

The Determination of Calcium (Ca) Concentrations and Trace Elements in Human Teeth Using Radioisotope Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF) Technique

Mehmet Fatih AYDIN^{1,*}, Ömer SÖĞÜT¹

¹*Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics, 46040 Kahramanmaraş, Turkey, mfaydin02@gmail.com*

osogut@ksu.edu.tr

Abstract

In this study, by using EDXRF technique, the determination of calcium (Ca) concentration and trace elements found in human teeth separating in accordance with male-female gender and specific age groups is made. For this purpose, In order to excite the samples a ²⁴¹Am radioisotope source with 50 mCi intensity and 59.5 keV energy and another ⁵⁵Fe radio isotope source with 100 mCi intensity and 5.96 keV energy. To count the characteristic X-rays emitted from samples, an ultra LEGe detector with resolution 150 eV at 5.96 keV, was used. The analysis results in human tooth samples S, Ca, Cu and Zn trace elements were found to be.

Keywords: EDXRF, Tooth and Calcium, Ultra-LEGe Detector.

Enerji Dağılımlı X-Işını Floresans (EDXRF) Tekniği Kullanılarak İnsan Dişinde Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonlarının ve İz Elementlerin Tayini

Özet

Bu çalışmada, Enerji Dağılımlı X-ışını Floresans (EDXRF) tekniği kullanılarak insan dişini, erkek-kız cinsiyetlerine ve belli yaş gruplarına göre ayırarak insan dişinde

* Corresponding Author

kantitatif ve kalitatif analiz ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla, diş örneklerini uyarmak için 50 mCi şiddetinde, 59.5 keV enerjili ²⁴¹Am radyoizotop kaynağı ile 100 mCi şiddetinde, 5.96 keV enerjili ⁵⁵Fe radyoizotop kaynağı kullanılmıştır. Diş örneklerinden yayınlanan karakteristik X-ışınlarını saymak için rezülasyonu 5.96 keV'de 150 eV olan ultra LEGe dedektörü kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda insan diş örneklerinde S, Ca, Fe, Cu ve Zn iz elementleri olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: EDXRF, Diş ve Kalsiyum, Ultra-LEGe Dedektör.

1. Giriş

Yetişkin bir insanın vücudunda 1.2 kg kalsiyum (Ca) bulunur ve bu vücut ağırlığının yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır. Kalsiyumun büyük çoğunluğu kemik ve dişlerin yapısında, geri kalanı yumuşak dokularda ve az miktarı da vücut sıvılarında bulunur. Kalsiyumla birlikte kemiğin yapısında magnezyum, flor, çinko ve sodyum gibi mineraller de vardır. Besinlerimiz ile aldığımız kalsiyumun ancak %30-40'ı emilebilmektedir. Emilemeyen kısım ise dışkı, idrar az miktarda da deri ve saç ile atılır. Kalsiyum eksikliği belirtileri; Kas krampları ve kas ağrıları, kalp çarpıntısı, tırnakta görülen kırılmalar, uyku sorunları, eklem ağrıları, diş çürükleri, dişeti problemleri gibi belirtilerdir [1].

X-Işını Floresans (XRF) tekniği, elementlerin kantitatif ve kalitatif analizler için çok kullanılan ve önemli avantajları olan nükleer analitik tekniktir. Teorik olarak, periyodik sistemde H (Hidrojen) ve He (Helyum) elementi dışında tüm elementlere uygulanabilmektedir. Bu da yaklaşık 1-100 keV enerji aralığını kapsamaktadır. XRF tekniğinin günümüzde yaygın olarak kullanılmasının sebeplerinden biri numuneye zarar vermeden tahribatsız olarak ölçüm yapılabilmesidir. Katı, sıvı, toz hatta gaz durumlarında bile uygulanabilmektedir [2].

Bu yöntemle çalışırken örneklerin büyüklüğü, parlaklığı, kalınlığı, homojenliği ve yüzeyin pürüzsüz olması gerekir. Çünkü örneklerden kaynaklanacak olan soğurma ve şiddetlendirme etkilerini en aza indirerek daha hassas sonuçları elde etmek gerekir.

XRF, maddelerin bütün çeşitlerinin kimyasal bileşimlerini tanımlamak için

kullanılan analitiksel bir metottur. Bu maddeler katı, sıvı, toz ve filtreden geçirilmiş veya diğer formlarda olabilir. XRF kimi durumlarda tabakalar ve kaplamaların, kalınlık ve bileşimini tarif etmekte de kullanılabilir. XRF metodu hızlı, doğru ve yıkıcı değildir. Bu metot, genellikle, en düşük düzeyde numune hazırlanmasını gerektirir. XRF tekniği, atık mineraller, suyun çevresel analizi, madencilik, maden bilimi ve jeoloji ile birlikte gıda endüstrisi, metal, çimento, polimer ve plastiği kapsayan geniş bir uygulama alanını kapsar. XRF, ayrıca eczacılık ve araştırmalar için çok kullanışlı bir analiz yöntemidir [3] (Brouwer, 2003).

Parçacık büyüklüğü etkisi ile ilgili teorik modeller ilk olarak Bernstein, Claisse ve Samson, Hunter ve Rhodes tarafından geliştirilmiştir. Bunları takiben Myers, ve ark.. soğurma ve şiddetlendirme etkileri için kullanılan Lucas-Tooth metoduna parçacık büyüklüğü düzeltilmesini de ekleyerek yeni bir metot ortaya attılar. Daha sonra Criss ve Berry parçacık büyüklüğü düzeltilmesi için daha genel ve daha kullanışlı bir metot geliştirdiler [4-9].

XRF analiz metodu ile yapılan birçok çalışma olmuştur. Samsun-Sarp bölgesinde yosunların elementel analizinde P, K, Ca, Ti, Fe, Sr, Sn, Ba ve Pb elementlerinin konsantrasyonlarını incelemişler [10]. Trabzon bölgesinde yetişen bazı bitki örneklerinin elementel analizinde K, Ca, Cl ve Ti elementinin konsantrasyonlarını incelemişler [11]. Sağlıklı ve kanserli insan dokularında iz element analizinde P, S, K, Ca, Fe, Cu, Zn ve Br elementini bulmuşlar [12]. EDXRF tekniği ile anne sütünde iz element analizi yapmışlar [13]. Yatağan termik santralindeki baca küllerinde iz elementlerin analizini yaparak, Sn, La, Ba, Sr, Zr ve Mo elementlerini bulmuşlar [14]. Soma-Darkale bölgesindeki linyit kömürü ve küllerinin kalitatif ve kantitatif analizini yaparak, Fe ve Ba elementlerinin tespiti ve konsantrasyonlarını hesaplamışlar [15]. Katarak dokusunun kalitatif ve kantitatif analizini yaparak, Ca, K, Cl ve S elementlerinin tespiti ve konsantrasyonlarını hesaplamışlar [16].

Bu çalışmada EDXRF tekniği ile insan dış örneklerinde kalsiyum ve iz elementler belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

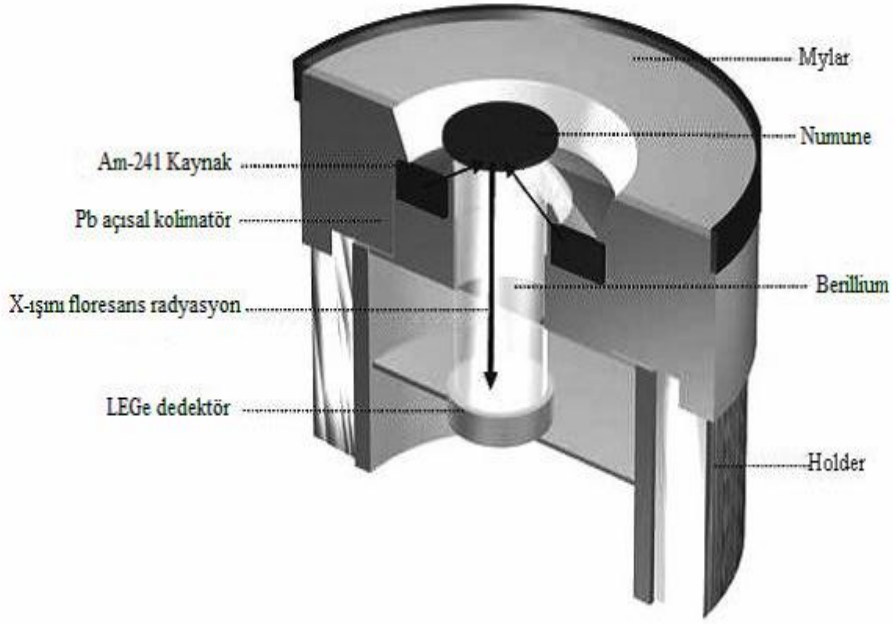
Bu çalışmada kullanılan diş örnekleri Adıyaman Devlet Hastanesi Diş Polikliniklerinde muayene edilen hastalardan alınmıştır. Hastalardan alınan diş örnekleri diş hekimlerinin görüşleri doğrultusunda cinsiyet ve belli yaş gruplarına göre gruplandırılarak alınmıştır. Belirlenen cinsiyet ve yaş grupları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Diş örneklerinin yaş gruplarına göre sınıflandırılması

