

İŞINLANMIŞ GIDALARIN TESPİTİNDE FİZİKSEL YÖNTEMLER:

TERMOLÜMİNESANS (TL) TEKNİĞİ İLE DEFNE VE IHLAMUR YAPRAKLARININ İŞINLANIP İŞINLANMADIĞININ BELİRLENMESİ



TAEK-SANAEM

TEKNOLOJİ BÖLÜMÜ

TALAT AYDIN, ÜLKÜ R. YÜCE

10-12 EKİM 2012

**TÜRKİYE 11. ULUSAL GIDA
KONGRESİ-HATAY**

İŞINLAMA İŞLEMİ

- 1- Gıda ürünlerindeki mikroorganizma sayısı azalmakta,
- 2- Mikroorganizmalar ve parazitler imha olmakta,
- 3- Bitkisel ürünlerde filizlenme ve böceklenme önlenmekte,
- 4- Olgunlaşma geciktirilmekte,
- 5- Gıdaların raf ömürleri uzatılmaktadır.

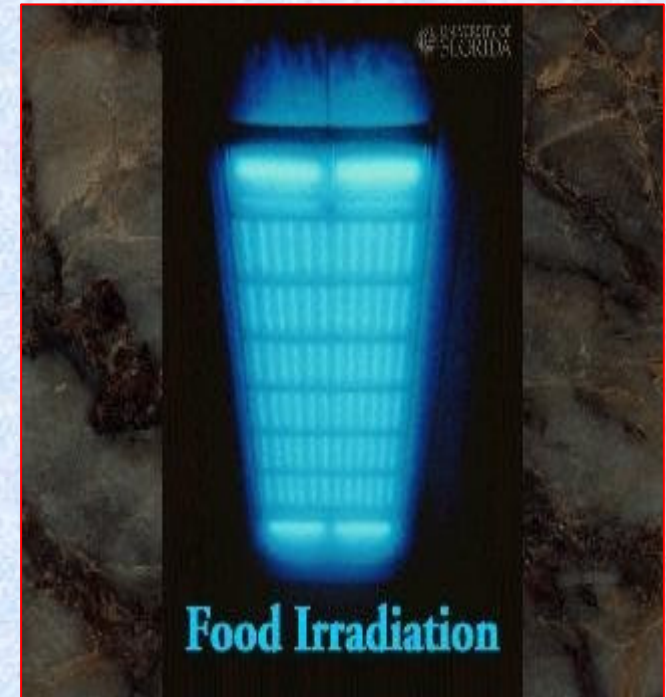
- Işınlamada iyonlaştırıcı radyasyon enerjisi kullanılır.
- Gama ışınları, X-ışınları ve hızlandırılmış elektronların ürünlere uygulanmasıyla gerçekleşir.
- Ürünler ambalajlı, kutularda veya paletler üzerinde ışınlanır.
- Işınlanan malzeme radyoaktif hale gelmez ve malzemede kalıntı oluşmaz.

Işınlama Teknolojisinde en yaygın olarak kullanılan kaynaklar

1-Gama Radyasyon Kaynakları
(Co-60 -1.25 MeV ve Cs-137 -0.662 MeV)

2-Bremsstrahlung ve Hızlandırıcılardan
üretilen X-ışınları (0.2-10 MeV)

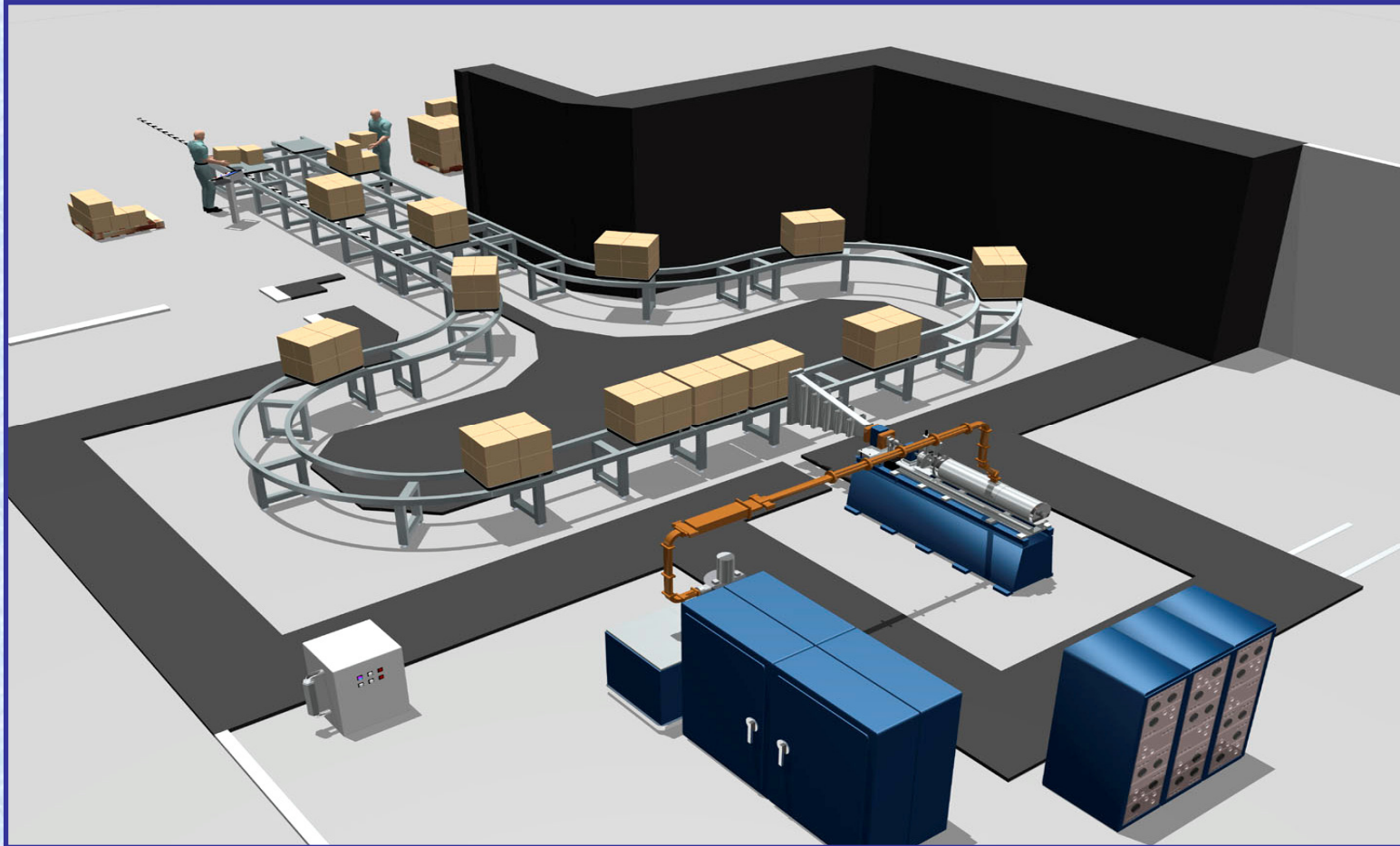
3-Hızlandırılmış Elektronlar (3-10 MeV)



Işınlama teknolojilerinin endüstriyel alanda kullanım potansiyeli

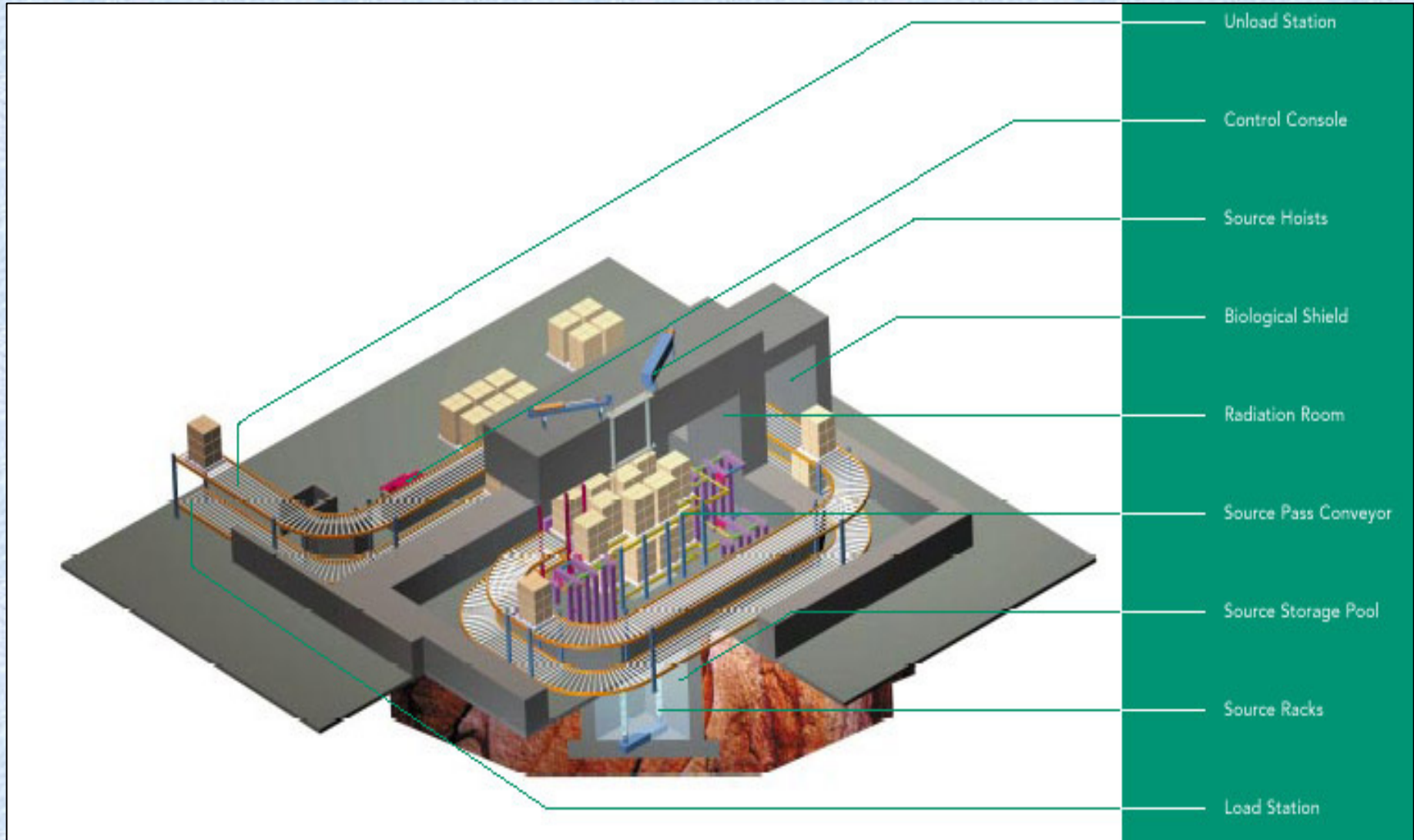
- 50 Ülkede 185 Gama Işınlama Tesisi,
- 800' e yakın düşük enerjili Elektron Hızlandırıcısı
10' dan fazla düşük enerjili makine bulunmaktadır.
- EB/X-Ray: **IBA, Surebeam, Thompson, Mitek**
- Gama Tesisi: **Nordion, Puridec-Reviss, Steris**

EB ışınlama Tesisi



Otamatik palet ışınlayıcı Gama Işınlama Tesisi

(3 MCi, 34 palet x1000kg, 0.5 g/cm³) (paralel row, 7-8 pozisyonlu)



Işınlayıcılarda proses parametrelerinin karşılaştırılması

	Gama	X-Işını	E-Beam
Kaynak Gücü	3.5 MCi	25 kW	35 kW
Proses Hızı (4 kGy' de)	12 ton/saat	10 ton/saat	10 ton/saat
Kaynak Enerjisi	1.33 MeV	5 MeV	5-10 MeV
Giricilik	80-100 cm	80-100 cm	8-10 cm
Doz düzenliliği	Yüksek	Yüksek	Düşük
Doz Hızı	Düşük	Yüksek	Daha Yüksek
Uygulamaları	Büyük hacimli malzemeler	Büyük hacimli malzemeler	Küçük hacimli malzemeler

SANAEM GAMA IŞINLAMA TESİSLERİ



Işınlanan Gıdalar :

