 içeriği ortalama 0.376 pCi/sig.tütünü olarak ölçüldüğüne göre, dumana geçen polonyum aktivitesi 0.272 pCi/sig. dumani olarak hesaplanmıştır, bunun da tütündeki aktivitenin % 72.34 'ü olduğu görülmektedir. Sigaranın izmaritinde kalan Po-210 'nun miktarı tütündekinin sadece % 7 'si olduğu saptanmıştır. Bu konuda yapılan benzer çalışmalar (Mussalo-Rauhamaa ve Jaakkola,1985; Rajewsky ve Stahlhofen, 1966) da gözönüne alındığında sigara filtresinin Po-210 solunmasına karşı koruyucu bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

Sigara başına 0.272 pCi olan dumana geçen aktivitenin % 50 'sinin akciğerde depoze olduğu kabul edilirse, günde 1 paket (20 adet) sigara içen bir birey, günde 2.72 pCi Po-210 soluyacaktır. Bu aktivite günde 20 m³ hava soluyan bir kişinin art ortamdan alacağı aktivitenin (Po-210 için 0.04 pCi/gün) yaklaşık 7

katıdır ve bu sonuç, Mussalo-Rauhamaa ve Jaakkola (1985) 'nın günde 1 paket sigara içen bir bireyin soluyacağı Po-210 aktivitesi için hesapladıkları 2.61 pCi ye çok yakındır.Yapılan bir başka çalışmada (Rajewsky ve Stahlhofen, 1966), sigara başına solunan Po-210 aktivitesinin 0.1 pCi olduğu ve günde 1 paket (20 adet) sigara içen bir kişinin 2 pCi Po-210 soluyacağı rapor edilmiştir. Dolayısıyla çalışmamız sonuçlarının literatür verileriyle uygunluk içinde olduğu gözlenmektedir.



V- ÖZET

Çalışmada Türkiye'de tüketimi fazla olan sigaraların tütün, kül, izmarit ve dumanın Po-210 içeriği Elektrokimyasal Toplama ve Alfa Radyasyonu Dedeksiyonu Tekniği ile saptanmıştır.

Denemelerde kullanılan yerli sigaralar TEKEL'den yabancı sigaralar ise piyasadan alınmıştır. Her bir sigaranın tütünü kurutulduktan sonra mineral asitlerle kimyasal çözme işlemine tabi tutulmuştur. Çözme işlemi sonunda elde kalan çözeltideki polonyum elektrokimyasal toplama tekniğiyle bir bakır disk üzerine toplanmış ve disklerin alfa aktivitesi ZnS (Ag) sintilasyon detektörü ile ölçülmüştür. Sigaralar suni olarak içirilerek elde edilen kül ve izmaritlere de aynı kimyasal çözme ve sayım tekniği uygulanmıştır.

Analizlenen 6 farklı marka yerli sigara ve 3 farklı marka yabancı sigaranın tütün, kül ve izmaritindeki ortalama Po-210 aktivitesi, sırasıyla 0.376 pCi/sig , 0.026 pCi/sig.külü ve 0.078 pCi/sig.izm. olarak ölçüldü. Buradan dumandaki aktivite ise 0.272 pCi/sig.dumanı olarak saptanmıştır. Bu sonuçlara göre; Türkiye 'de günde 1 paket sigara içen bir kişi günde 2.72 pCi polonyum soluyacaktır. Solunan bu aktivite, kişinin ard ortamdan aldığından yaklaşık olarak 6-7 kat daha yüksektir ve bu nedenle, sigara içiminin akciğer kanserinin oluşumundaki etkisinin önemli bir kısmı içerdiği radyoaktiviteye dayanmaktadır.

VI-SUMMARY

In this study, Po-210 contents of tobacco, ash, butts and smoke of cigarettes much consumed heavily in Turkey have been determined by Electrochemical Deposition and Alpha Detection Technique.

Domestic cigarettes used in the experiments were taken from TEKEL, and imported cigarettes were bought from the market. The tobacco of each cigarette was dried, and then dissolved with mineral acids (wet-ashing). The polonium in the solution was deposited on a copper disc by the electrochemical deposition technique, and the alpha activities of these discs were measured by ZnS (Ag) scintillation detector. The ash and butts remained after the cigarettes artificially smoked, have been analyzed with the same chemical dissolving and counting technique.