Cinsiyetlerine Göre		
	Kız	Erkek
Yaş Gruplarına Göre	3-6 Yaş	3-6 Yaş
	7-12 Yaş	7-12 Yaş
	13-18 Yaş	13-18 Yaş
	19-25 Yaş	19-25 Yaş
	26-39 Yaş	26-39 Yaş
	40 Yaş ve Üstü	40 Yaş ve Üstü

Diş örnekleri, orta düzeyde sosyo-kültürel ve sosyo-ekonomik yapıda olan aile bireylerinden alınmıştır. Toplam 29 adet diş örneği toplanmıştır. Bu örneklerden 15 tanesi kızlara ait olup, geri kalan 14 tane diş örneği ise erkeklerden alınmıştır. Diş örnekleri önce saf su ile yıkandıktan sonra sert bir diş fırçası ile temizlenip, 24 saat boyunca %10 H₂O₂ çözeltisinde bekletildi. Örnekler tekrar saf su ile yıkandıktan sonra 80 °C ‘de kurutuldu. Daha sonra örnekler öğütme kabında dövülerek öğütülüp toz haline getirilerek 75 µm’lik çelik elekte elendi. Daha sonra diş örnekleri Şekil 1’de verilen deney geometrisine uygun mylar filmler kullanılarak her diş örneği analiz edildi.

Hazırlanan diş örnekleri 100 mCi şiddetindeki ²⁴¹Am radyoizotop kaynağından çıkan 59.543 keV’lik gama ışınları ve 50 mCi şiddetindeki ⁵⁵Fe radyoizotop kaynağından çıkan 5.96 keV’lik X-ışınları ile uyarılmıştır. Örnekler ultra-LEGe dedektörde 5000 saniye gerçek sayma zamanı ile sayılmıştır.



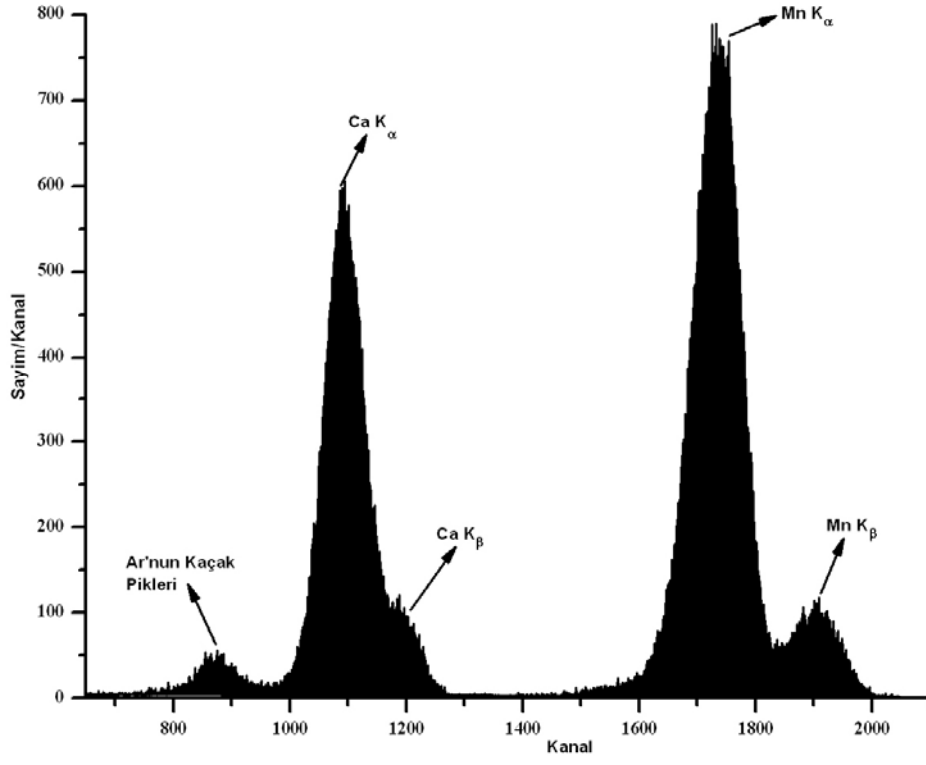
Şekil 1. Deney Geometrisi

Karakteristik X-ışınlarının sayılmasında 5.9 keV’de yarı maksimumdaki tam genişliği (FWHM) 150 eV, aktif alanı 30 mm² ve kalınlığı 5 mm, polimer pencere kalınlığı 0.4 µm olan bir Ultra-LEGe dedektör kullanılmıştır. Numunelerden elde edilen piklerin grafikleri Şekil 2-13’de verilmiştir.