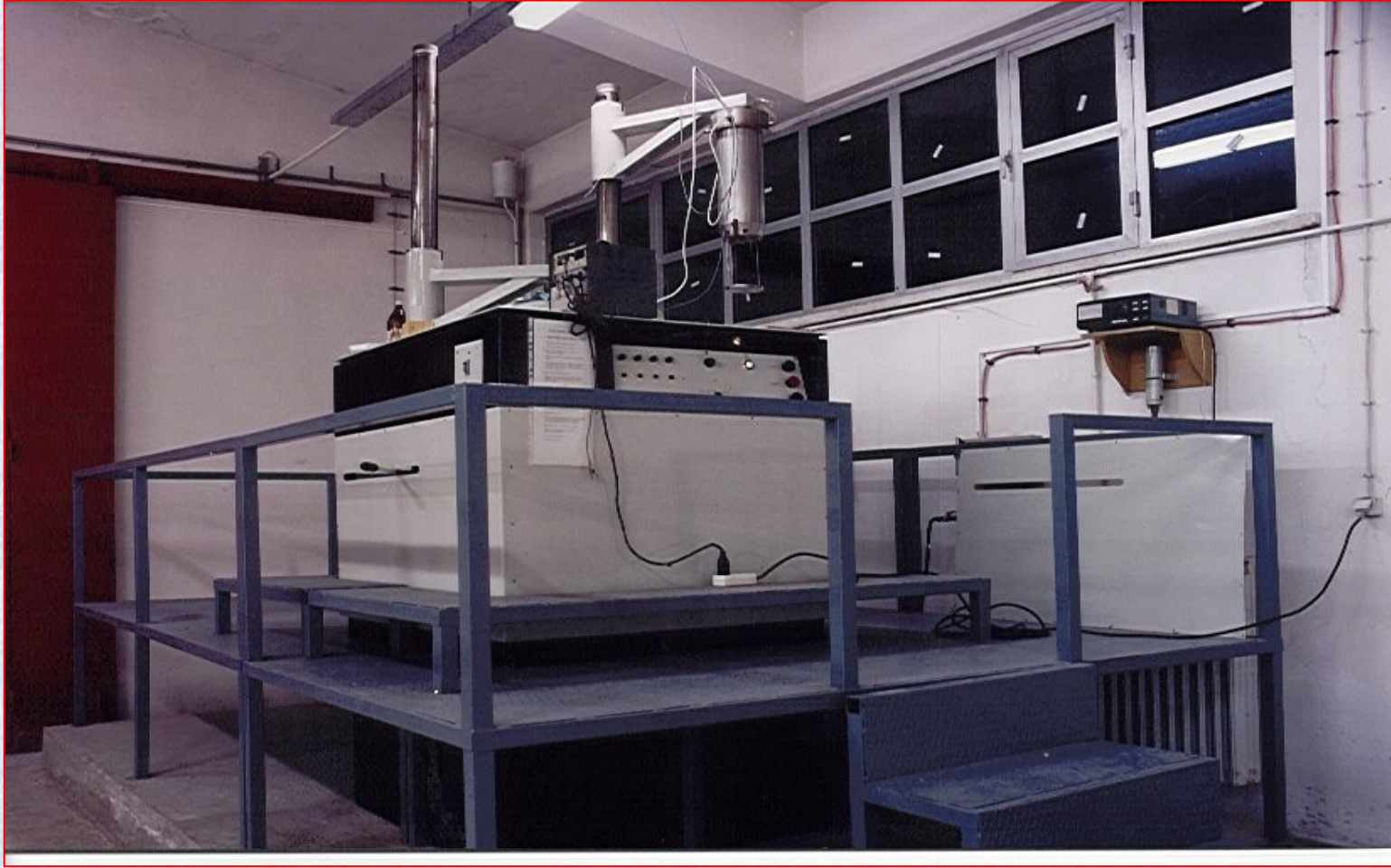
Baharatlar, kurutulmuş sebzeler (kırmızı biber, karabiber, nane, kekik, kimyon, zencefil, tarçın, sarımsak, pırasa vb.), bitkisel çay, kurbağa bacağı, et.

SANAEM: 1,800 tons, Gamma Pak: 4,200 tons

- **Büyük hacimli malzemelerin ışınlama işlemleri; Macar yapımı, SVST Co-60-1 tipi sürekli ve kesikli ışınlama yapabilen tote-box ışınlayıcısında yapılmaktadır.**
- **Küçük hacimli malzemelerin deneysel gıda ışınlama işlemleri; Cobalt-60 Gamma-cell'de (PX-γ-30 Isslodovatelj) yapılmaktadır.**

GAMMA-CELL CİHAZI

(DH=0.588 kGy/h 10 Ekim 2012)



Işınlanmış Gıdaların Deteksiyonu Neden Gereklidir?

WHO, FAO ve IAEA gibi uluslararası örgütlerin önderliğinde yapılan gıda ışınlama çalışmalarında 10 kGy'lık doz değerine kadar olan ışınlamalarda, gıdaların besin değerlerini yitirmediği ve kullanım için risk oluşturmadıkları saptanmıştır.

Pratikliği, yüksek girginliği, ucuzluğu, çok düşük sıcaklık artışı yaratması vb. nedenlerden dolayı gıdaların radyasyonla sterilizasyonu dünyada ve ülkemizdeki gıda sektörlerinde gittikçe artan bir biçimde kullanılmasıyla gıda örneklerinin ışınlanıp ışınlanmadıklarının ve ışınlanmış iseler uluslararası kurumların belirlemiş oldukları doz limitlerine uyulup uyulmadığının tespiti büyük önem taşımaktadır.

Işınlanmış gıdaların deteksiyonu ile gıda ışınlanmış veya ışınlanmamış olarak etiketlenebilecek ve doğru bir etiketleme tüketiciye ışınlanmış veya ışınlanmamış ürün seçme hakkını sağlayabilecektir.

Işınlanmış Gıdaların Tespitinde Kullanılan Fiziksel Deteksiyon Yöntemleri

- **EN 1786 Kemik İçeren Işınlanmış Gıdaların ESR Spektroskopisi ile Belirlenmesi**
- **EN 1787 Selüloz İçeren Işınlanmış Gıdaların ESR Spektroskopisi ile Belirlenmesi**
- **EN 13708 Kristal Şeker İçeren Işınlanmış Gıdaların ESR Spektroskopisi ile Belirlenmesi**
- **EN 1788 Silikat Minerallerinin İzole Edilebildiği Gıdalarda Işınlamanın Termoluminesans Yöntemi ile Belirlenmesi**
- **EN 13751 Foton Uyarmalı Lüminesans (PSL) Kullanarak Işınlanmış Gıdaların Belirlenmesi- Tarama Metodu**

Isınlanmış Gıdaların Tesbitinde Kullanılan Deteksiyon Yöntemleri

- **Biyolojik Yöntemler;**

- EN 13783 Gıda Maddeleri- Direct Epiflöresans Filter Technique/Aerobic Plate Count Yöntemini (DEFT/APC) kullanarak Işınlanmış Gıdaların Belirlenmesi- Tarama Metodu
- EN 13784 Gıda Maddeleri- Işınlanmış Gıdaların Belirlenmesi İçin DNA Comet Assay- Tarama Metodu
- EN 14569:2004 Gıda Maddeleri- Limulus Amoebocyte Lysate (LAL)/Gram Negatif Bakteri (GNB) Mikrobiyolojik Tarama Yöntemi Kullanılarak Işınlanmış Gıdaların Belirlenmesi

- **Kimyasal Yöntemler;**

- EN 1784 Gıda Maddeleri- Yağ İçeren Işınlanmış Gıdaların Saptanması, Hidrokarbonların Gaz Kromatografik Analizi
- EN 1785 Gıda Maddeleri- Yağ İçeren Işınlanmış Gıdaların Saptanması, 2-Alkilsiklobütanonların Gaz Kromatografik/ Mass Spektroskopik Analizi

Termolüminesans (TL) Tekniği

- TL tekniğinde, yalıtkan kristaller radyasyonla ışımlandıktan sonra ısıtıldıklarında elde edilen lüminesans ışımaları ısıtma sıcaklığının fonksiyonu olarak ölçölür.
- Numunenin ısıtılması ile elektronlar veya holler daha alt enerji durumlarına dönerler. Isıtmanın miktarına göre enerji seviyeleri arasındaki geçişler değişir. Bu enerji durumları arasındaki enerji farkı kadar enerjiye sahip ışık fotonu yayınlanır.
- Isıtma sıcaklığının fonksiyonu olarak ölçölen ışıma eğrilerine **TL ışıma eğrileri** (glow-curve) denir.
- Kristal yapıda farklı derinliklerdeki tuzaklar farklı TL ışıma pikleri ile belirlenir.
- Yayınlanan ışık şiddetinin ölçölmesi ile katının soğurmuş olduğu radyasyon miktarı ölçölür.

- Işınlanmış gıdaların deteksiyonunda TL analizleri en hassas ve güvenilir yöntemlerden biridir. Bu yöntem ile 1 kGy den daha düşük dozlarda ışınlanmış gıdaların deteksiyonu yapılabilmektedir.
- Bu yöntemde teşhis için gıdanın kendisi değil gıda üzerine yapışmış inorganik toz örnekleri (kuvars, feldspat, kalsit ve diğer toprak minerallerinin karışımı) incelenir. Uygulanan numuneler: Baharatlar ve şifalı otlar, kuru meyveler, patates....kalsit içeren bazı kabuklu deniz ürünlerinin analizi yapılabilir.
- **TS EN1788 (foodstuffs-thermoluminescence detection of irradiated food from which silicate minerals can be isolated)** standardına göre gıdanın ışınlanıp ışınlanmadığını belirlemek için iki yol izlenir:
 - Işıma eğrisinin hangi sıcaklık aralığında pik verdiği bakılır. TL1' e doğal ışıma eğrisi, TL2' ye ışınlanmış örnek için ışıma eğrisi denirse eğer TL1, 150-250 °C sıcaklık aralığında ise örnek ışınlanmış, 250-350 °C sıcaklık aralığında ise örnek ışınlanmamış demektir. Diğer yol ise; Eğer TL1/TL2 oranı 0.5 den büyük ise numune ışınlanmış, TL1/TL2 oranı 0.1' den küçük ise numune ışınlanmamıştır demektir.
- EN1788 standardına göre ölçüm sıcaklık aralığı 70-500°C ve ısıtma hızı da 6 °C/s olmalıdır.

TL/OSL OKUYUCU

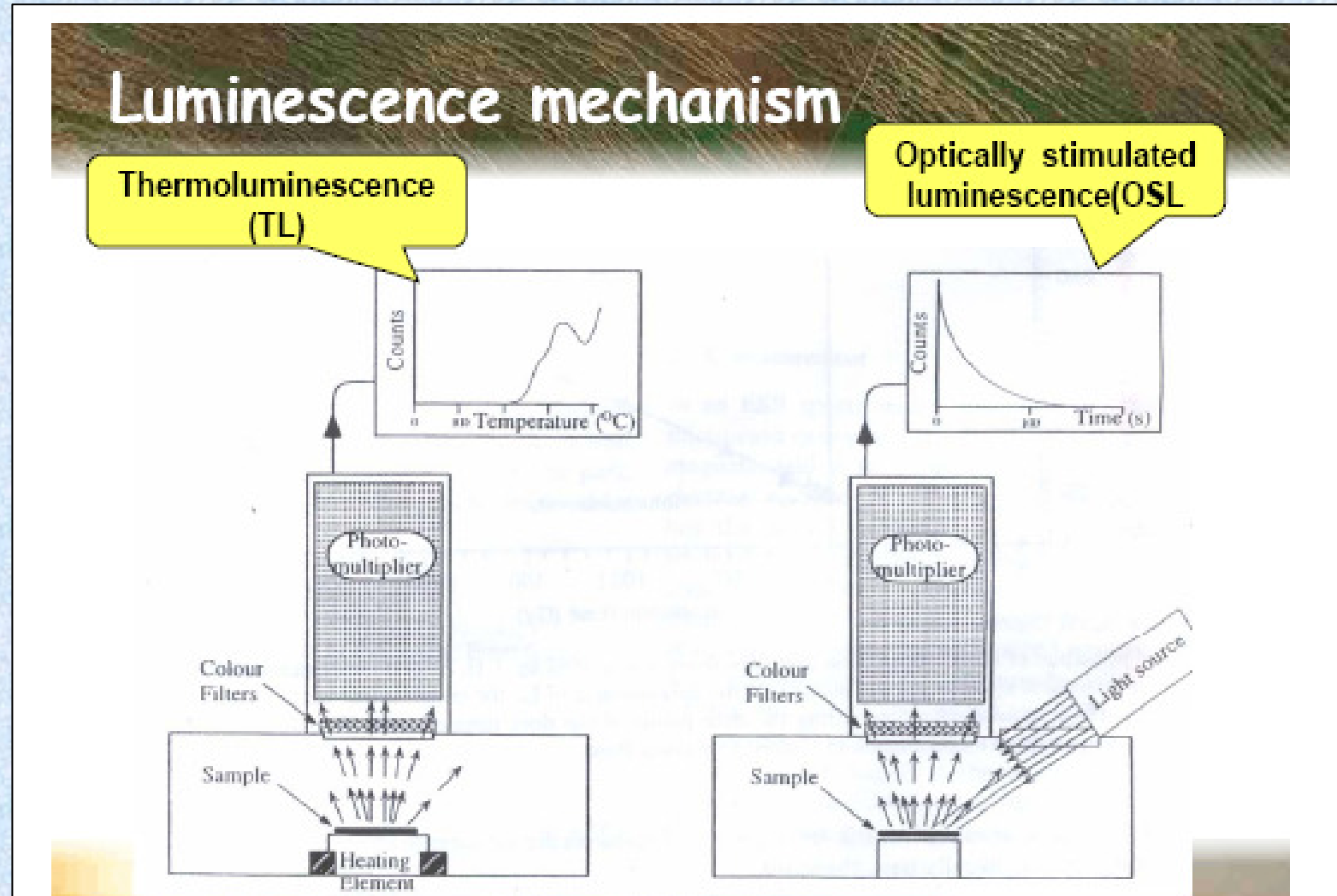


HARSHAW 3500 TLD READER



**RISO TL/OSL-DA 20 OKUYUCUSU
(IR ve Blue Light, Sr-90/Y-90)**

TL ve OSL mekanizması

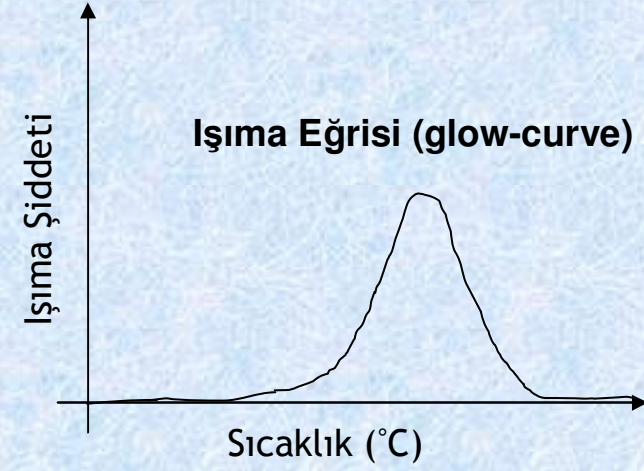
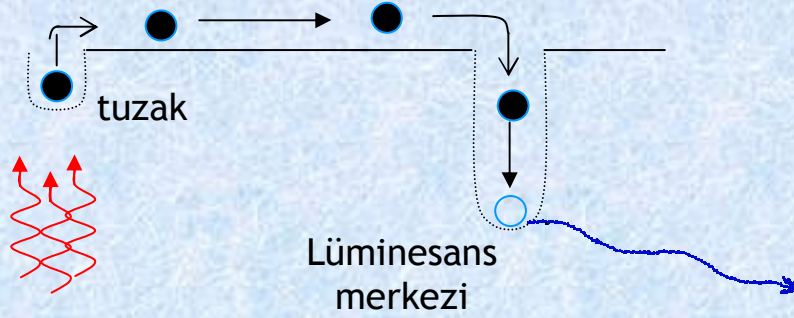