The average Po-210 activities in the tobacco, ash, butts of six different brands of domestic and three different brands of imported cigarettes analyzed were measured to be 0.376 pCi/cig., 0.026 pCi/cig.ash and 0.075 pCi/cig.butt, respectively. Thus, Po-210 activity in smoke was determined as 2.72 pCi/cig.smoke. According to these results, a person smoking a pack of cigarettes per day in Turkey, will inhale 2.71 pCi polonium. This activity is about 6 -7 times higher than background, and therefore, an imported fraction of effect of smoking in incidence of lung cancer is due to the radioactivity in tobacco.

VII- KAYNAKLAR

- Batarekh, K., and Teherani, K. D., 1987. Determination of Polonium-210 in Cigarettes from Syria. *J. Radional. Nucl. Chem., Letters*, Vol. 117 (2), pp. 75-80.
- Fisenne, M. I., Welford, A. G., Perry, P., Baird, R., and Keller, W. H., 1978. Distributional $^{234,238}\text{U}$, ^{226}Ra , ^{210}Pb and ^{210}Po in Soil. *Environment International*, Vol. 1, pp. 245-246
- Hasanen, E., 1977. Dating of Sediments, Based on ^{210}Po Measurements. *Radiochem. Radioanal. Letters*, Vol. 31, No. 4-5, pp 207-214
- Kahraman, A., 1992. Determination of Po-210 Content of Turkish Cigarette Tobaccos. Yüksek Lisans Tezi, İst. Tek. Üni. Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Kathren, L. R., 1986. Terrestrial Radiations and Radioactivity In:Radioactivity in the Environment Sources, Distribution, and Surveillance, pp. 39-72, Harwood Academic Publishers.
- Martell, A. E., 1982. Radioactivity in Cigarette Smoke. *The New England Journal of Medicine*, Vol. 307, No. 5, pp. 309-313.
- Martell, A. E., 1974. Radioactivity of Tobacco Trichomes and Insoluble Cigarette Smoke Particles. *Nature*, Vol. 249, pp. 215-217.
- Martell, E. A., and Sweder, K.S., 1983. Properties of Radon Progeny Aerosol in Mainsream Cigarette Smoke and The Alpha Dose at Segmental Bifurcation of Smokers. *Proceedings of a Special Workshop "Current Concepts in Lung Dosimetry* (Edited by Fisher, D. R.). Salt Lake City, Utah, pp. 144-151,
- Mussalo-Rauhamaa, H., and Jaakkola, T., 1985. Plutonium-239, ^{240}Pu and ^{210}Po Contents of Tobacco and Cigarette Smoke. *Health Physics*, Vol. 49, No. 2, pp. 296-301.

- Nevissi, A.E., 1991. Measurement of Lead-210, Bismuth-210, and Polonium-210 in Environmental Samples. *Journal of Radioanal. and Nucl. Chem., Articles*, Vol. 148, No.1, pp 121-131.
- Radford, E. P., and Hunt, V. R., 1964 Polonium-210: A Volatile Radioelement in Cigarettes. *Science*, Vol. 143, pp. 247-250.
- RCA Service Company, Inc, 1957. Biological Effects. In: "Atomic Radiation". pp. 43-60.
- Singh, R. D., and Nilekant, R. S., 1976. Measurement of Polonium Activity in Indian Tobacco. *Health Physics*, Vol. 31, pp. 393-394.
- Spencer, H., Holtzman, B., Kramer, L., and Ilcewicz, H., 1977. Metabolic Balances of ^{210}Pb and ^{210}Po at Natural Levels. *Radiation Research*, Vol. 69, pp. 166-184.
- Takizawa, Y., Zhao, L., Yamamoto, M., Abe, T., and Ueno, K., 1990. Determination of ^{210}Pb and ^{210}Po In Human Tissues of Japanese. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 138, No. 1, pp 145-152.
- Tso, C. T. , Hallden, A. N., and Alexander, T. L. , 1964. Radium-226 and Polonium-210 in Leaf Tobacco and Tobacco Soil. *Science*, Vol. 146, pp. 1043-1045
- Watson, P. A., 1985. Polonium-210 and Lead-210 in Food and Tobacco Products: Transfer Parameters and Normal Exposure and Dose. In: "Environmental Effects" J. P. Witherspoon, Jr. and L. D. Voorhees (Eds). *Nuclear Safety*, Vol. 26, No.2, pp. 179-191.
- Weast, C. R., Astle, S. M., and Beyer, H. W., 1985. Handbook of Chemistry and Physics. 64 th Edition, 1983-1984. CRC Press.