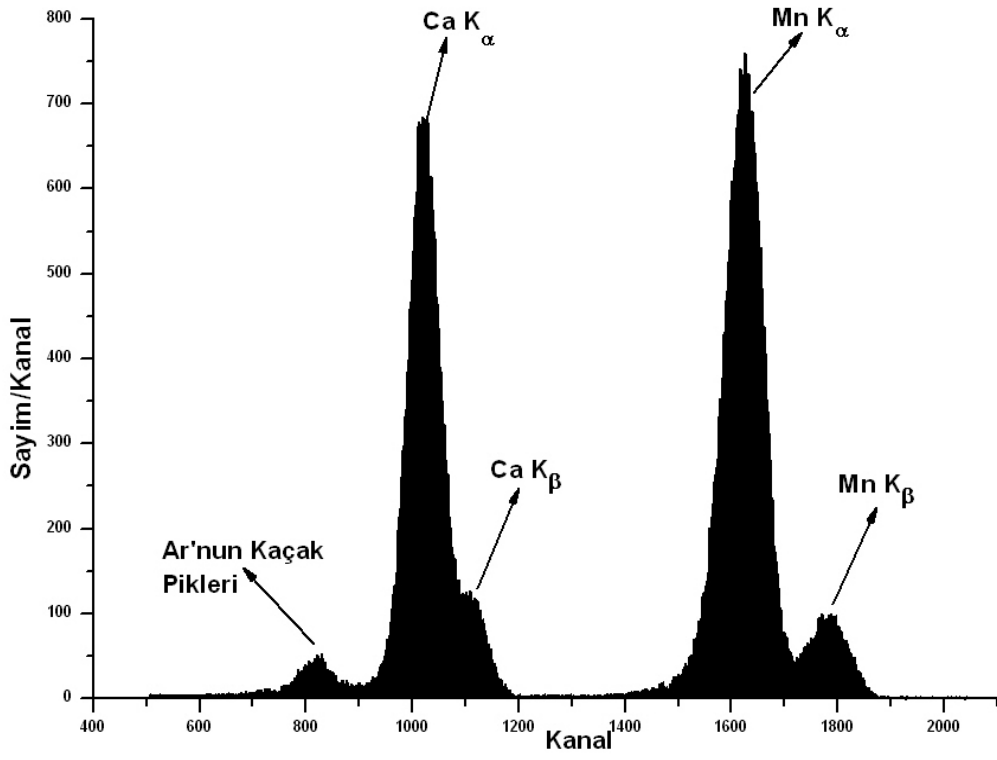
3.Bulgular

3.1. Numunelerdeki Elementel Kompozisyonun Belirlenmesi

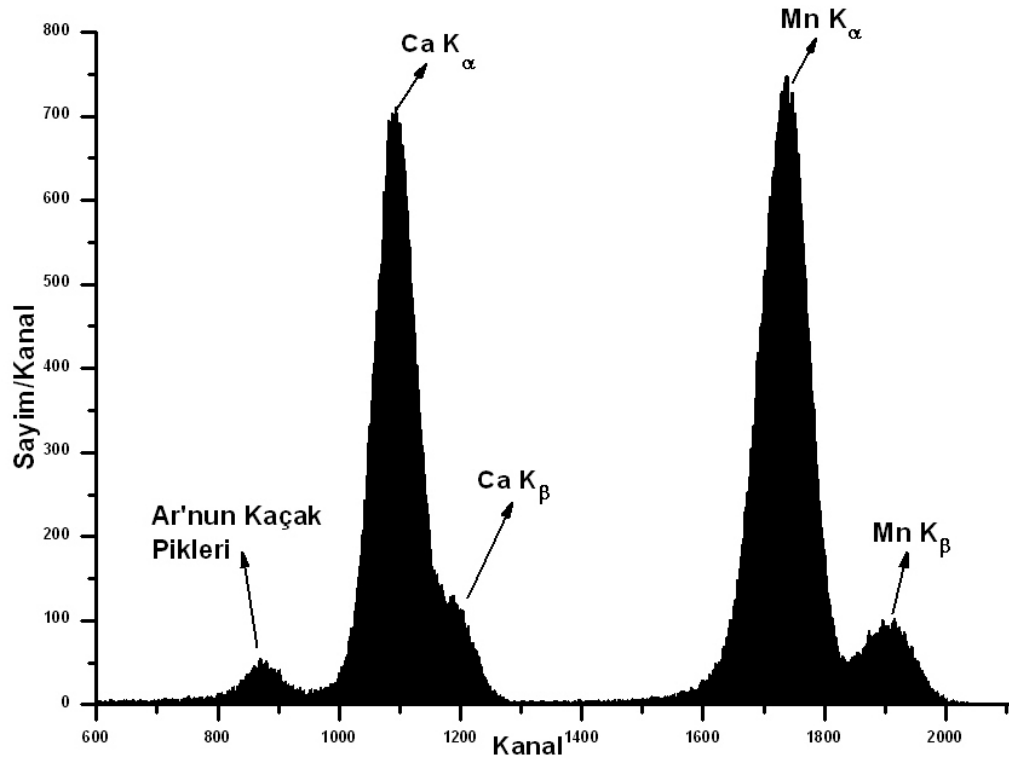
Örnekler ⁵⁵Fe radyoizotop kaynağı ve ²⁴¹Am radyoizotop kaynağı kullanılarak uyarıldı. Her iki uyarıcı kaynağa ait genel spektrum pikleri Şekil 14 ve Şekil 15’te verilmiştir. Bu çalışmada, EDXRF analiz tekniği kullanılarak dişin yapısında S, Ca, Fe, Cu ve Zn elementlerinin olduğu saptandı. Yapılan benzer bir çalışmada, XRF ve ICP tekniğini kullanılarak dişin yapısında Al, Mg, S, P, Na, K, Ca, Fe, Ni, Cu, Sr, Zn ve Pb olduğunu belirlemişlerdir [17]. Ayrıca yapılan başka bir benzer çalışmada ise, XRF tekniğini kullanarak diş minesinde Ca, Zn ve Sr olduğunu bulmuşlardır [18].