TL/OSL CİHAZI

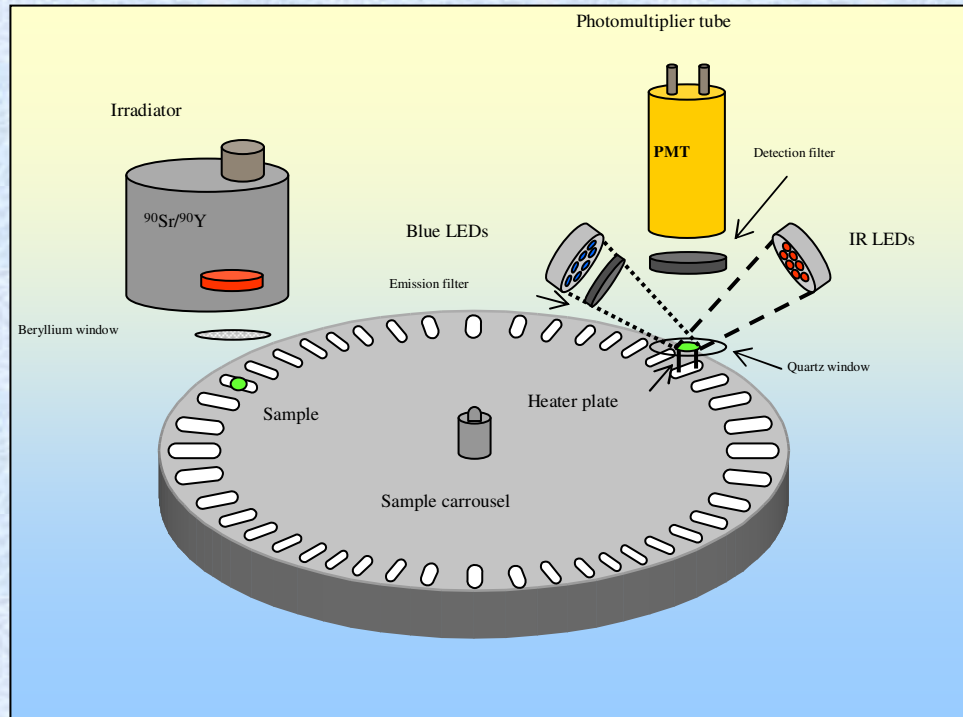


1. evre

2. evre



TL/OSL Okuyucusunun Beta Işınlama Kaynağı ve Isıtma Sistemine Ait Özellikler



Beta Işınlama Kaynağı ve Isıtıcı Sistem	Özellikleri
Kaynak Cinsi	$^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$
Kaynağın Enerjisi	$E_{\text{max.}} = 2.27 \text{ MeV}$
Kaynağın Aktivitesi	1.48 GBq (40 mCi)
Kaynak Yarı Ömrü	$T_{1/2} = 28 \text{ yıl}$
Kaynağın Doz Hızı	0.140 Gy/s
Kaynak-Örnek Arası Mesafe	7 mm
Isıtma Kapasitesi	0-700 °C
Lineer Isıtma Hızı	0.1 – 20 K/s

TS EN 1788:2001 Silikat Minerallerinin Ayrılabilirdi Gıdalarda Işınlanmanın Belirlenmesi-Termoluminesans Yöntemi

- Bu yöntemde teşhis için gıdanın kendisi değil gıda üzerine yapışmış inorganik toz örnekleri (kuvars, feldspat, kalsit ve diğer toprak minerallerinin karışımı) incelenir.
- TL tekniğı ile ölçüm yapmaya imkan verebilecek kadar toz örnek toplayabilmek için en az 1 kg'lık aromatik bitki numunesine ihtiyaç duyulur.
- Örnek hazırlamak için bir dizi fiziksel ve kimyasal işlem uygulanır.
- Uygulanan numuneler: Baharatlar ve şifalı otlar...kalsit içeren bazı kabuklu deniz ürünleri
- Analiz için gelen her gıda örneğinden TL tekniğı ile ölçüm yapmaya imkan verebilecek miktarda inorganik toz örnek toplanamaması ve örnek hazırlama işleminin uzun sürmesi yöntemin bir dezavantajı olmasına rağmen, ışınlanmanın belirlenmesinde en güvenilir yöntemdir.

TL tekniğiyle analizi yapılan örnekler

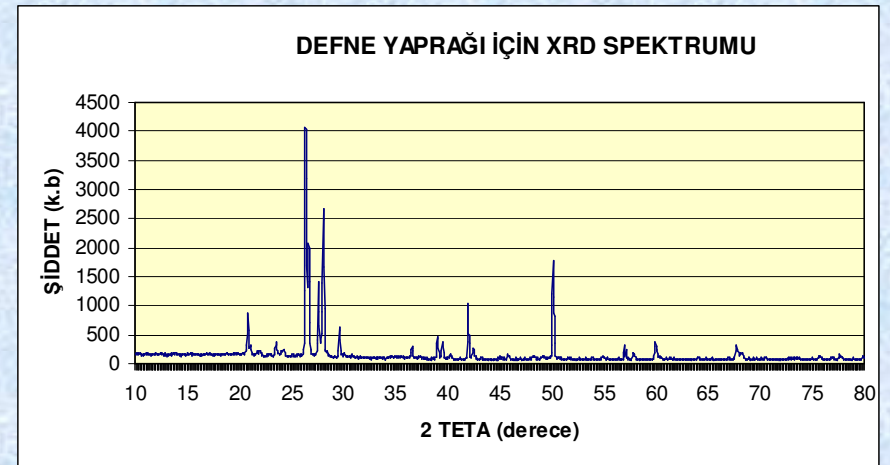
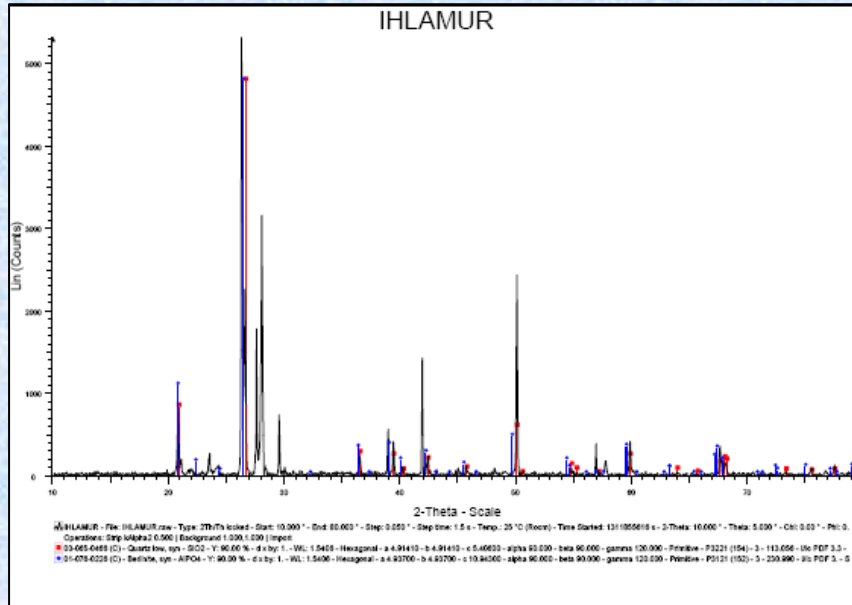
- Krmızı toz biber
- Kuru nane
- rek otu
- Kimyon
- Kekik
- Karabiber
- Krmızı pul biber
- Kestane
- Ceviz
- Fındık
- Fıstık
- Şifalı otlar
- Çaylar
- Karides
- Badem
- Yumurta



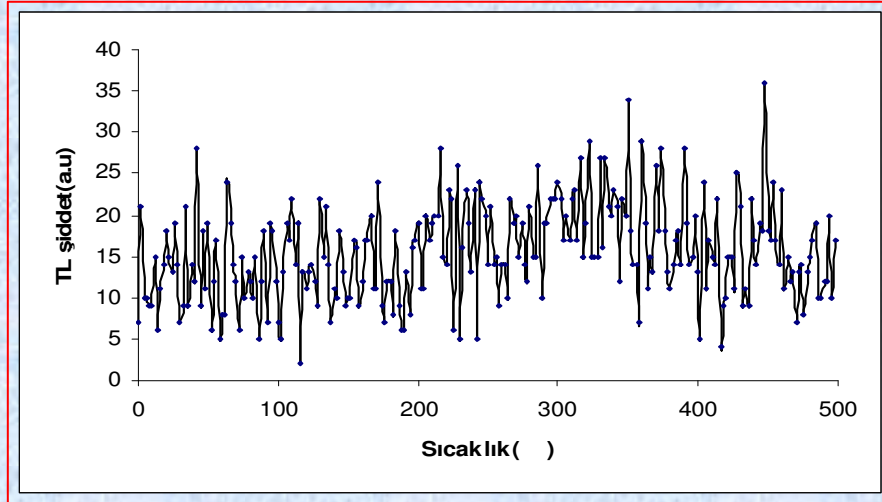
TL ÖLÇÜMLERİ İÇİN SİLİKAT MİNERALLERİNİN HAZIRLAMASI

- Yaklaşık 1kg Defne ve Ihlamur numunesi ultrasonik banyoda bekletildi
- Islak eleme yöntemi ile basınçlı su kullanılarak 250 μm elekten elendi.
- Elenen örnek 100ml'lik beherlere toplandı. Beherin üstündeki örnek-su karışımı döküldü.
- Beherin dibine çöken silikat mineralleri petri kabına alındı ve Etüvde 50 °C'de kurutuldu.
- Mineral çeşidini belirlemek için kurutulan 3 mg'lık numunenin **XRD**'sine bakıldı.
- Kabın dibine çöken minerallerin bir kısmı 15 ml'lik 16 adet santrifüj tüpüne kondu.
- Numune içerisindeki **organiklerden kurtulmak için** 5ml (yoğunluğu 2g/ml) sodyum politungustat (**SPT**) çözeltisi eklendi.
- SPT içerisindeki numune 1000g'de 3 dakika santrifüjlendi. Numune sonra 2 kez saf su ile yıkanarak SPT kalıntısı uzaklaştırıldı.
- Numune içerisindeki **karbonatlardan kurtulmak için** 2ml (konsantrasyonu 1 Molar) **HCL** içerisinde 10 dk bekletildi. **HCL'yi nötralize etmek için numune üzerine 2ml Amonyum hidroksit eklendi.** Sonra, 3 kez saf su ile santrifüjlenerek yıkandı.
- Tüpün dibinde kalan silikat minerallerine 5 ml aseton eklenip santrifüjlendi.
- Silikat mineralleri santrifüj tüplerinden asetonla birlikte petri kabına alındı.
- TL ölçüm diskleri ve numuneler etüvde 50 °C'de 1 gece kurutuldu.
- Numuneler (5 mg) disklere TL ölçümleri için konuldu.