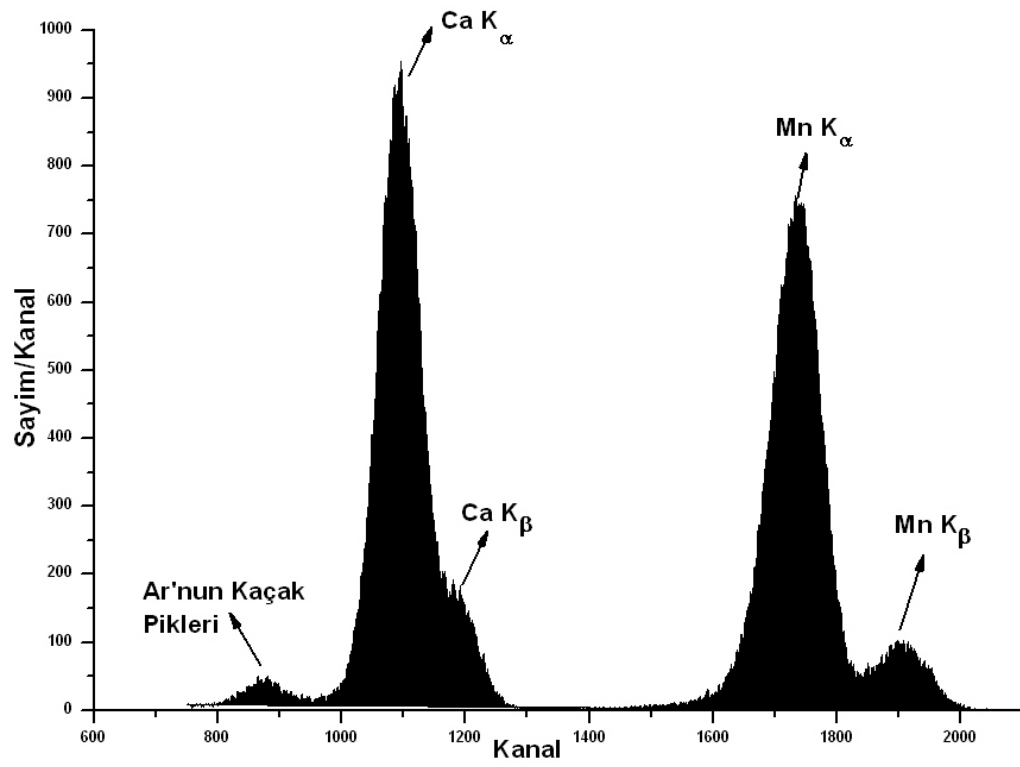
Şekil 2. 3-6 Yaş Erkek Grubu Spektrumu



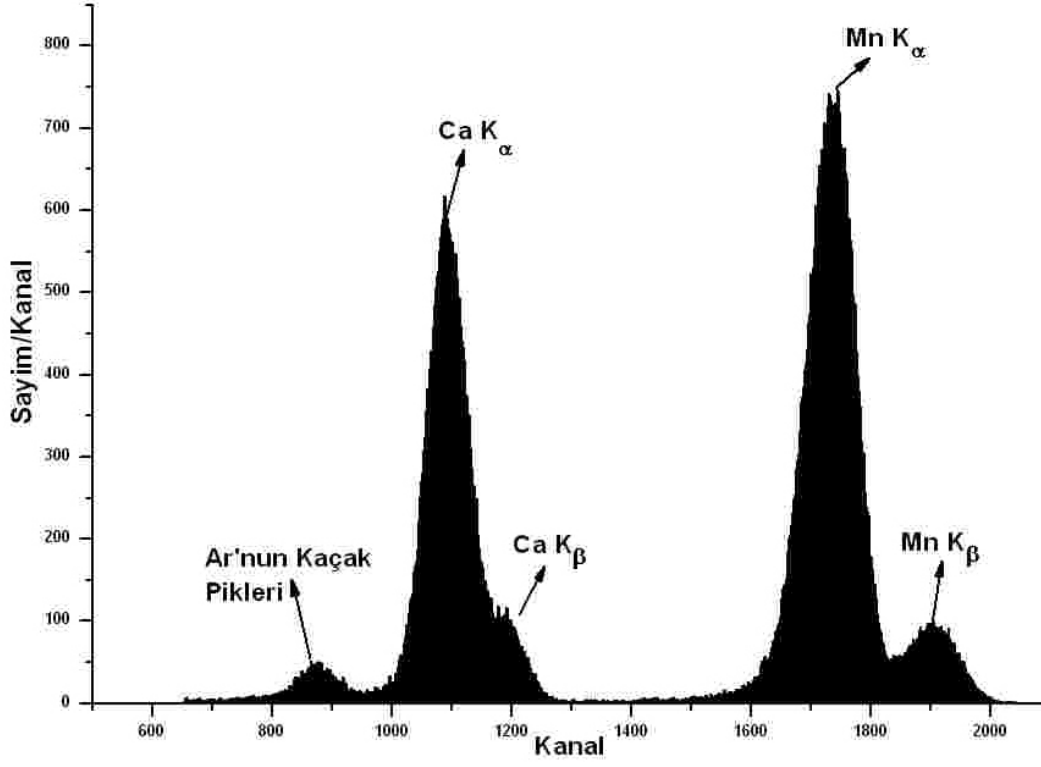
Şekil 3. 3-6 Yaş Kız Grubu Spektrumu



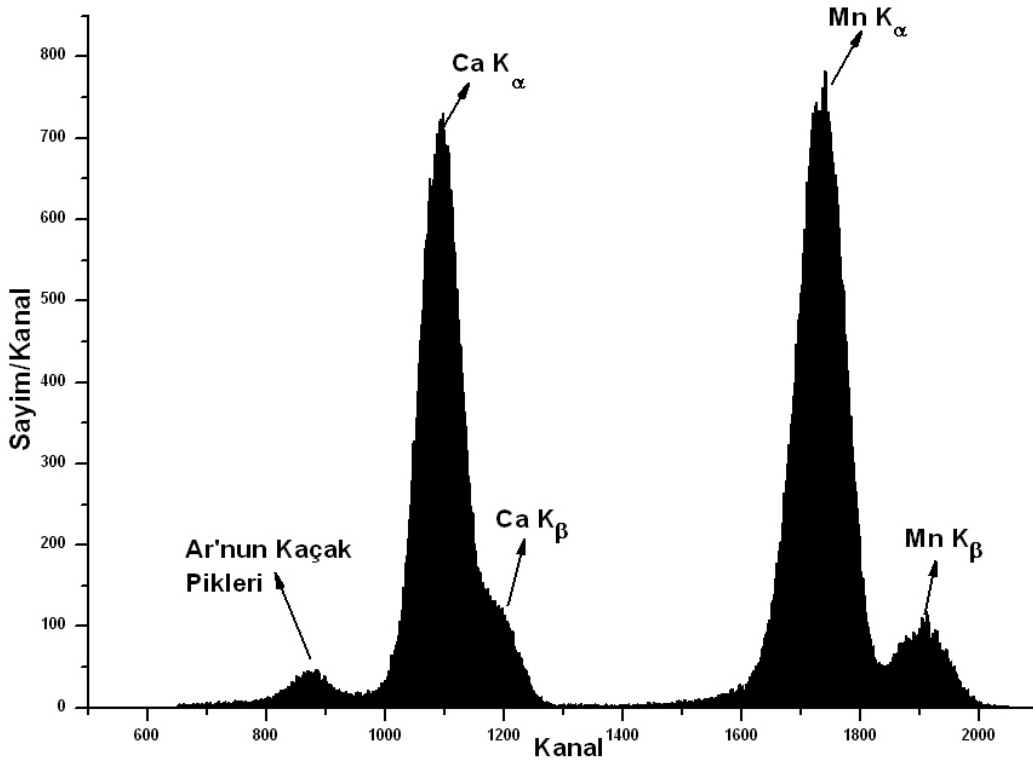
Şekil 4. 7-12 Yaş Erkek Grubu Spektrumu



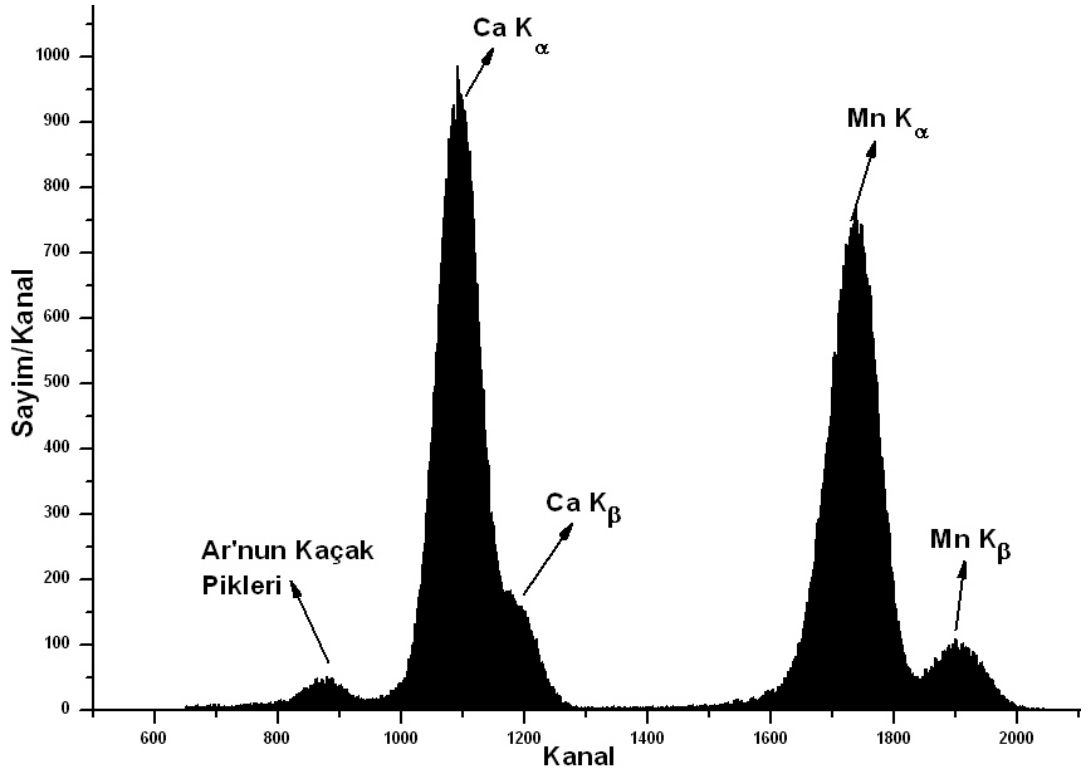
Şekil 5. 7-12 Yaş Kız Grubu Spektrumu



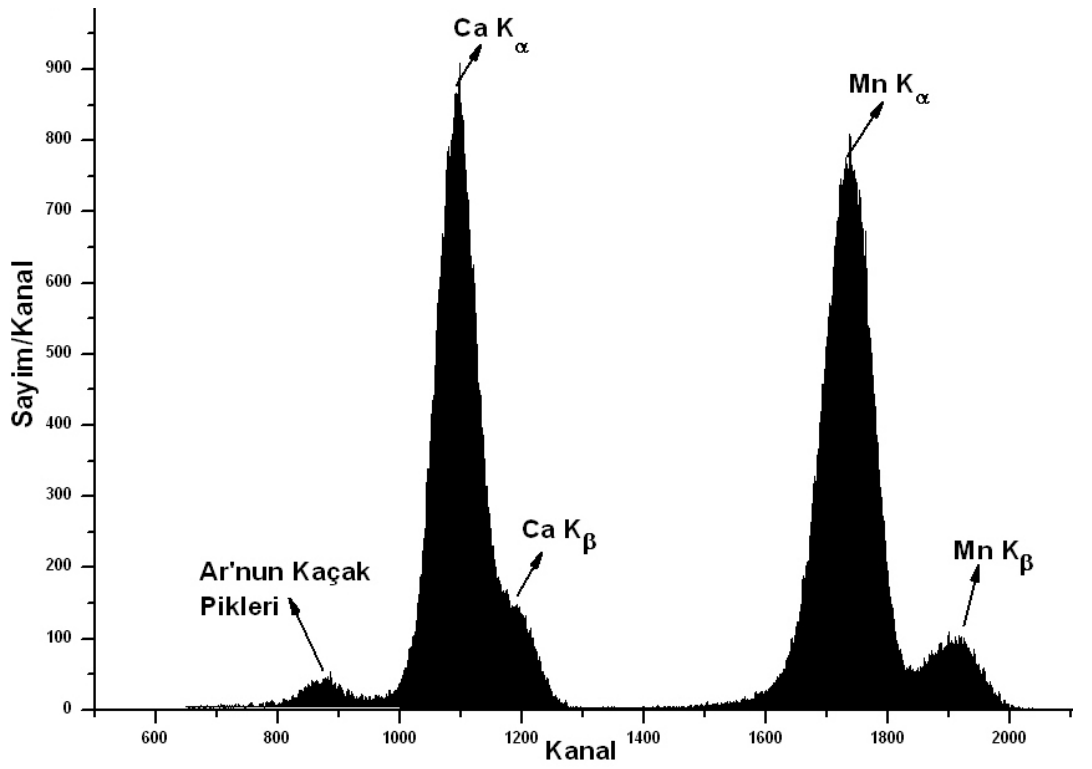
Şekil 6. 13-18 Yaş Erkek Grubu Spektrumu



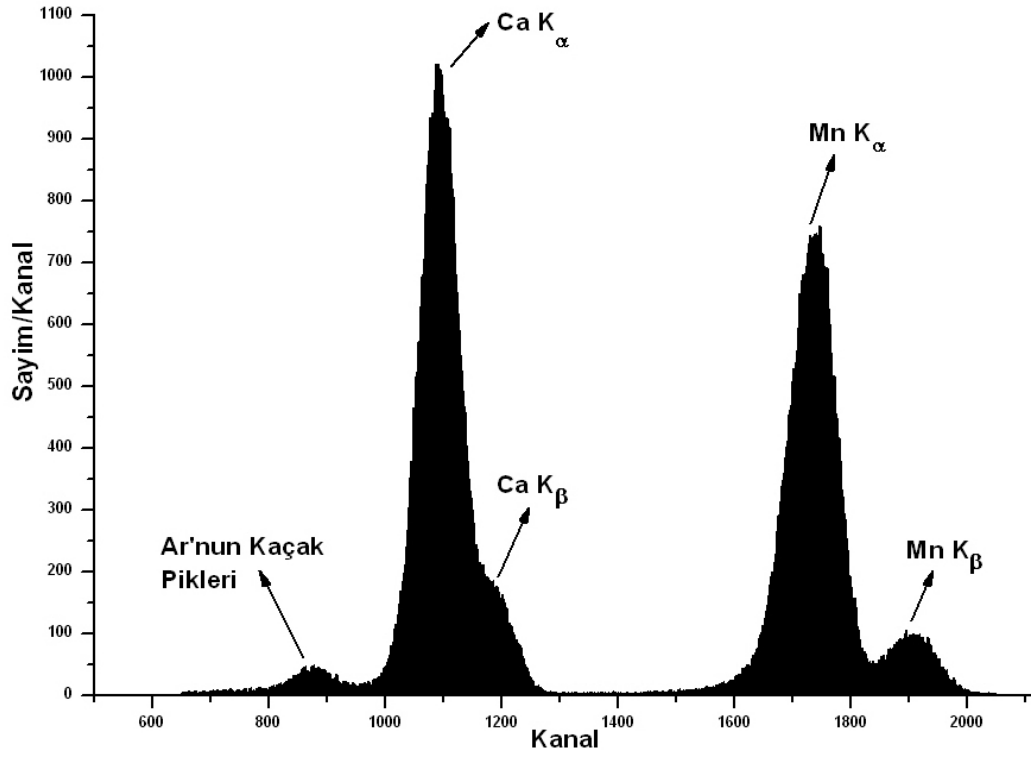
Şekil 7. 13-18 Yaş Kız Grubu Spektrumu



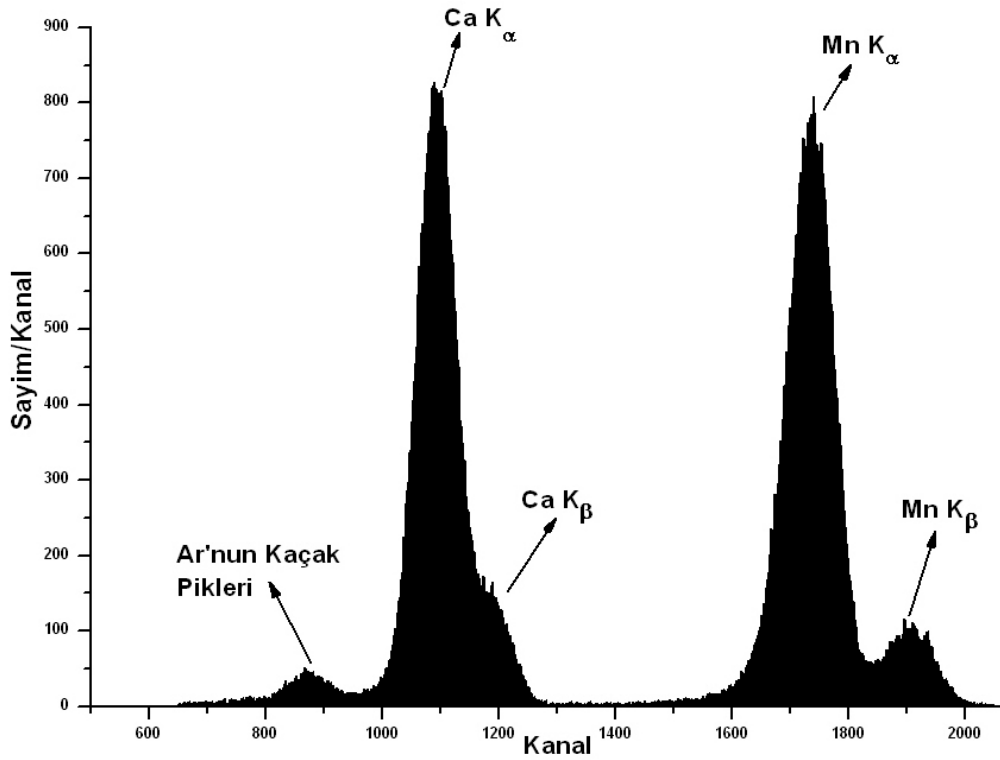
Şekil 8. 19-25 Yaş Erkek Grubu Spektrumu