IHLAMUR VE DEFNE İÇİN XRD SPEKTRUMU



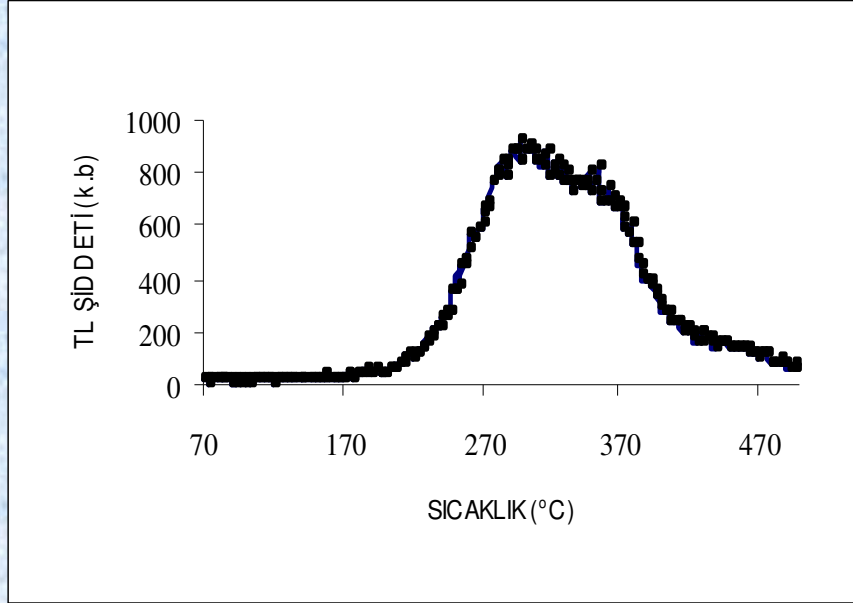
TL TEKNIĞİ KULLANILARAK YAPILAN ANALİZLER



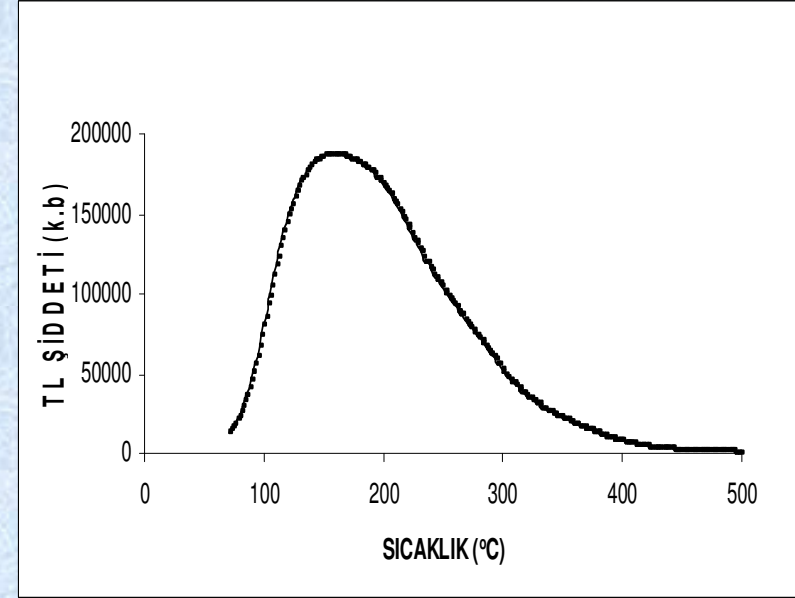
Boş TL kabının TL ışıma eğrisi

- Işınlanmamış örnekler ya TL piki vermez veya verse bile 300 derece üzerinde TL verir. 300 derecedeki bu pik tabii radyasyonla oluşan piktir.
 - Işınlanmış örnekler için TL pikleri 150- 250 derece arasında çıktığında zamanla ortam sıcaklığında sönüm ihtimalleri zayıftır. Bu nedenle numunenin ışılanıp ışılanmadığı belirlenebilir.
 - Minerallerin türüne ve bağlı miktarlarına göre TL ışıma eğrilerinin biçimi değişiklik gösterebilir.
-
- TL ile teşhiste iki yol vardır:
 - 150-250 derece sıcaklık aralığında Işıma eğrisinin olup olmadığına bakılır.
 - TL1/TL2 oranı 0,5 den büyükse ışılanmıştır 0,1 den küçükse ışılanmamıştır. (TL1 doğal ışıma eğrisi, TL2 ilave 1 kGy dozda ışınlama ile elde edilen normalizasyon ışıma eğrisi)

TL TEKNİĞİ KULLANILARAK YAPILAN ANALİZLER (DEFNE)



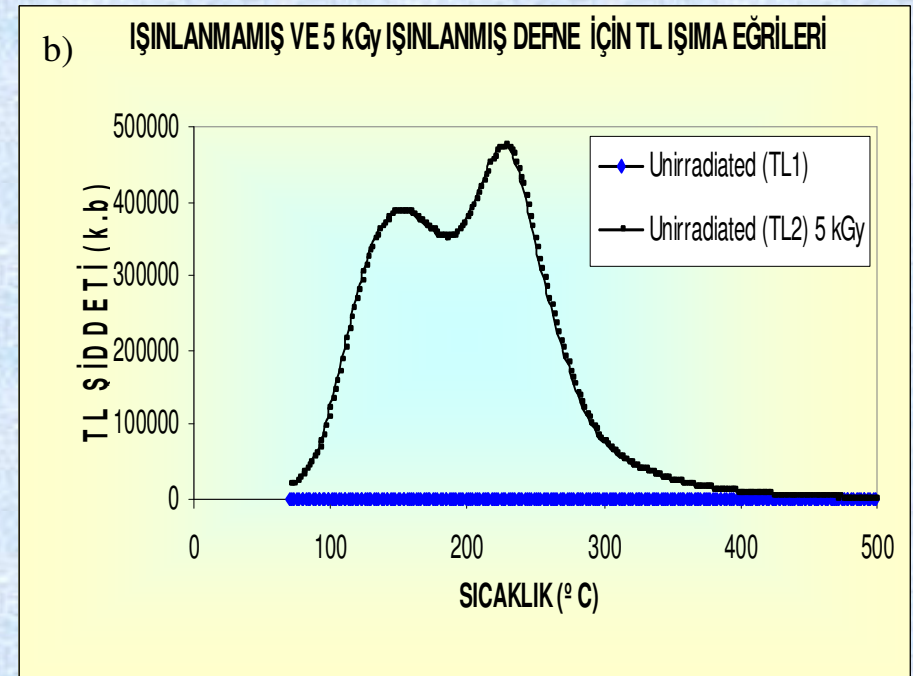
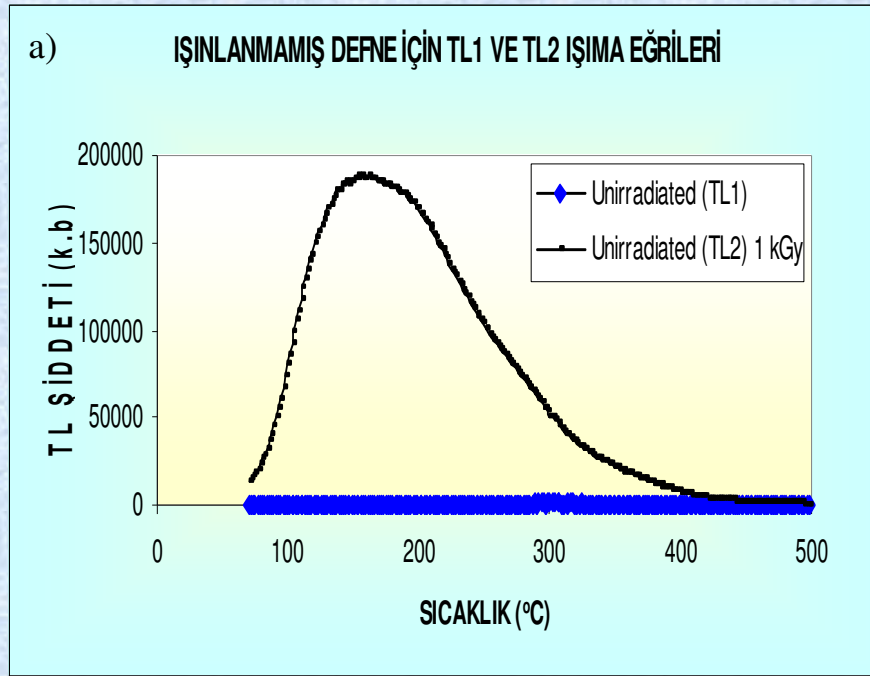
Defne numunesinden çıkarılan silikat minerallerinin ışıma eğrisi (TL1)



Defne numunesinden çıkarılan silikat minerallerinin 1 kGy gama dozundan sonraki ışıma eğrisi (TL2)

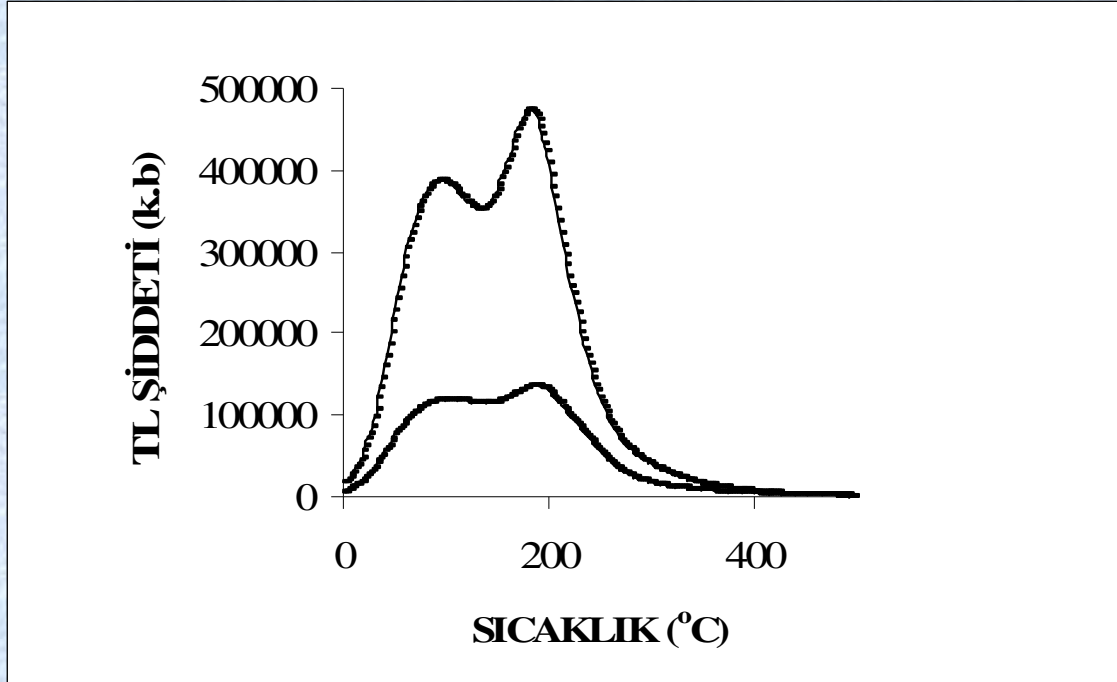
Defne numunesi için ışıma eğrilerinin altında kalan alanlar 70-500 °C aralığında inteğre edilerek **TL1/TL2** oranı **0.05** olarak belirlendi.

-Defne numunesinden çıkarılan silikat minerallerinin TL ışıma eğrisi. a) Işınlanmamış (TL1) ve 1 kGy’de ışınlanmış (TL2) ışıma eğrisi. b) Işınlanmamış (TL1) ve 5 kGy’de ışınlanmış (TL1) ışıma eğrisi.



Defne numuneleri için ışıma eğrilerinin altında kalan alanlar 70-500 °C aralığında inteğre edilerek **TL1/TL2 oranı 0.05** ve TS EN 1788:2007’ye göre ışınlanmamış olduğu belirlendi.

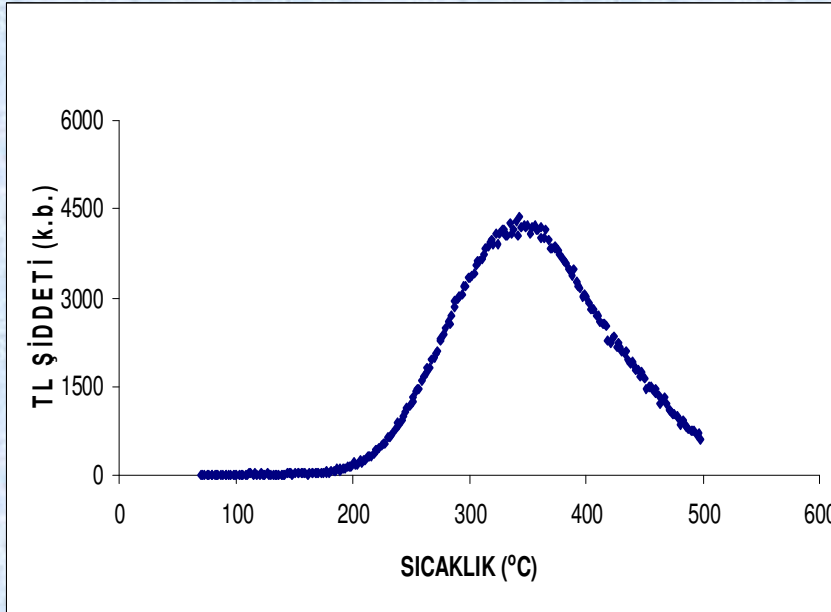
TL TEKNİĞİ KULLANILARAK YAPILAN ANALİZLER (DEFNE)



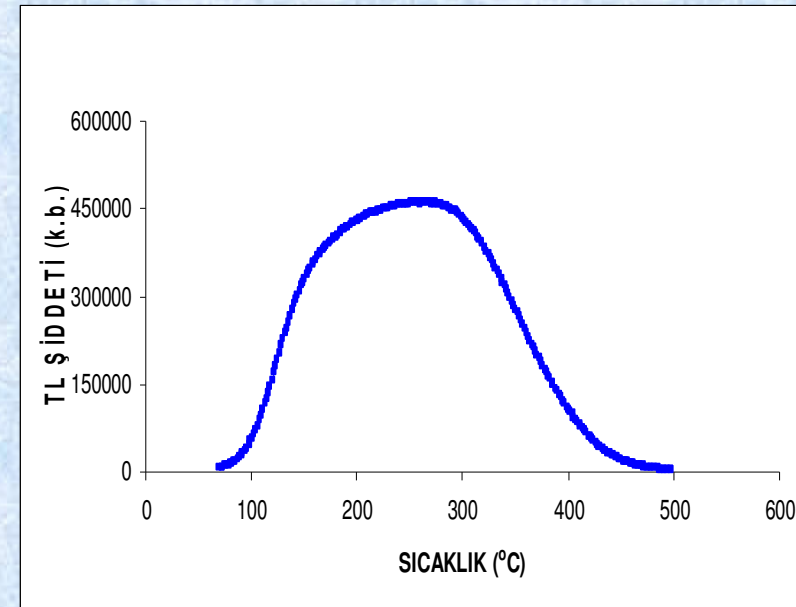
5 kGy ışınlanmış Defne numunesinden çıkarılan silikat minerallerinin ışıma eğrisi (TL1)

5 kGy ışınlanmış Defne numunesi için ışıma eğrilerinin altında kalan alanlar 70-500 °C aralığında inteğre edilerek **TL1/TL2 oranı 3** olarak belirlendi.