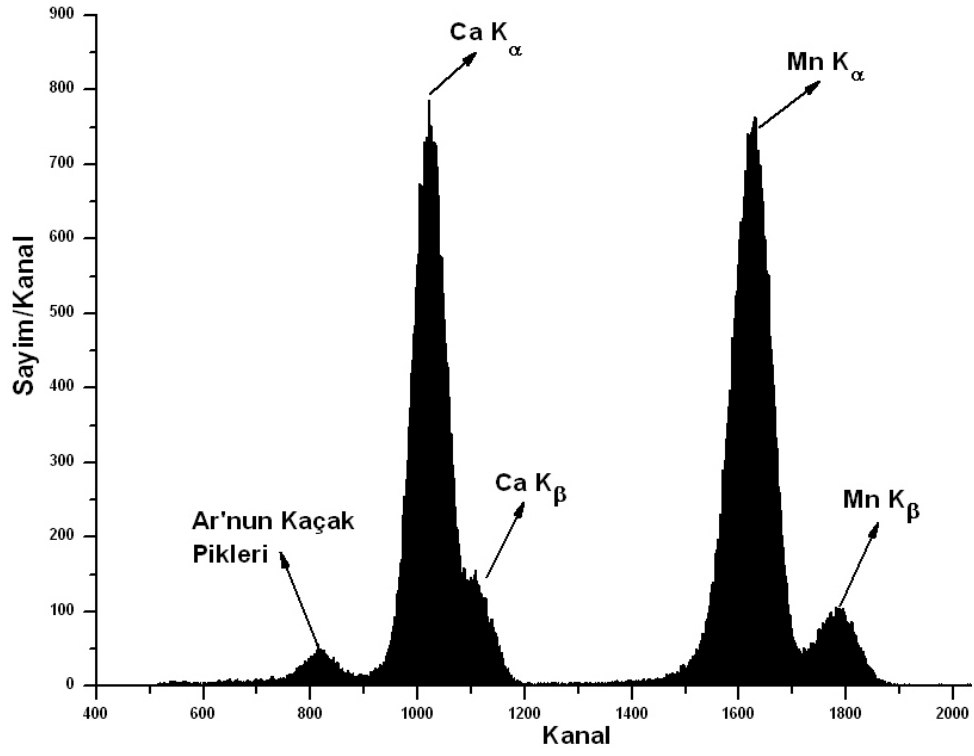
Şekil 9. 19-25 Yaş Kız Grubu Spektrumu



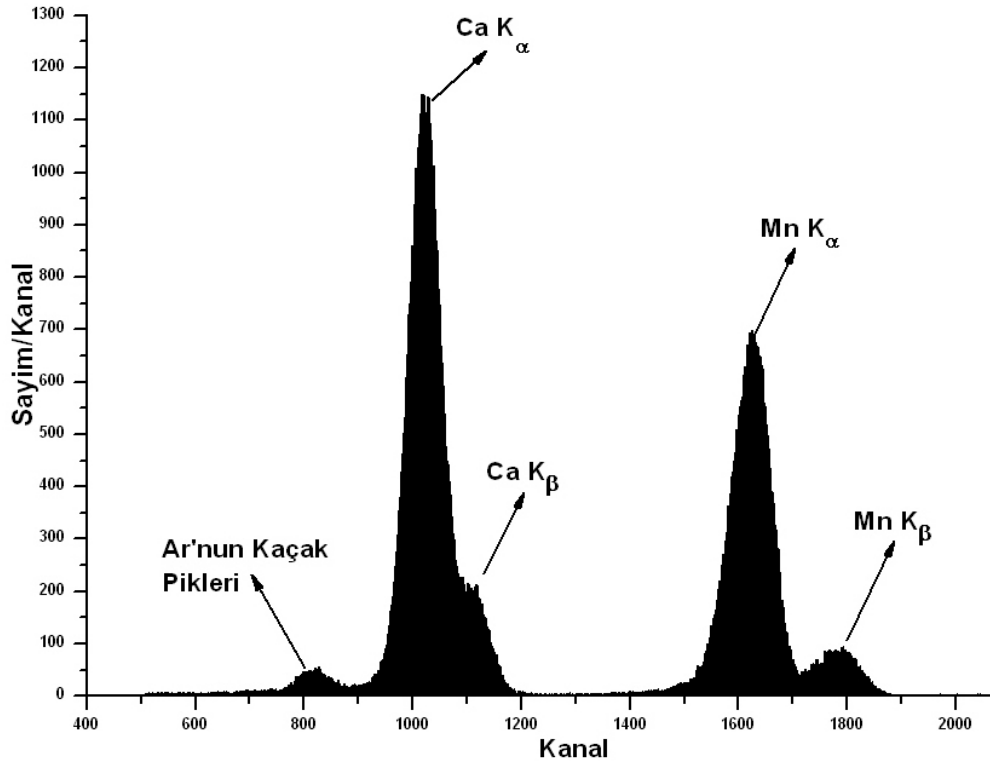
Şekil 10. 26-40 Yaş Erkek Grubu Spektrumu



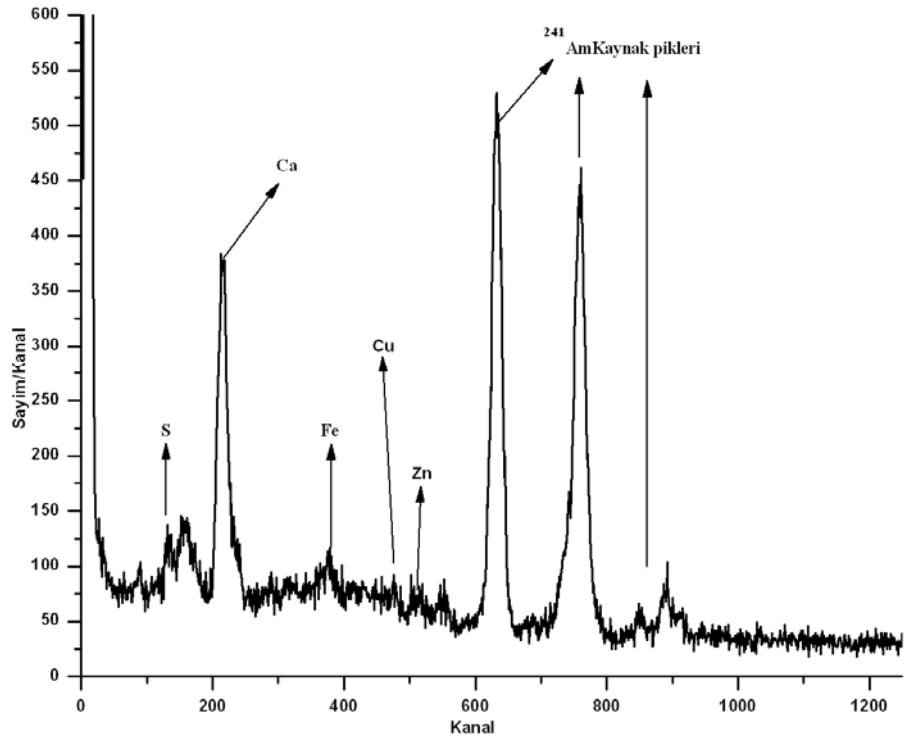
Şekil 11. 26-40 Yaş Kız Grubu Spektrumu



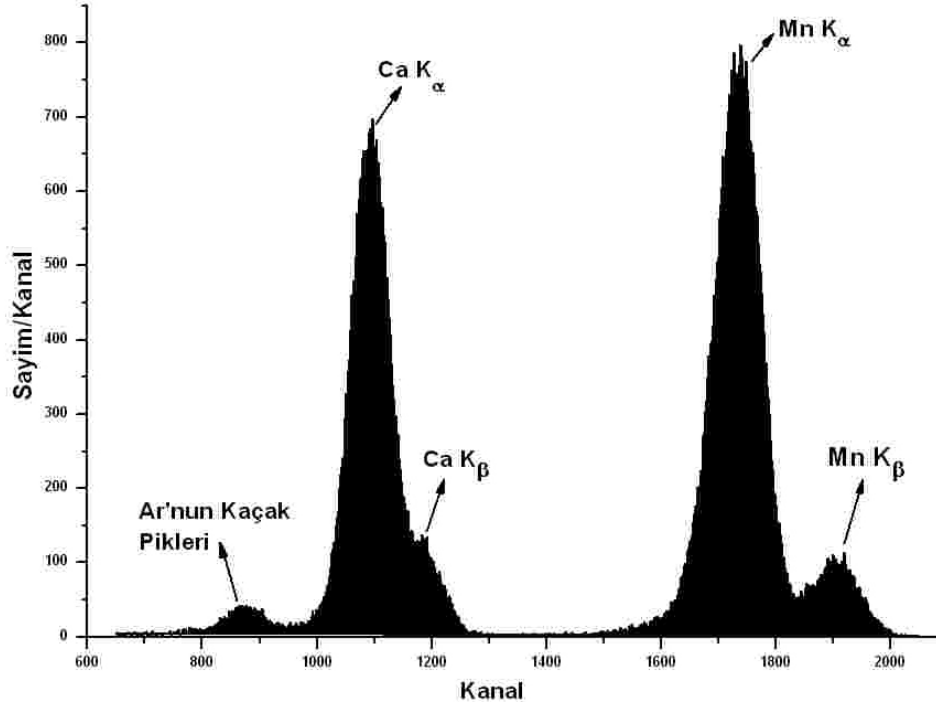
Şekil 12. 40 Yaş Üstü Erkek Grubu Spektrumu



Şekil 13. 40 Yaş Üstü Kız Grubu Spektrumu



Şekil 14. Bir Örneğe ait ^{241}Am Radyoaktif Kaynağı ve Si(Li) Dedektörü ile Kaydedilmiş XRF Piki



Şekil 15. Bir Örneğe ait ^{55}Fe Radyoaktif Kaynağı ve Si(Li) Dedektörüyle Kaydedilmiş XRF Piki

3.2. Numunelerdeki Kalsiyum (Ca) Miktarının Hesaplanması

Bilindiği gibi hemen hemen tüm elementler insan vücudunda önemli rol oynar. Diş insan vücudunun en önemli organlarından biridir. Diş, üç çeşit sert dokunun bileşiminden oluşur. Bunlar diş plakası, dentin ve sement tabakasıdır. Kemikte olduğu gibi, diş plakası ve dentin kalsiyum ve fosfat elementlerinin bileşiminden oluşur. Dişin mineralizasyonu doğum öncesinden oluşmaya başlar ve doğumdan sonraki ilk yıl süresince diş plakasının oluşumu tamamlanır.