TL TEKNİĞİ KULLANILARAK YAPILAN ANALİZLER (IHLAMUR)



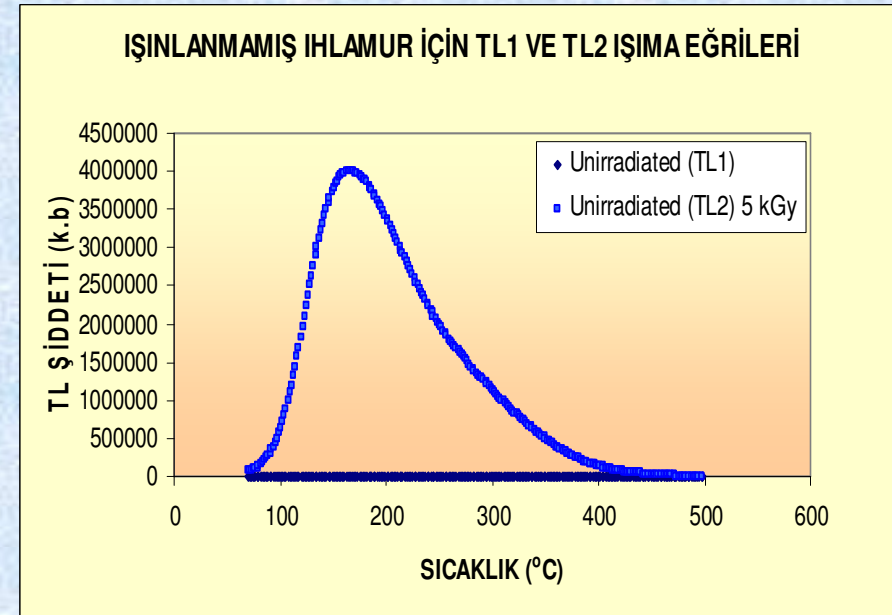
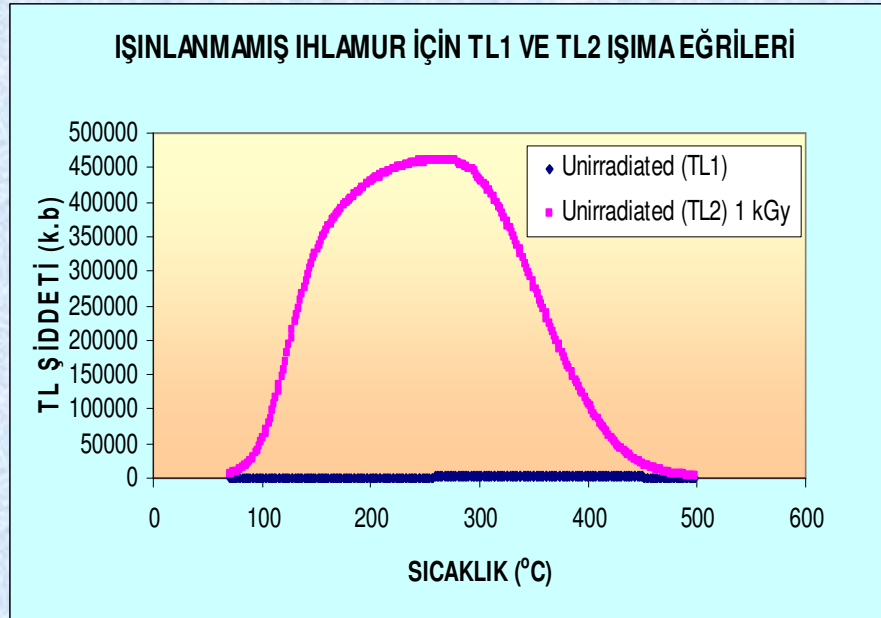
Ihlamur numunesinden çıkarılan silikat minerallerinin ışıma eğrisi (TL1)



Ihlamur numunelerinden çıkarılan silikat minerallerinin 1 kGy gama dozundan sonraki ışıma eğrisi (TL2)

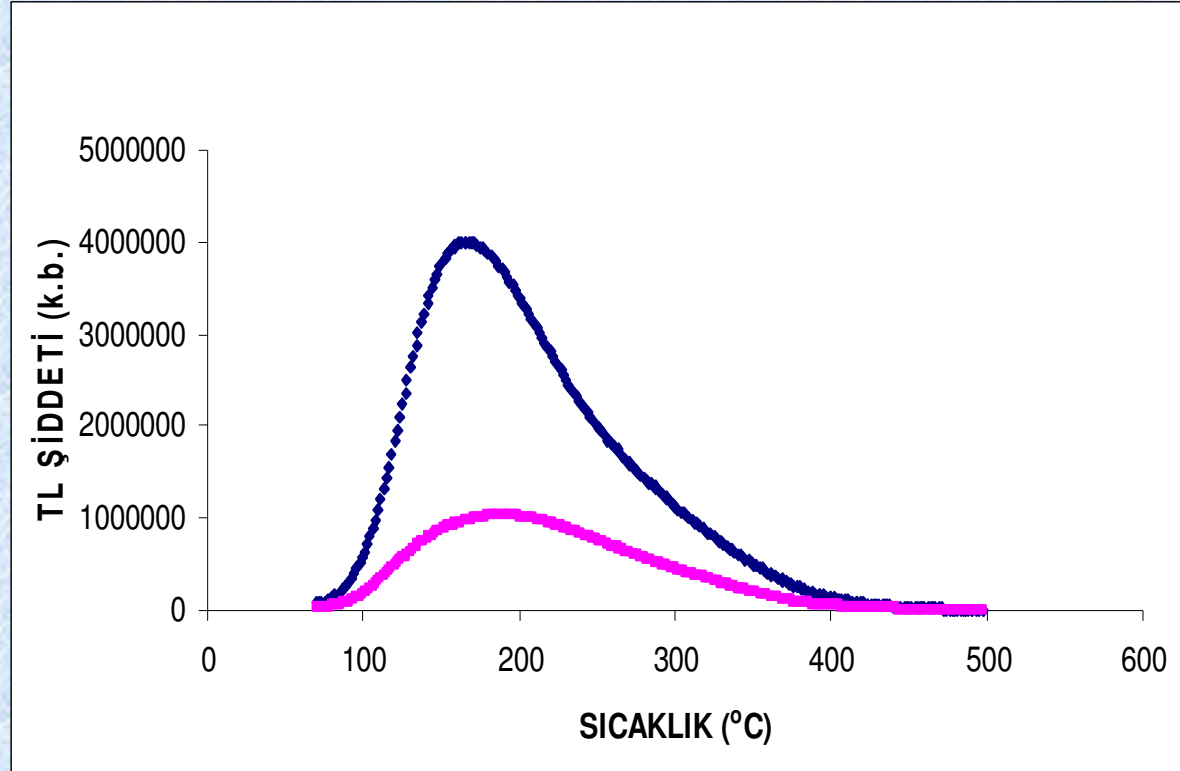
Işınlanmamış Ihlamur numunesi için ışıma eğrilerinin altında kalan alanlar 70-500 °C aralığında inteğre edilerek **TL1/TL2 oranı 0.007** olarak belirlendi.

-Ihlamur numunesinden çıkarılan silikat minerallerinin TL ışıma eğrisi. a) Işınlanmamış (TL1) ve 1 kGy’de ışınlanmış (TL2) ışıma eğrisi. b) Işınlanmamış (TL1) ve 5 kGy’de ışınlanmış (TL1) ışıma eğrisi.



Ihlamur numuneleri için ışıma eğrilerinin altında kalan alanlar 70-500 °C aralığında inteğre edilerek TL1/TL2 oranı 0.007 ve TS EN 1788:2007’ye göre ışınlanmamış olduğu belirlendi.

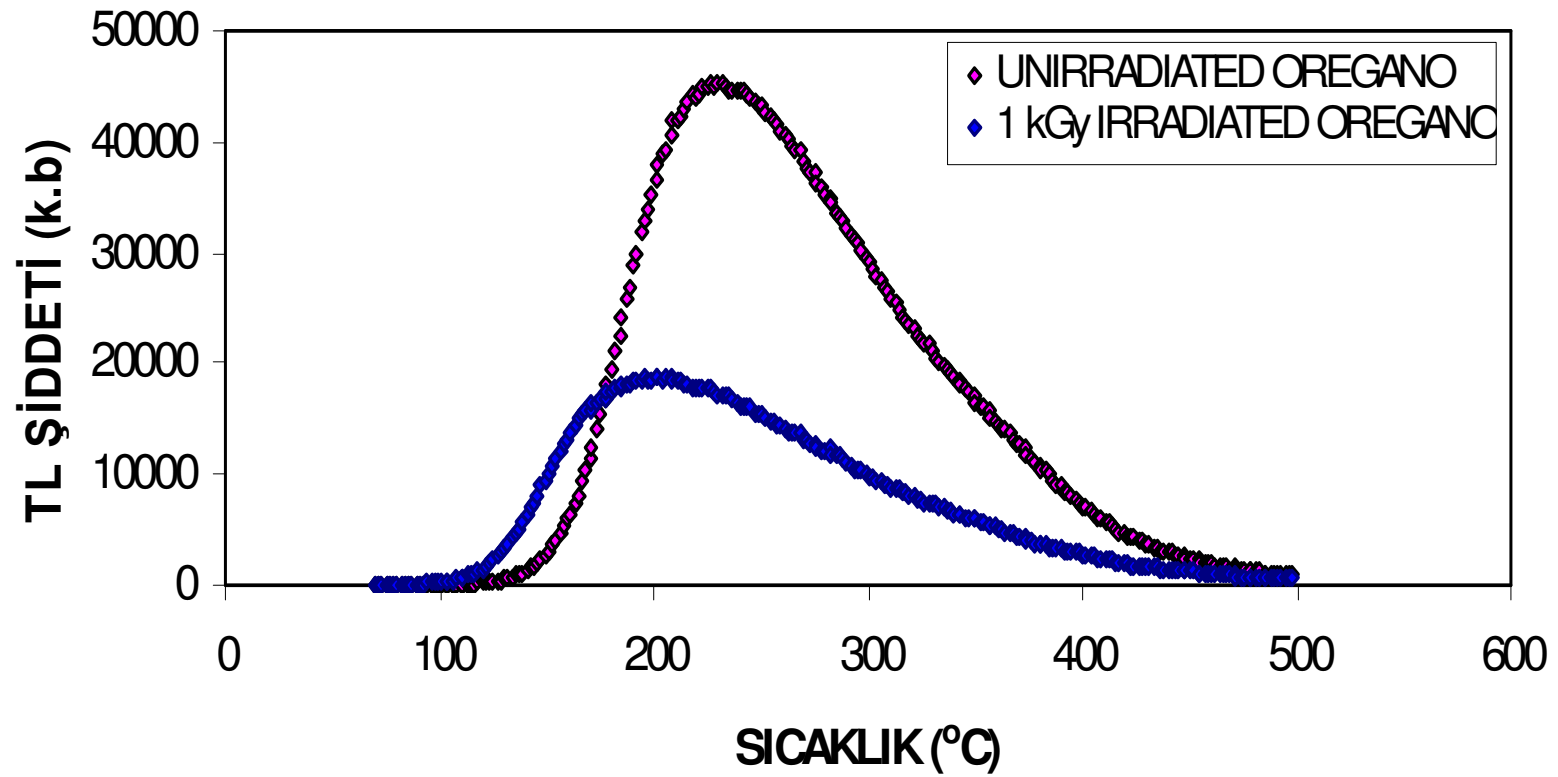
TL TEKNİĞİ KULLANILARAK YAPILAN ANALİZLER



5 kGy Işınlanmış Ihlamur numunesinden çıkarılan silikat minerallerinin TL1 ve TL2 ışıma eğrileri .

5 kGy ışınlanmış Ihlamur numunesi için ışıma eğrilerinin altında kalan alanlar 70-500 °C aralığında integre edilerek **TL1/TL2 oranı 3.22** olarak belirlendi.

İŞINLANMIŞ VE İŞINLANMAMIŞ OREGANO IE3-01 TL İŞİMA EĞRİLERİ



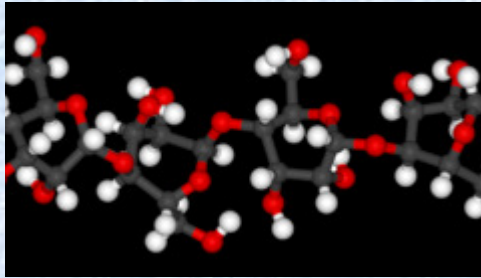
ESR TEKNIĞİ

- ESR spektroskopisi ile, gıda örneklerinde ışınlama sonucu oluşan serbest radikaller incelenir.
- Doğru bir teşhis için oluşan bu radikallerin ortam sıcaklığında kararlı olması gerekir.
- ESR tekniği ile teşhiste, radikallerin kararlılığı için gıdaların kuru ve sert kısımları kullanılır.
- ESR tekniği ile teşhis gıdanın doğasına bağlıdır.
- ESR **qualitative** (nitel) bir ölçüm tekniğidir.

ESR Ölçüm Sistemi



- ESR ile radikal türleri ve yapıları belirlenebilmekte,
- Işınlama ile gıda içerisinde oluşan serbest kökçelerin, özellikle sert doku içeren gıdalarda, uzun süre varlıklarını koruyarak teşhise olanak sağlar.