Kalsiyum vücutta en çok bulunan bir elementtir. İnsan vücudunda bulunan kalsiyumun yaklaşık olarak %98 i kemiklerde ve %1 de diş yapısında ve geri kalanı ise hücrelerde, kanın yapısında ve vücudun hayati fonksiyonlarında görevli olan enzimlerin yapısında bulunur. Diş plağındaki kalsiyum konsantrasyonu diş minesindeki demineralizasyonu etkiler [19]. Bu yüzden diş plağındaki kalsiyum konsantrasyonunun büyüklüğü daha az miktarda dişin demineralizasyonu ve bu da daha az oranda dişin çürüme riskinin az olması anlamına gelir. Ayrıca, diş plağındaki kalsiyum konsantrasyonunun büyüklüğü diş plağının PH seviyesini düşürmesine yardımcı olur. Bu da dişin çürümesini engeller. Kalsiyumca zengin gıdalar diş plağındaki kalsiyum konsantrasyonunu artırarak diş çürümelerine karşı diş plağını korumaya yardımcı olur [20].

Dişin yapısında bulunan Ca elementinin konsantrasyonlarını belirlemek için örnekler hem ^{241}Am radyoizotop kaynağı hem de ^{55}Fe radyoizotop kaynağı ile uyarıldı. Elde edilen spektrumlar analiz edilerek insan dişinde bulunan Ca konsantrasyonlarını hesaplamak için denklem 1’de verilen bağıntı kullanıldı [21].

$$\omega_i = \frac{N_{ij}}{I_0 G \epsilon_{ij} \sigma_{ij} \beta_{ij} t} \quad (1)$$

Burada, ω_i numunedeki mevcut elementin konsantrasyonu, I_0 gelen fotonun (uyarıcı kaynağın) şiddeti, N_{ij} j. elementin X-ışınlarının i. grup için net şiddeti (pik alanı), G geometri faktörü, ϵ_{ij} j. elementin X-ışınlarının i. grup için dedektör verimi, t

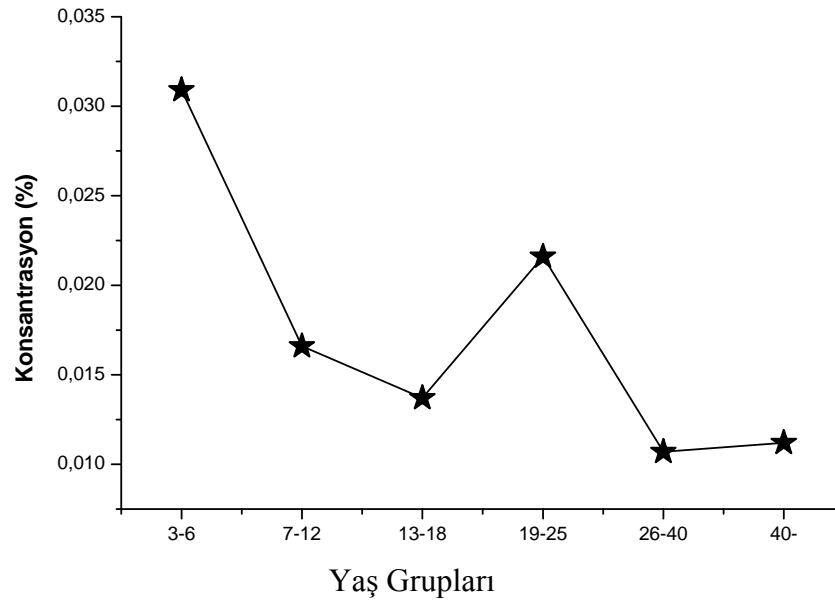
numunenin kalınlığı (g.cm^{-2}), β_{ij} j. elementin i. pikinin yayımlanan karakteristik X-ışınları ve hedefe gelen radyasyon için öz soğurma düzeltme faktörü ve σ_{ij} j. elementin X-ışınlarının i. grubunun X-ışını flüoresans tesir kesitleridir.

Denklem (1) kullanılarak her diş örneği için Ca konsantrasyonu hesaplanmış olup, her örnek için elde edilen değerler Tablo 2’de verilmiştir. Elde edilen verilere göre kız ve erkek gruplarının her ikisini de içine alan her yaş grubu için ortalama değerlere ait dağılımlar Şekil 16 ve Şekil 17’de verilmiştir.

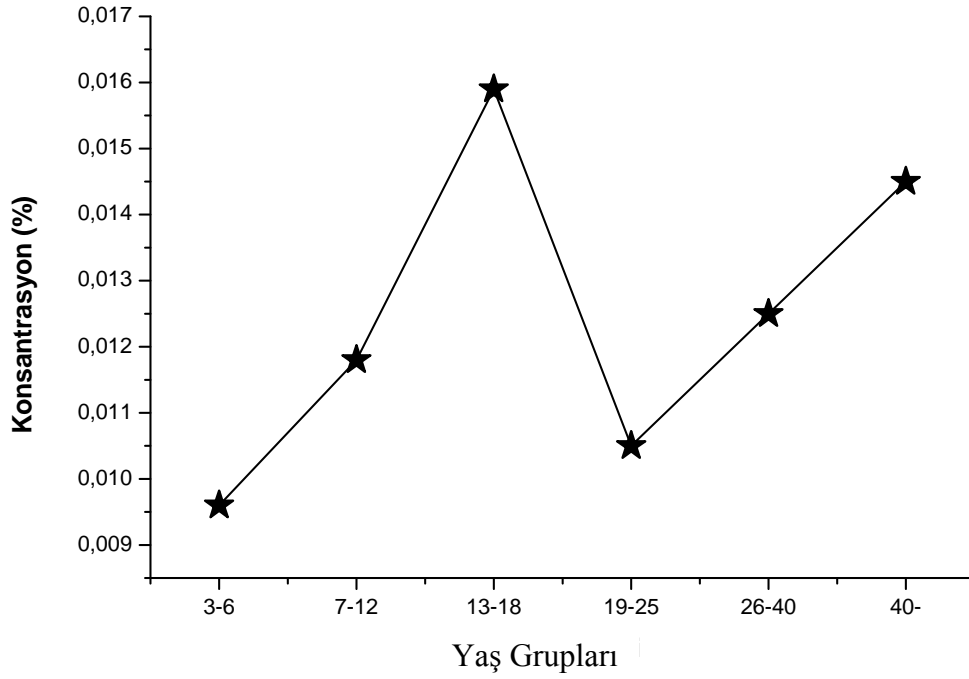
Tablo 2. Diş Örneklerinde Hesaplanan Kalsiyum Konsantrasyonu (%)

Yaş Grupları	Cinsi yet	Konsantrasyon (%)	Yaş Grupları İçin Ortalama Konsantrasyon (%)
3–6	Kız	$9.6110^{-3} \pm 3.8410^{-4}$	$9.6110^{-3} \pm 3.8210^{-4}$
7–12	Kız	$1.1210^{-2} \pm 4.4610^{-4}$	$1.1810^{-2} \pm 4.6810^{-4}$
7–12	Kız	$1.2610^{-2} \pm 5.0310^{-4}$	
7–12	Kız	$1.1710^{-2} \pm 4.6810^{-4}$	
13–18	Kız	$1.9810^{-2} \pm 7.9010^{-4}$	$1.5910^{-02} \pm 6.3310^{-4}$
13–18	Kız	$1.1910^{-2} \pm 4.7710^{-4}$	
19–25	Kız	$1.1210^{-2} \pm 4.4810^{-4}$	$1.0510^{-2} \pm 4.1510^{-4}$
19–25	Kız	$9.7210^{-3} \pm 3.8810^{-4}$	
26–40	Kız	$1.5710^{-2} \pm 6.2810^{-4}$	$1.2510^{-2} \pm 4.9410^{-4}$
26–40	Kız	$9.6110^{-3} \pm 3.8410^{-4}$	
26–40	Kız	$1.2110^{-2} \pm 4.8210^{-4}$	
26-40	Kız	$2.9410^{-2} \pm 1.1610^{-3}$	
40 Yaş Üstü	Kız	$5.8010^{-3} \pm 2.2610^{-4}$	$1.4510^{-2} \pm 5.7910^{-4}$
40 Yaş Üstü	Kız	$1.1410^{-2} \pm 4.5210^{-4}$	
60 Yaş Üstü	Kız	$1.1410^{-2} \pm 4.5210^{-4}$	

3-6	Erkek	$1.7010^{-2} \pm 6.6310^{-4}$	$3.0910^{-2} \pm 1.2310^{-3}$
3-6	Erkek	$4.4910^{-2} \pm 1.7910^{-3}$	
7-12	Erkek	$2.0910^{-2} \pm 8.2310^{-4}$	$1.6610^{-2} \pm 6.6110^{-4}$
7-12	Erkek	$1.6310^{-2} \pm 6.4610^{-4}$	
7-12	Erkek	$1.2710^{-2} \pm 5.0610^{-4}$	
13-18	Erkek	$1.7510^{-2} \pm 6.8910^{-4}$	$1.3710^{-2} \pm 5.4710^{-4}$
13-18	Erkek ⁴	$1.6110^{-2} \pm 6.4510^{-4}$	
13-18	Erkek	$7.4510^{-3} \pm 2.9810^{-4}$	
19-25	Erkek	$1.5110^{-2} \pm 5.9710^{-4}$	$2.1610^{-2} \pm 8.5810^{-4}$
19-25	Erkek	$2.8210^{-2} \pm 1.1210^{-3}$	
26-40	Erkek	$9.9810^{-3} \pm 3.9410^{-4}$	$1.0710^{-2} \pm 4.2810^{-4}$
26-40	Erkek	$1.1410^{-2} \pm 4.5610^{-4}$	
40 Yaş Üstü	Erkek	$1.3310^{-2} \pm 5.2410^{-4}$	$1.1210^{-2} \pm 4.4310^{-4}$
40 Yaş Üstü	Erkek	$9.0910^{-3} \pm 3.5910^{-4}$	



Şekil 16. Erkek Grubuna ait % Ca Konsantrasyonu Dağılımı



Şekil 17. Kız Grubuna ait % Ca Konsantrasyonu Dağılımı

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, insan diş örneklerini belirli bir sistematik grup içerisinde dişin elemental kompozisyonunu belirlemek ve dişteki Ca miktarını tanımlamak için XRF tekniği kullanıldı.

Tablo 2 ve Şekil 16-17'den de görüldüğü gibi, yaş gruplarına göre insan diş yapısında bulunan Ca miktarının değişimi oldukça ilginçtir. Çünkü beklenenin aksine erkek yaş gruplarında Ca seviyesi genel olarak azalırken, kız yaş gruplarında yaş gruplarına göre farklılık görülmektedir. Tablo 2 ve Şekil 16-17'den de görüldüğü gibi, 3-6 kız yaş gruplarında (%0,0096) Ca miktarı oldukça düşükken, 3-6 erkek yaş gruplarında (0,0309) Ca miktarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılığın nedeni açık olarak yorumlanamamıştır. Sadece annelerin beslenme rejimleri ile ilgili olduğu söylenebilir. Şekil 17'den görüldüğü gibi, kız yaş gruplarında, 18 yaşına kadar Ca miktarında keskin bir artış görülmektedir. Ca miktarındaki bu artışın nedeni, ergenlik dönemlerinde bayanlarda salgılanmasında artış gözlenen östrojen hormonu

olabilir. 19–25 kız yaş gruplarında (%0,0105) Ca miktarında ani bir düşüş gözlenmiştir. Ca miktarındaki bu düşüşün nedeni açık olarak yorumlanamamıştır. Şekil 16'dan da görüldüğü gibi, erkek gruplarından sadece 19–25 yaş grubunda (%0,0216) Ca miktarı belirgin olarak artmaktadır. Ayrıca bu çalışmada, diş örneklerinde S, Ca, Fe, Cu ve Zn iz elementleri olduğu saptanmıştır.

Diş örnekleri ne kadar da Adıyaman bölgesinden toplanmışsa da, bulunan sonuçlar tüm insanların diş sağlığı açısından nasıl beslenmeleri gerektiği hakkında bilgi verebilir. Ancak, insan diş yapısında bulunan kalsiyum miktarı insan vücudunda bulunan toplam Ca miktarı hakkında kesin bir bilgi vermeyebilir. Çünkü insan vücudundaki kalsiyum (Ca) miktarının %98'i kemiklerde, yaklaşık %1'i diş yapısında ve geri kalanı yumuşak dokularda ve kanın yapısında bulunur. Bu nedenle insan vücudundaki kalsiyumun yaş gruplarına göre doğru bir değişimi gözlemleyebilmek için, dişlerle birlikte kemiklerinde analiz edilmesi gerekir.

Tablo 2 ve Şekil 16-17'de görülen sonuçlara göre, insanların sağlıklı bir dişe ve sağlıklı bir yaşama sahip olabilmesi için tüm hayatları boyunca kalsiyumca zengin besinler tüketmelidirler.

Kaynaklar

- [1] Rakıcıoğlu, N., Kalsiyum, D Vitamini ve Osteoporoz, T.C. Sağlık Bakanlığı, 2006, Ankara.
- [2] Demirci, Ş., Yalçınkaya, I., Karain Mağarasından Elde Edilen Bazı Toprak ve Sediment Örneklerinin Analizi, Arkeometri Sonuçları Toplantısı VIII., 291-294, 1992.
- [3] Brouwer, Theory of XRF, Panalytical B.V., 71, 2003.
- [4] Berstain, F., *X-Ray Analysis*, 5, 486, 1962.
- [5] Classie, F., Samson, C., *Adv. X-Ray Analysis*, 5, 335, 1962.
- [6] Hunter, C. B., Rhodes, J. R., *X-Ray Spectrometry*, 1, 107, 1976.

- [7] Myres, R. H., Womeldorph, D., Alley, B. J., *Anal. Chem.*, **39**, 1031, 1967.
- [8] Criss, J.W., Birks, L. S., *Int. Spectroscopy Colloq.*, 15th, Madrid, 1969.
- [9] Berry, P. F., U.S. at Energy Comm. Rep.,ORO-3842-7, **107**, 1971.
- [10] Koz, B., Cevik U., Özdemir, T., Duran, C., Kaya, S., Gündoğdu, A., Çelik, N., *Journal of Hazardous Materials*, **153(1-2)**, 646-654, 2008.
- [11] Tıraşoğlu, E., Söğüt, Ö., Apaydın, G., Aylıkçı, V., Damla, N., *Journal of Quantitative Spect. and Radia. Transfer*, **102(3)**, 396-401, 2006.
- [12] Carvalho, M. L., Magalhães, T., Becker, M., Bohlen von, A., *Spectrochimica Acta Part B; Atomic Spectroscopy*, **62(9)**, 1004-1011, 2007.
- [13] Ekinci, N., Ekinci, R., Polat, R., Budak, G., *Journal of Quantitative Spectroscopy&Radiative Transfer*, **91**, 155-160, 2005.
- [14] Doğan, O., Kopya, M., *Journal of Quantitative Spect. and Radia. Transfer*, **101(1)**, 146-150, 2005.
- [15] Küçükönder, A., Çam, H., Küçükönder, E., Söğüt, Ö., *Journal of Quantitative Spect. and Radia. Transfer*, **77(3)**, 329-333, 2003.
- [16] Ekinci, N., Astam, N., Şahin, Y., *Journal of Quantitative Spect. and Radia. Transfer*, **72(6)**, 783-787, 2002.
- [17] Baranowska, I., Barchański, L., Bak, M., Smolec, B., Mzyk, Z., *Polish Journal of Environmental Studies*, **13(6)**, 639-646, 2004.
- [18] Wielopolski, L., Featherstone, J. D. B., Cohn, S. H., *Proceedings of the Fifth International Conference on Nuclear Methods in Environmental and Energy Research* ed. Vogt J. R., 742-750, 1984.
- [19] BNF (British Nutrition Foundation) Oral Health Diet and Other Factors. The report of the British Nutrition Foundation's Task Force. Elsevier Science BV,

Amsterdam, 1999.

[20] Theobald, *Nutrition Bulletin*, **30(3)**, 237-277, 2005.

[21] Vijayan, V., Rautray, T. R., Basa, D. K., EDXRF, Study of Indian Punch-Marked Silver Coins, *Nuclear Inst. and Meth. In Physics Research Section B*, **225(3)**, 353-356, 2004.