•Selüloz($C_6H_{10}O_5$)

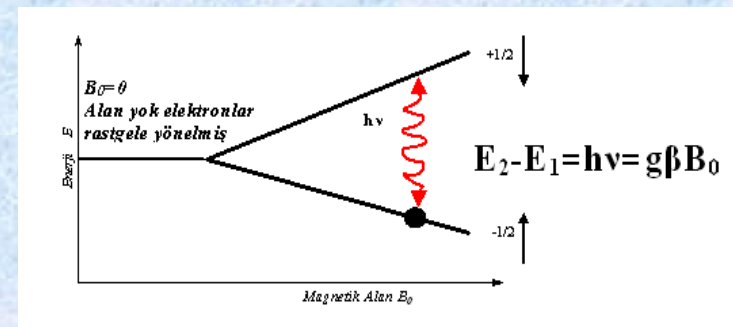
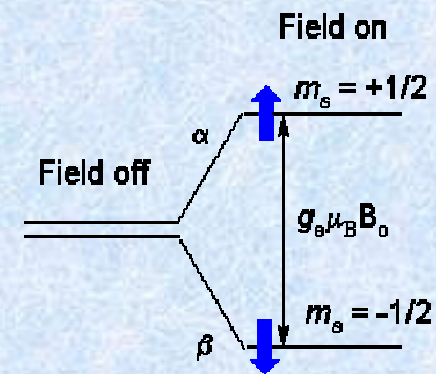
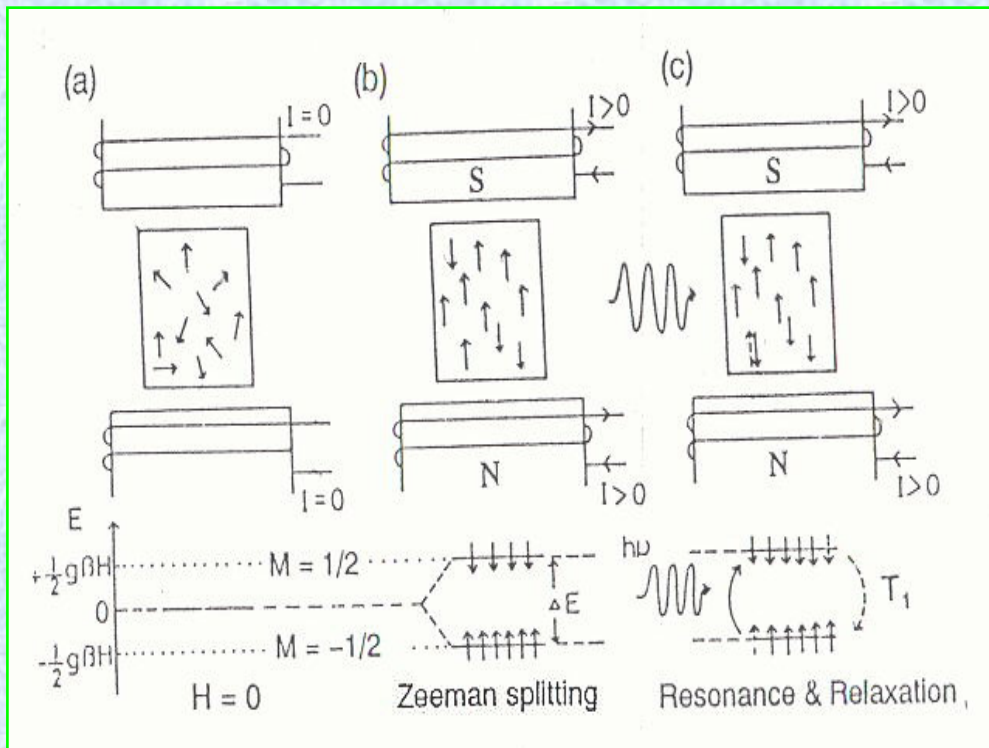
ESR TEKNİĞİNİN AVANTAJLARI

- Bu teknik tahribatsız ölçüme imkan verir, incelenen malzemelere hasar verilmez.
- Aynı örnekle birden fazla ölçüm yapılabilmektedir yani, okuma tekrarlanabilirliği iyi.
- Ölçüm için gerekli örnek miktarı azdır (m:150-200 mg).
- Ölçüm işlemi kısa sürede tamamlanabilmektedir.
- Ölçüm için herhangi bir özel aparatlara gereksinim yoktur.
- Çok geniş bir gıda profilini teşhis etmekte kullanılır (şeker, selüloz ve kemik içeren gıdalar).
- Yüksek okuma duyarlılığı (2×10^{11} spin/mT)

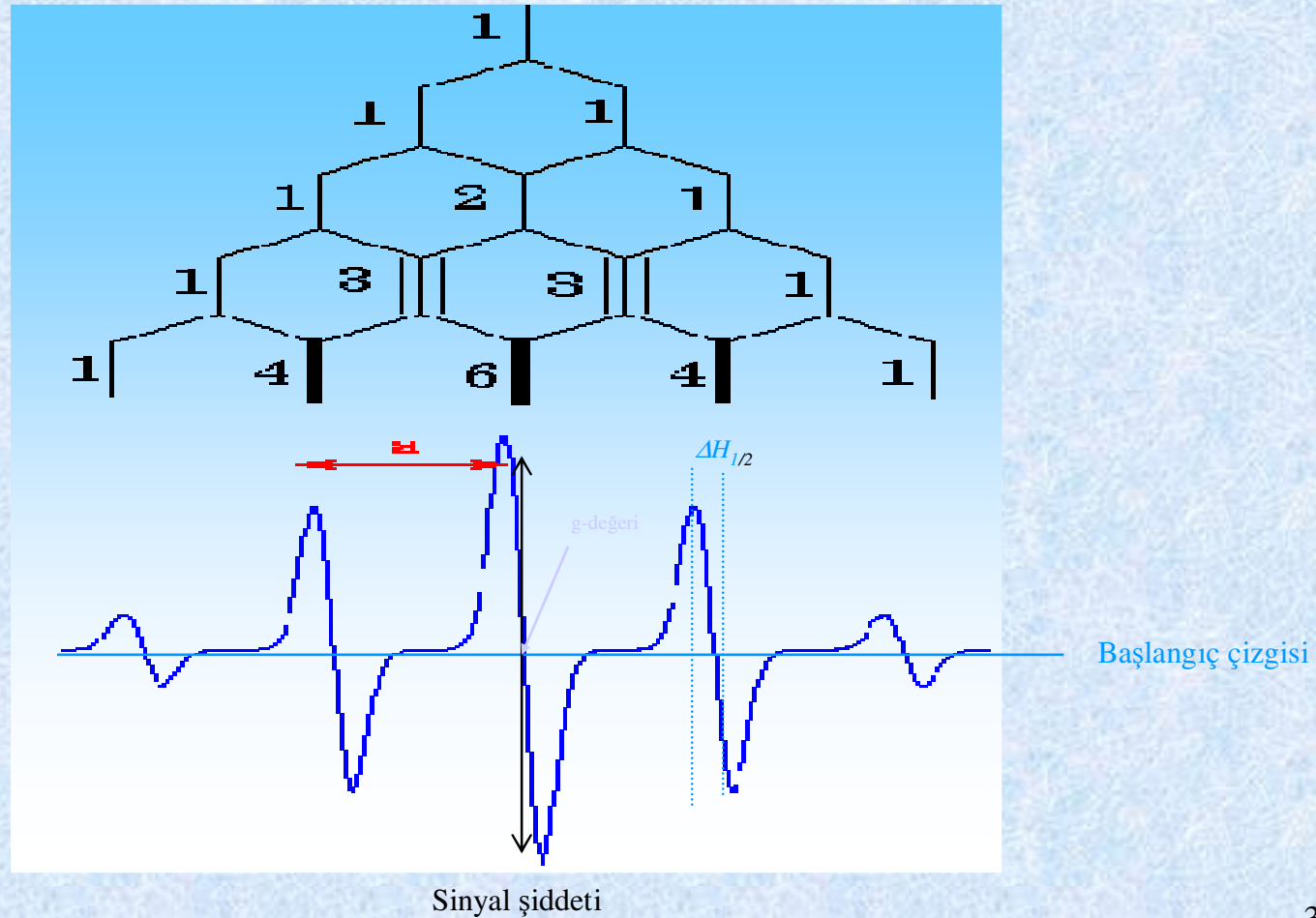
ESR tekniği ile analizi yapılan rnekler

- **Baharatlar** : kırmızı biber, karabiber, nane, kekik, pul biber,
- **Şifalı otlar**: defne yaprağı, ıhlamur
- **Çaylar**: siyah çay, ada çayı, rezene, yeşil çay
- **Kabuklu gıdalar**: fındık, antep fıstığı, ceviz, badem, fıstık
- **Meyve**: çilek, incir, elma, armut..
- **Şeker**
- **Kemik içeren Etler**: tavuk kemiği, bıldırcın kemiği, karides, balık,
- **Baklagiller**: fasulye, nohut, mercimek,

ESR Temel Prensipleri



ESR Spektrumundaki Bazı Parametreler



Rezonans Koşulu

$$\Delta E = h \nu = g \beta B_0$$

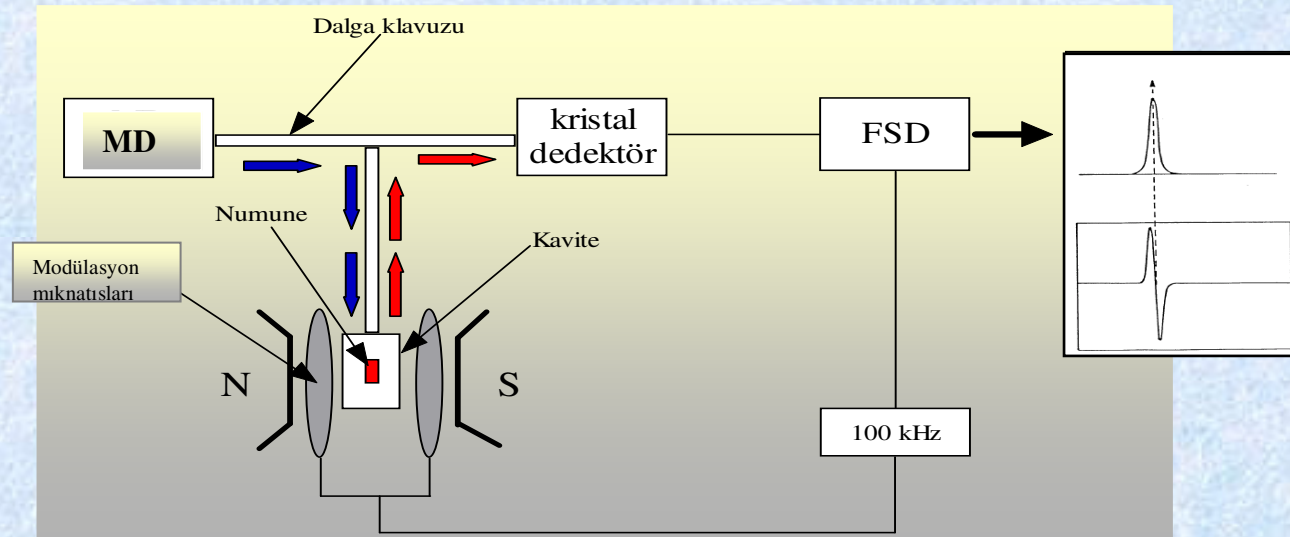
B_0 : Rezonans alanı

ν : Rezonans frekansı

β : Bohr magnetonu ($\beta = 9.27 \times 10^{-21}$ J/T)

h : Plank sabiti

g : *mıknatıslanmaya katkı derecesini* gösteren bir sabit



TS EN 1787:2005 Selüloz İçeren Işınlanmış Gıdaların ESR Spektroskopisi ile Belirlenmesi

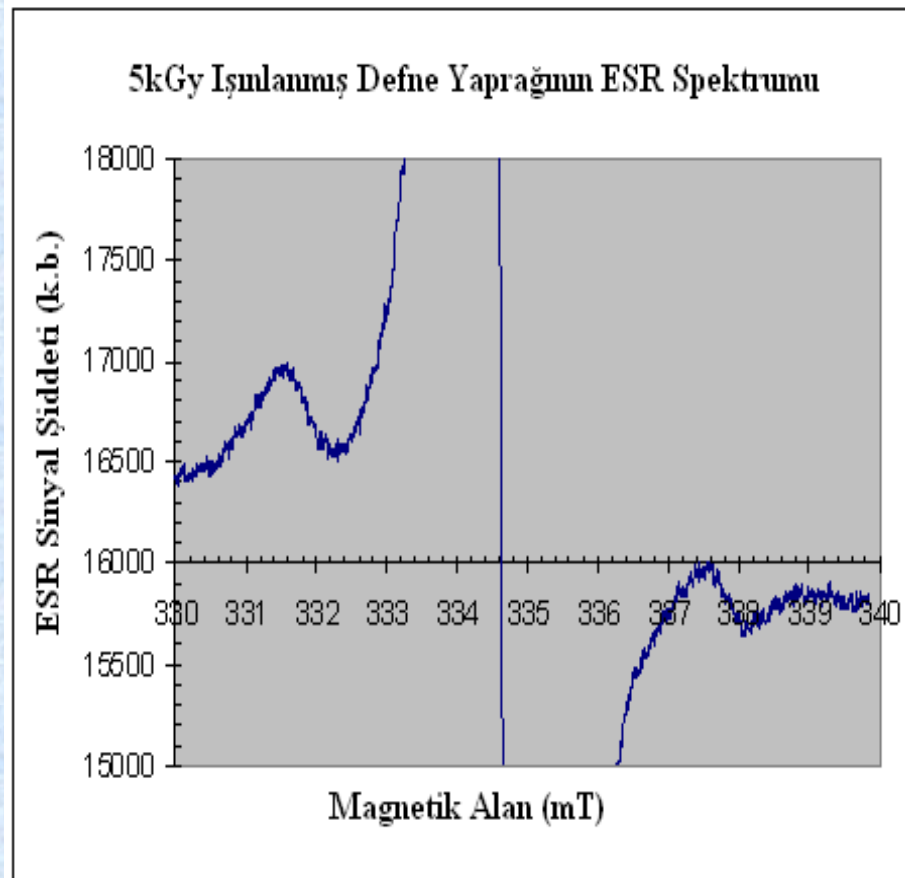
- Baharatlar (karabiber, kimyon, nane, kırmızı pul biber, kekik),
- Aromatik bitkiler (defne yaprağı,...)
- Çaylar (yeşil çay, siyah çay, ada çayı ...vb.)
- Kabuklu ve çekirdekli gıdalar (ceviz kabuğu, fındık, antep fıstığı,..)
- Çilek



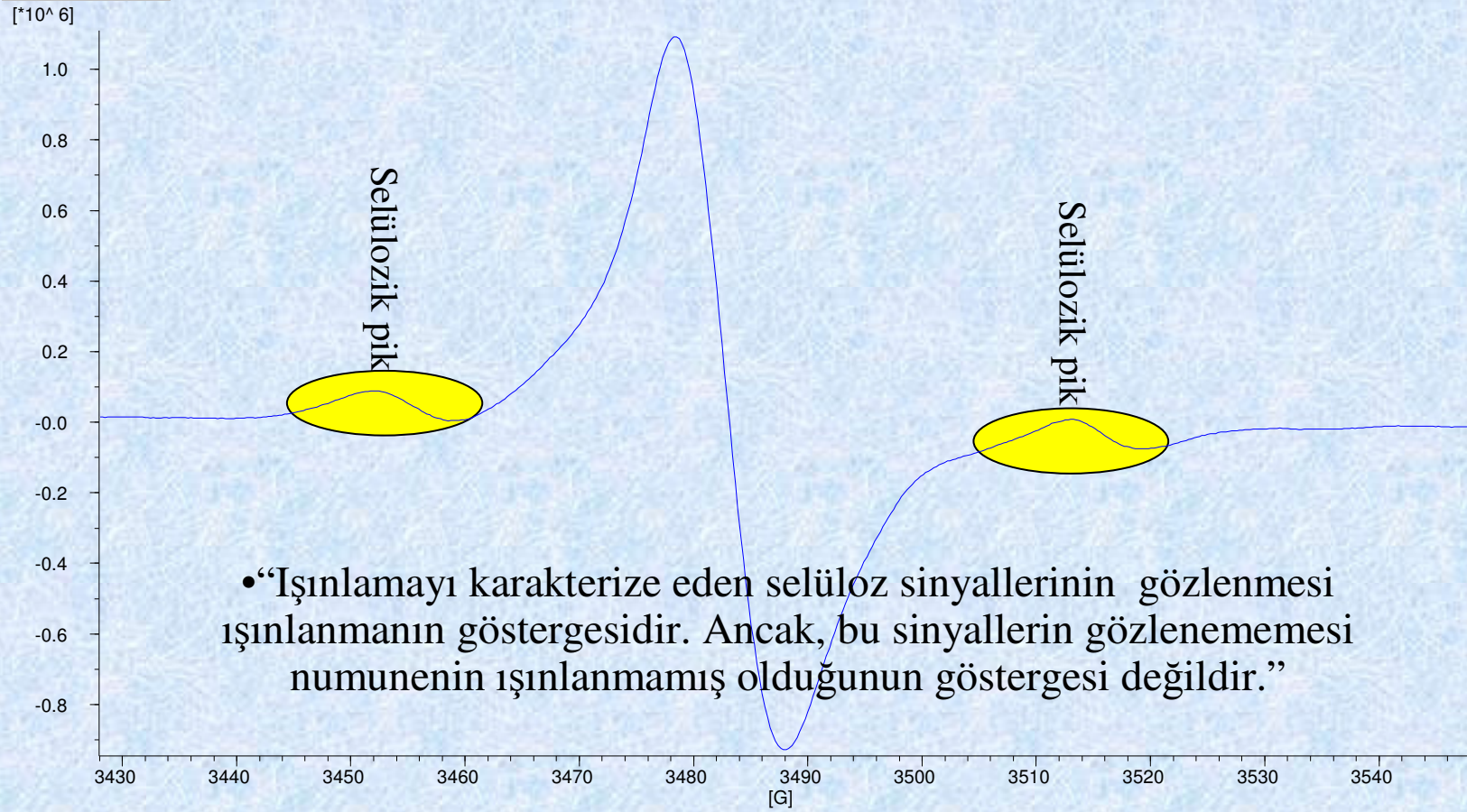
TS EN 1787:2005 Selüloz İçeren Işınlanmış Gıdaların ESR Spektroskopisi ile Belirlenmesi

- Işınlanmış örneğin ESR spektrumunda şiddetli bir orta pik ile bu orta pikten eşit mesafede (30 Gauss) iki adet selüloz sinyali bulunur. Bu ikili sinyal arasındaki mesafe 60 Gauss civarındadır.
- **“Işınlamayı karakterize eden selüloz sinyallerinin gözlenmesi ışınlamanın göstergesidir. Ancak, bu sinyallerin gözlenememesi numunenin ışınlanmamış olduğunun göstergesi değildir.”**
- Işınlamayı karakterize eden selüloz piklerin şiddeti ışınlama dozuna ve numunenin selüloz içeriğine bağlıdır.

Işınlanmış Defne yaprağının ESR Spektrumu (5kGy)



TTB m:150 mg
Işınlama Dozu: 10 kGy

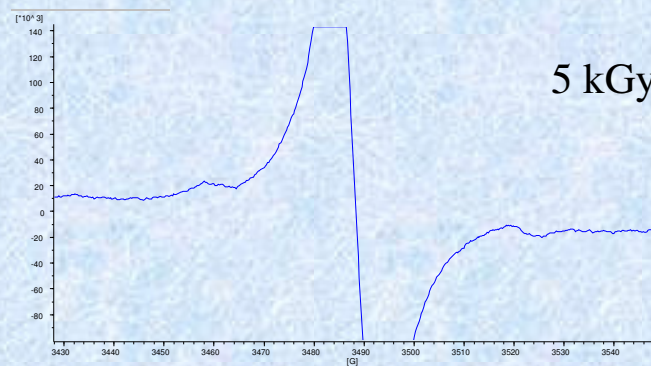
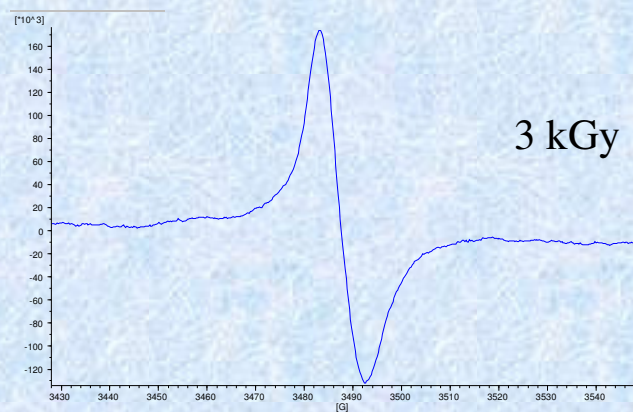
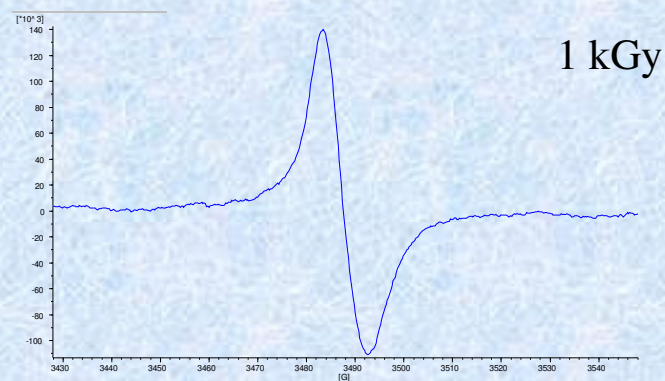
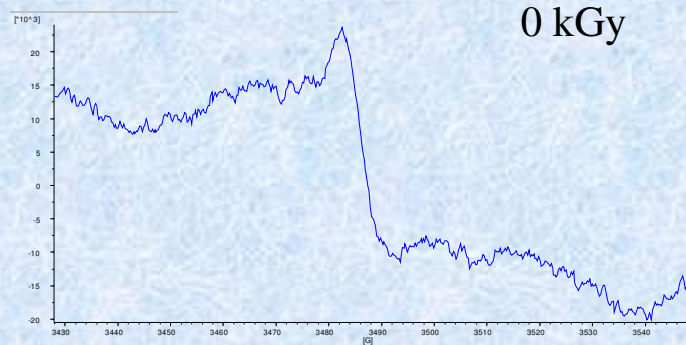


•“Işınlamayı karakterize eden selüloz sinyallerinin gözlenmesi ışınlanmanın göstergesidir. Ancak, bu sinyallerin gözlenememesi numunenin ışınlanmamış olduğunun göstergesi değildir.”

ΔH_{p-p} :60 Gauss

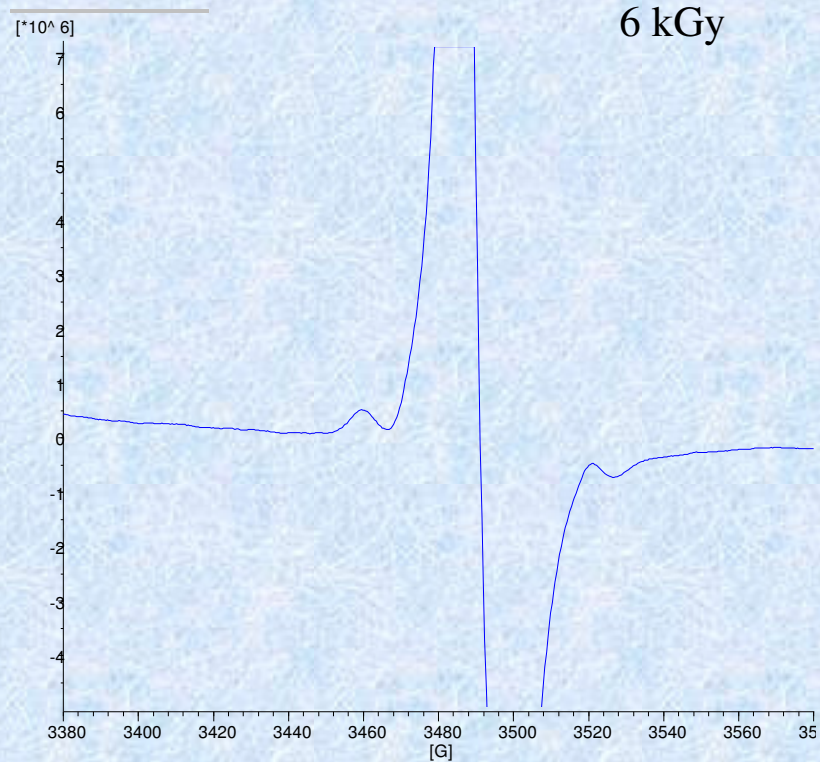
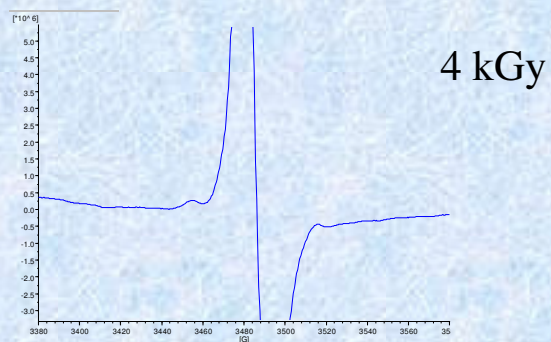
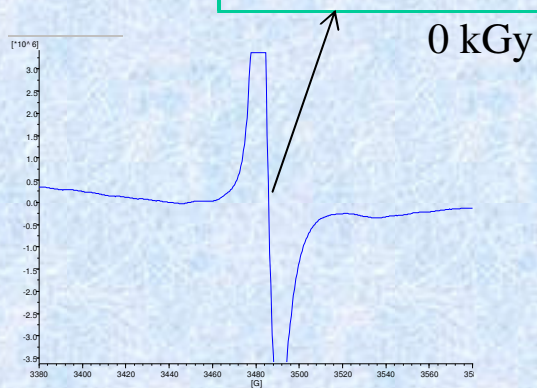


Fındık (m:150 mg)

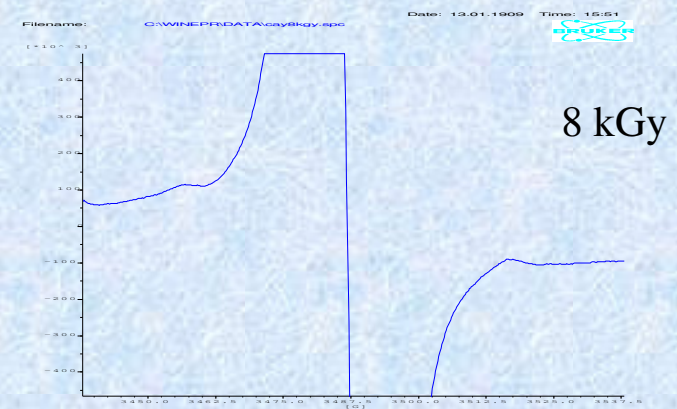
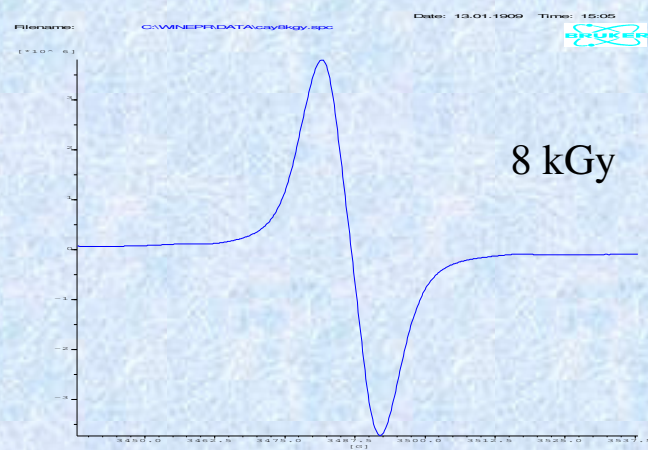
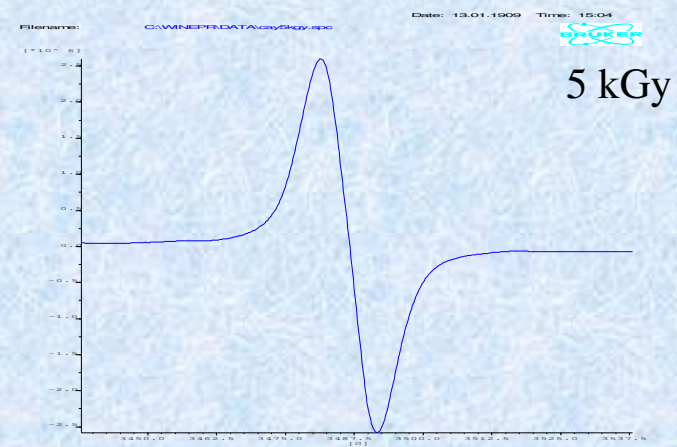
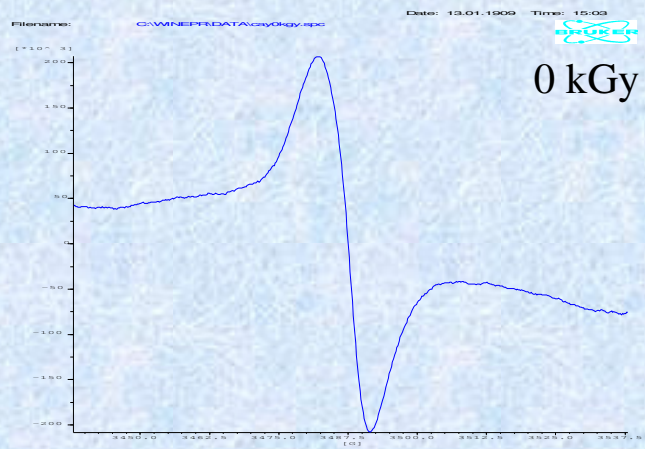


Adaçayı (m:130 mg)

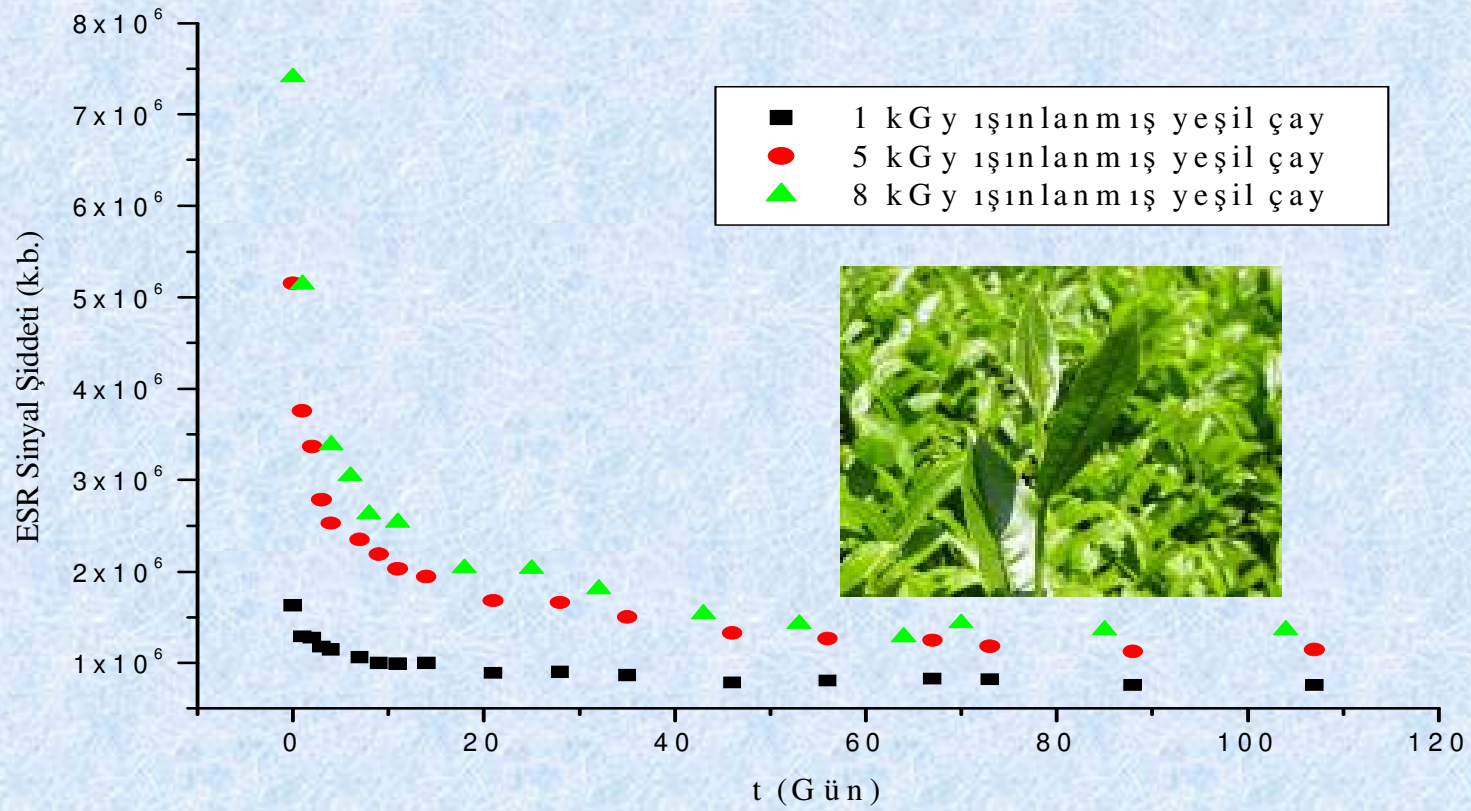
signal can be attributed to semiquinone-like free radicals produced by the oxidation of polyphenolic compounds present in plants



Yeşil Çay



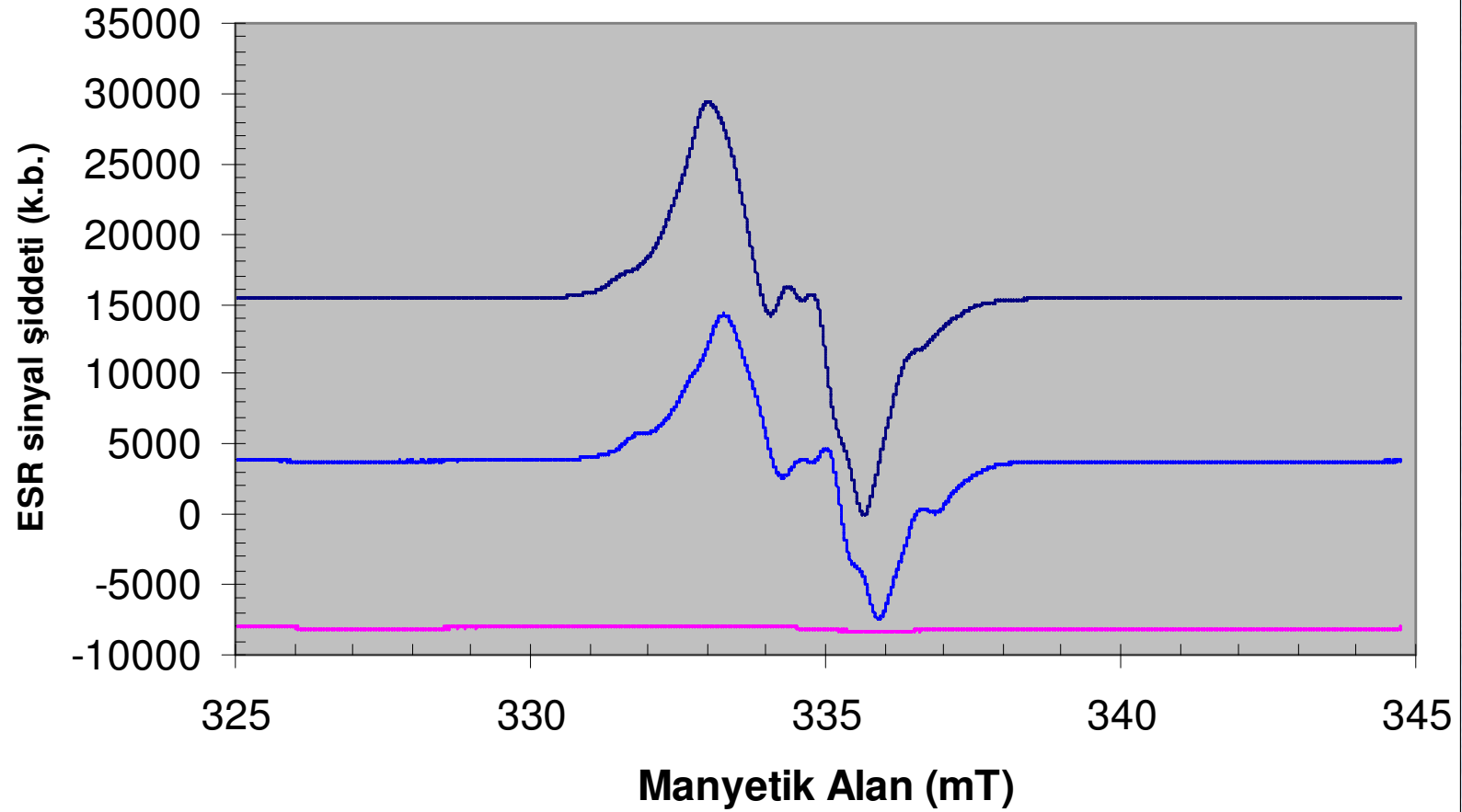
Yeşil Çay için ESR sinyal Şiddetinin Zamanla Değişimi



TS EN 13708:2001 Kristal Şeker İçeren Işınlanmış Gıdaların ESR Spektroskopisi ile Belirlenmesi

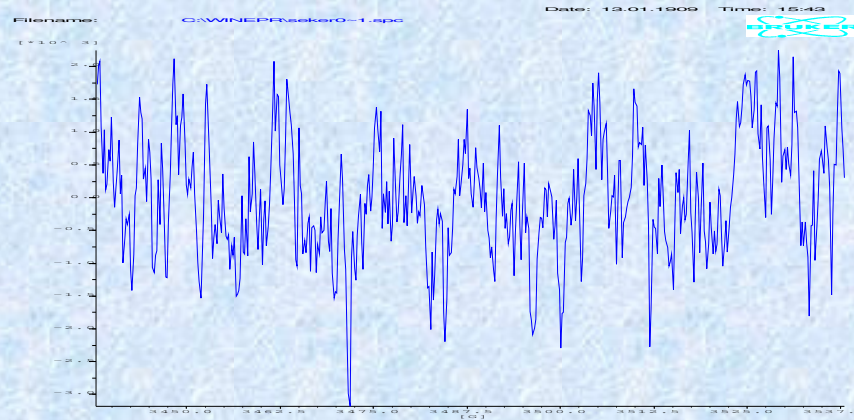
- Şeker içeren ışınlanmış gıdaların ESR spektrumu 70-90 Gauss magnetik alan genişliğinde çözümlenemeyen birden fazla ESR sinyalinin örtüşmesinden oluşmuş geniş bir spektrumdur.
- Işınlanmamış örnekler ya ESR spektrumu vermezler yada tek çizgili ESR spektrumu verirler.
- Şeker ve türevleri, kuru meyveler (incir, kuru üzüm, kuru kayısı ..)

ESR spektrum-toz şeker (0, 0.5 and 5 kGy)

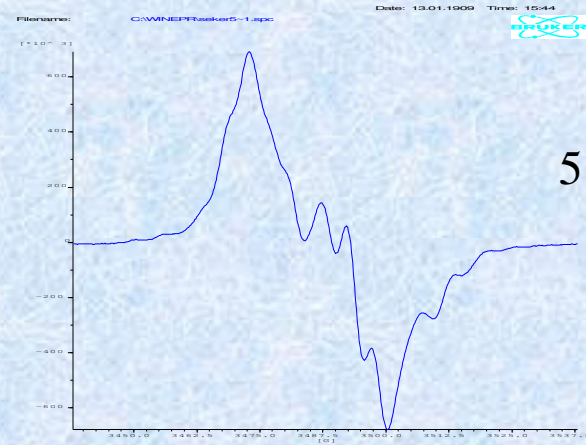


Şeker Numunesi ESR Spektrumu

0 kGy



5 kGy



8 kGy



EN 1786 Kemik İçeren Işınlanmış Gıdaların ESR Spektroskopisi ile Belirlenmesi

- Işınlanmamış kemik örneklerinde ESR spektrumu zayıf şiddette tek çizgili simetrik bir ESR sinyali gözlenir.
- Işınlanmış kemik örneklerinde şiddetli asimetric bir ESR sinyali gözlenir.
- Tespit işlemi işınlama sonucu oluşan asimetric ESR sinyalini veren hidroksiapatit radikallerin kararlılığına ve kemiğin kristalinitesine bağlıdır.
- Kemik içeren et ürünleri (balık kılçığı, tavuk ve sığır kemiği..)



ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: '~
STACK: