



İŞINLANMIŞ ÇÖREKOTU VE HAŞHAŞ ÖRNEKLERİNİN OSL TEKNİĞİ İLE TESPİTİ

Ülkü Rabia Yüce *

Türkiye Enerji Nükleer ve Maden Araştırmaları Kurumu (TENMAK), Nükleer Enerji Araştırma Enstitüsü,
Ankara, Türkiye

Geliş / Received: 28.07.2022; Kabul / Accepted: 02.09.2022; Online baskı / Published online: 29.09.2022

Yüce, Ü.R. (2022). Işınlanmış çörekotu ve haşhaş örneklerinin OSL tekniği ile tespiti. *GIDA* (2022) 47 (5) 820-830 doi: 10.15237/gida.GD22073

Yüce, Ü.R. (2022). Detection of irradiated black seed and poppy samples by osl technique. *GIDA* (2022) 47 (5) 820-830 doi: 10.15237/gida.GD22073

ÖZ

Bu çalışmada, farklı markalara ait ışınlanmış çörek otu ve haşhaş örneklerinin hızlı, kolay ve ucuz tespiti için OSL (Optik Uyarımlı Lüminesans) okuyucunun kullanım potansiyeli mavi ışık uyarımı altında araştırıldı. Yerel marketlerden her bir gıda için üç farklı marka seçildi ve her marka gıda 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında Co-60 gama radyasyonu ile ışınlandı. Her bir doz için OSL sinyal şiddetleri hem ışınlamadan hemen sonra hem de ışınlamadan bir yıl sonra ölçüldü. Işınlanmayan örneklerin hiçbirinde OSL sinyali gözlenmezken, ışınlamadan sonra tüm örneklerin OSL sinyal şiddetlerinde önemli bir artış gözlemlendi. Ayrıca bazı haşhaş ve çörek otu markalarından elde edilen OSL sinyal şiddetlerinin, ışınlamadan bir yıl sonra dahi ışınlanmanın belirlenmesine imkân verecek kadar yüksek olduğu belirlendi.

Anahtar kelimeler: OSL, ışınlanmış gıda, çörekotu, haşhaş, gama ışınlama

DETECTION OF IRRADIATED BLACK SEED AND POPPY SAMPLES BY OSL TECHNIQUE

ABSTRACT

In this study, the potential of using OSL (Optically Stimulated Luminescence) reader for fast, easy and inexpensive detection of irradiated black cumin and poppy samples of different brands was investigated under blue light excitation. Three different brands were selected for each food from local markets and each brand of food was irradiated with Co-60 gamma radiation at doses of 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy and 7 kGy. OSL signal intensities for each dose were measured both immediately after irradiation and one year after irradiation. While no OSL signal was observed in any of the non-irradiated samples, a significant increase in OSL signal intensities was observed in all samples after irradiation. In addition, it was determined that the OSL signal intensities obtained from some poppy and black seed brands were high enough to allow the determination of irradiation even one year after irradiation.

Keywords: OSL, irradiated food, black cumin, poppy, gamma irradiation

* Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding Author

✉: ulkurabia.yuce@tenmak.gov.tr

☎: (+90) 312 810 1705

☎: (+90) 312 815 4395

Ülkü Rabia Yüce; ORCID no: 0000-0002-3301-2863

GİRİŞ

İngilizce adı “black cumin/ seed” olan çörekotu, botanik biliminde “*Nigella sativa*”, İngilizce adı poppy olan haşhaş ise “*Papaver somniferum* L”. adıyla sınıflandırılır. Bu gıdalar tüm dünyada gerek hastalıkların tedavisinde gerekse mutfaklarda sıklıkla kullanılan ve raf ömrü oldukça uzun olan gıdalardır (Işık vd.,2017; İpek ve Arslan,2012).

Kimyasal ve ısıl yöntemlere alternatif olarak geliştirilen iyonize radyasyonla gıdaların ışınlanması işlemi, gıdalarda insan sağlığına zararlı olabilecek patojenleri /mikropları azaltmak için 1 kGy ile 10 kGy doz aralığında, sadece sterilizasyon yapmak için 10 kGy üzerindeki dozlarda gerçekleştirilir. Ülkemizde ışınlanmasına izin verilen gıda grupları ve uygulanabilecek ışınlama dozları gıda ışınlama yönetmeliği 2019 Ek-1 ‘de belirtilmektedir. Bu yönetmeliğe göre çörek otu ve haşhaş gibi gıdalar en fazla 5 kGy’e kadar ışınlanabilmektedir. Aynı yönetmelikte ışınlanan gıdaların radura sembolü ile belirtilmesi gerektiği bildirilmiştir. Tüketiciyi bilgilendiren bu işaret ışınlanmış gıdalarda zorunludur ancak bazı firmalar radura sembolünü gıda paketine basmakta ama ışınlamanın maliyetinden ve zahmetinden kaçınmak için ışınlama yapmadan yapmış gibi göstermektedir. Bu gibi şüpheli durumların önüne geçilmesi için TENMAK – Nükleer Enerji Araştırma Enstitüsü, Dozimetri Laboratuvarları tarafından bazı il tarım müdürlüklerine Termoluminesans (TL) ve Elektron Spin Rezonans (ESR) teknikleri ile ışınlanmış gıdaların tespiti konularında eğitim ve danışmanlık hizmeti verilmiş ve bu sayede ışınlanmış gıdaların denetimleri ülke çapında yapılmaya başlanmıştır.

TL ve gaz kromatografisi teknikleri gıdaların ışınlanıp ışınlanmadığını belirlemek için kullanılan en kesin yöntemlerdir (EN1788, 2007; TS EN 1784,2005). ESR ve Foton Uyarmalı Lüminesans (PSL) ise oldukça sık kullanılan ve sadece ışınlamayı belirleyebilen diğer fiziksel yöntemlerdir (EN 1787, 2005; EN 13751, 2009). ESR ve PSL teknikleri sadece ışınlamayı belirleyebilen teknikler oldukları için ışınlamanın gözlenememesi durumunda TL yöntemi ile desteklenmesi gerekmektedir. Ancak TL

teknisinde EN1788 standardına göre silikat minerallerinin ayırma işlemi çok zahmetli, pahalı ve zaman alıcıdır. Aynı zamanda bu tekniğin uygulanması bu konuda lisansüstü eğitim almış donanımlı laboratuvar personeli ve bir ışınlama kaynağı gerektirir. ESR ve PSL de ışınlamanın tespiti TL tekniğine göre nispeten daha kolay hızlı ve ucuzdur. Ancak ESR tekniğinde de spektrumların çözümlenmesi işlemi yine bu konuda deneyimli laboratuvar personeli tarafından yapılabilir. Bu yönüyle PSL her iki tekniğe de alternatif bir yöntem olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Literatürde bu yöntemlerin uygulamalarını ve detaylarını ayrıntılı açıklayan birçok çalışma vardır (Bayram ve Delince,2004; Engin, 2007; Çam vd., 2012; Paksu vd., 2013, Yüce ve Aydın, 2021; Bortolin vd., 2007; Bortolin vd.,2019, Marcazzo vd. ,2015).

Işınlamanın tespiti için laboratuvara gelen bir numuneyi eğer mümkünse önce ESR veya PSL ile analiz etmek sadece ışınlamanın gözlenemediği durumlarda TL tekniğini kullanmak hem zaman kaybının azalması hem de daha az zahmet ve maliyetle deney yapılması açısından daha avantajlıdır. Ancak bazı gıdalarda hem ESR hem de TL yöntemlerinde hemen her gıda üzerinde ışınlamanın belirlenmesi her zaman kolay olmamakta hatta bazı durumlarda mümkün olmamaktadır. Baharatlardan daha düşük dozlarda ışınlanan ve görece olarak baharatlardan daha az silikat minerali barındıran çörekotu ve haşhaş gibi gıda örneklerinde yeterince silikat minerali toplamak mümkün olmamakta veya silikat mineralleri toplansa bile bazı durumlarda elde edilen TL ışınma eğrilerinin oranlarına bakılarak bu gıda ışınlanmıştır diyebilmek güç olabilmektedir. Bu durumlar TL tekniği ile EN1788’e göre teşhisi oldukça zorlaştırmaktadır. Buna benzer olarak ESR tekniğinde de selüöz içeren bazı örneklerde ışınlamayı karakterize eden selüöz piklerinin gözlenememesi nedeniyle EN 1787 standardı uygulanamamaktadır. Işınlamanın belirlenmesini son derece zorlu bir görev haline getirebilen böyle durumlarda, ESR tekniğinde ışınlanmış ve ışınlanmamış numunelerin mikro dalga (MW) doyma eğrilerindeki farklılık, ışınlamanın bir tanımlayıcısı olarak kullanılabilir. Ancak çörekotu, anason,

karabiber, kakule, karanfil, rezene, yeşil çay, haşhaş, kekik, zerdeçal gibi bazı gıdalarda ışınlanmış ve ışınlanmamış olanların doyma davranışları arasında önemli bir fark olmaması nedeniyle ışınlamanın tespiti ESR tekniği ile her zaman mümkün olamamaktadır (Aydaş ve Çam,2017; Aleksieva ve Yordanov, 2018; Bortolin vd., 2020).

PSL tekniğinde örnekler herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan 50 mm çapında petri kaplarına konularak PSL okuyucu ile pulslu kızıl ötesi (IR) ışık kaynağı kullanılarak uyarılır. Bir gıdayı sınıflandırmak için, kaydedilen PSL sinyal şiddeti laboratuvarlar arası testlerin sonuçlarından elde edilmiş alt ve üst eşik seviyeleri olarak adlandırılan sinyal şiddet değerleri ile karşılaştırılır. Eğer gıda ışınlanmışsa, sinyal şiddeti üst seviyenin üzerinde olacaktır. Gıda ışınlanmamışsa, sinyal şiddeti alt eşiğin altında olacaktır. Sinyal şiddeti iki eşik arasında ise numune ışınlanmış ve ışınlanmamış gıdaların karışımından oluşabilir veya silikatın miktarı/türü nedeniyle lüminesans hassasiyeti çok düşük olabilir. PSL ölçümü sonuçları iki eşik değer arasında veya alt eşiğin altında ise sonuçlar sadece ışınlamanın değil ışınlanmamanın da net bir şekilde belirlenebildiği TL tekniği kullanarak doğrulanmalıdır. (Bortolin vd., 2007; TS EN13751, 2009; Marcazzo vd.,2015; Bortolin vd., 2019).

Bu çalışmada ESR ve TL teknikleri ile ışınlamanın belirlenmesinde sıkıntılar olan çörek otu ve haşhaş örnekleri puls modunda kızılötesi uyarma yapan bir PSL okuyucuya sahip olmadığımız için sürekli dalga modunda (Countinuous Wave- CW) mavi ışıkla uyarma yapan bir OSL okuyucu kullanılarak araştırılmıştır. Gıdalar ışınlandığında, iyonlaştırıcı radyasyon gıdalara bağlı silikat minerallerinin kristal yapısında serbest elektronların ve deşiklerin oluşmasına neden olur. Bu serbest elektron ve deşik çiftleri, daha önce kristal yapıda var olan "tuzak" adı verilen kusurlarda depolanır. Mineraller ışıkla uyarıldığında tuzaklarda depolanan elektronlar uyarılır ve deşik tuzakları ile birleştikçe lüminesans yayımlanır. Bu olaya OSL denir. OSL tekniğinde, tuzaklar sabit bir dalga boyu ve sabit bir aydınlatma yoğunluğu kullanılarak boşaltıldığında, kaydedilen ışıldama

sürekli dalga OSL (CW-OSL) olarak adlandırılır. CW-OSL' de, sabit bir yoğunluğa ve dalga boyuna sahip mavi, yeşil veya kızılötesi ışık kaynağı kullanılarak kusurlarda tuzaklanan elektronlar uyarılır ve yayınlanan lüminesans yoğunluğu, uyarım süresinin bir fonksiyonu olarak izlenir (bozunma eğrisi) (Jensen vd., 2003).

Literatürde, gıdaları ışınlanmış veya ışınlanmamış olarak sınıflandırmak için mavi ışıkla uyarma altında OSL okuyucusunun kullanıldığı sadece birkaç çalışma vardır. Catherine vd. (2013) ışınlama dozunu belirlemek için 100Gy ile 35 kGy arasında gama ışınlanmış beyaz biber, karabiber, kekik ve kimyon örneklerinin CW-OSL özelliklerini mavi ışıkla uyarma altında araştırmış sadece kimyon ve kekik örneklerinde ışınlama saptayabilmiş ve ışınlama dozunun belirlenemediğini belirtmiştir. 10 kGy gama ışınlanmış farklı markalardan bir dizi kırmızıbiber, kimyon ve kekik örneğini pulslu mavi ışıkla uyararak POSL özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada ise altı aylık bir sürenin ardından örneklerin çoğunda POSL sinyalinin gözlenmediğini belirtilmiştir (Aygün vd.,2016). Nikolaos ve Tsirliganis (2019) acil bir durumda, adli tıp ve/veya sterilizasyon sonrası dozimetri için taze tavuk kemiklerinin nasıl kullanılabileceğini mavi ışık uyarımı altında CW-OSL kullanarak araştırmışlar ve kemik örneklerinin OSL duyarlılığının düşük olduğunu, saptanabilir minimum dozun yaklaşık 18 Gy olduğunu belirlemişlerdir. CW-OSL tekniği ile mavi ışıkla uyarma yapılan bir diğer çalışmada 5 kGy, 10 kGy ve 20 kGy gama ışınlanmış kekik, nane ve karanfil örnekleri araştırılmış ve bu örnekler üzerinde ışınlamadan bir yıl sonra bile ışınlamanın tespitini yapmaya olanak sağlayacak kadar yeterli OSL sinyallerinin varlığı gözlenmiştir (Yüce, 2021). Mavi ışıkla uyarma altında CW-OSL tekniğinin ışınlanmış gıdaların tespitine yönelik kullanıldığı son çalışma da ise 10Gy-5 kGy doz aralığında gama ışınlanmış Meksika ve Peru kökenli acı kırmızıbiberler araştırılmıştır. Örneklerden sadece hidrojen peroksit kimyasalı kullanılarak izole edilmiş polimineraller, 10-5000Gy arasında ışınlanmış ve bu minerallerde 40 gün içerisinde ışınlamanın tespitinin mümkün olduğu belirtilmiştir (Roman Lopez vd., 2022).

Bu çalışmada üzerlerinde yeterli silikat minerali olmadığı için TL tekniği ile EN 1788 standartının uygulanmasının zor olduğu, ESR tekniğinde selülöz pikleri gözlenemediği için EN 1785 standartının kullanılmadığı ve yine ESR de mikro dalga doyum çalışmalarında bile ışınlamanın belirlenemediği, çörekotu ve haşhaş örnekleri CW- OSL tekniği kullanılarak incelenmiştir. Herhangi bir ön işleme tabi tutulmayan ışınlanmış çörekotu ve haşhaş örneklerinde ışınlamanın tespit edilip edilemeyeceği ışınlamadan hemen sonra ve ışınlamadan bir yıl sonra araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan gıdalar yerel Türkiye pazarlarından ve marketlerinden alındı. Farklı kökenden gelen gıdaların üzerine yapışan silikat minerallerinin miktarları ve tipleri farklı olmaktadır. Bu nedenle her gıda için üç farklı marka seçildi. Çörekotu için ç1, ç2, ç3 ve haşhaş için h1, h2, h3 olarak kodlanan örnekler tartılsalar bile içerisindeki silikat miktarları değişiklik göstereceğinden tartılmadan iç çapı yaklaşık 10 mm olan paslanmaz çelik kaplara yerleştirildi.

Ölçümlere başlamadan önce ölçüm kapları ve OSL okuyucusunun filtresi alkolle temizlendi. Ölçüm kaplarında herhangi bir kirlilik olup olmadığını görmek için her ölçümden boş kapların OSL ölçümleri yapıldı. Ölçümleri olumsuz etkileyebilecek hiçbir OSL sinyali gözlenmedi. Numuneler, ölçümler yapılmadan önce herhangi bir ön işleme tabi tutulmadı.

İlk olarak, ışınlanmamış numunelerin OSL ölçümleri alındı. Her marka gıdanın her dozda ölçümü üç ayrı çelik kap kullanılarak tekrarlandı. Işınlanmamış ve ışınlanmış örneklerin OSL sinyalleri 100 saniyelik mavi uyarma ile gerçekleştirildi ve ışınlanmamış her marka için OSL ölçümü o marka için taban seviye olarak kabul edildi. Daha sonra 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy gama ışınları ile ışınlanmış her marka örnek için OSL sinyalleri ışınlamadan hemen sonra kaydedildi. Işınlanmış gıdalar, ışınlamadan sonra bir yıl boyunca oda sıcaklığında normal laboratuvar koşullarında şeffaf naylon kilitli torbalarda saklandı. Örnekleri ışıktan korumak için özel bir çaba gösterilmedi. Ölçüm için

kullanılan örnekler naylon poşetlerin daha çok silikatlı olabilen dip kısımlardan alınarak çelik kaplara yerleştirildi. Işınlamalar için TENMAK-Nükleer Enerji Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan 1018 kGy/saat doz hızında ⁶⁰Co gama kaynağı kullanıldı.

OSL ölçümleri, 280-380 nm dalga boylarını geçirebilen 7,5 mm kalınlığında Hoya U-340 filtreye sahip bir Risø TL/OSL-DA-20 okuyucu ile yapıldı. Lüminesans ışığı, 300-400 nm dalga boyunda maksimum algılama verimliliğine sahip bialkali EMI 9235QA foto çoğaltıcı tüp ile tespit edildi. Mavi ışıkla uyarma, 470 ± 20 nm dalga boyunda mavi ışık yayan 24 adet diyot kümesinin kullanıldığı bir mavi ışık kaynağı ile yapıldı. CW-OSL' in güç yoğunluğu 30 mW/cm² idi.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

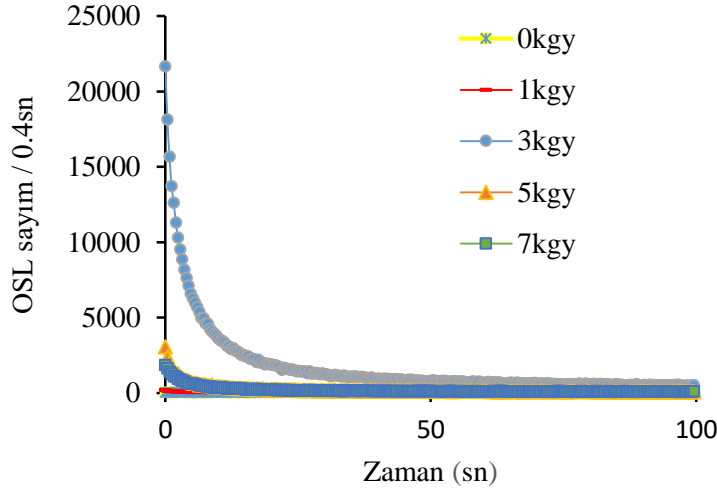
Işınlanmamış örnekler için herhangi bir OSL sinyali gözlenmezken, ışınlamadan sonra iki farklı örneğin her markası için OSL sinyallerinin yoğunluğunda önemli bir artış gözlendi. (Şekil 1, 2 a, b, c). Şekil 1 ve 2 ilgili dozlarda ölçüm alınan üç örnekten hangisi en yüksek şiddette OSL sinyali vermişse o örneğe ait OSL bozunum eğrisi kullanılarak çizilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy gama ışınlamasından sonra, tüm numuneler çok yüksek bir OSL duyarlılığına sahiptir. Işınlama dozu ile sinyal şiddeti artışının orantılı olmamasının nedeni, her ölçümden numunelere yapılmış silikat minerallerinin miktarlarının ve/veya tiplerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Işınlanmış numunelerin yüksek OSL yoğunluklarına sahip olmasının nedeni, numuneye bağlı silikat minerallerinde bulunan elektron tuzaklarının fazlalığından kaynaklanmaktadır (Aygün vd., 2016; Yüce, 2021).

1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy ışınlamadan bir yıl sonra çörekotu ve haşhaş örneklerinin farklı markaları üzerinde yapılan OSL ölçümleri sonucunda elde edilen OSL bozunum eğrileri, Şekil 1 (d) ve 2 (d ve e)' de görüldüğü gibidir. Bu şekillerden de görüldüğü gibi, bir yılın sonundaki OSL sinyalleri, incelenen tüm ışınlanmamış gıdaların OSL sinyallerinden daha yoğundur. Bazı örneklerde daha yüksek ışınlama dozuna rağmen

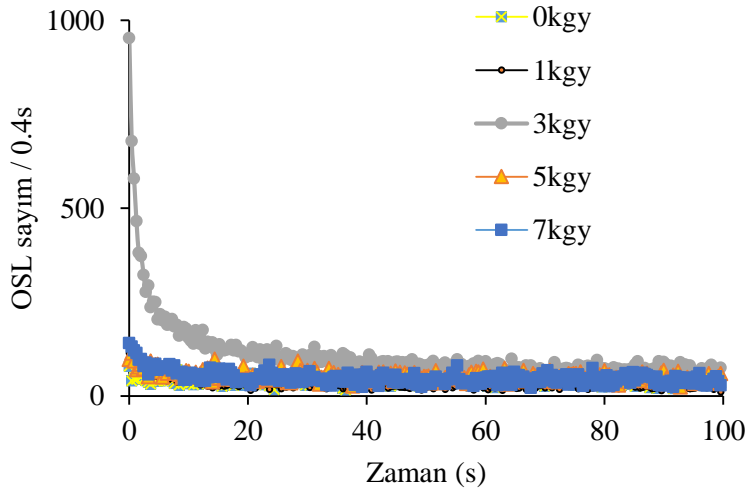
gözlenen azalmanın nedeni, bu örneklerin bir yıllık depolama süresince daha fazla güneş/laboratuvar ışığına maruz kalmış olmaları olabilir. Aynı zamanda ışınlama dozu ile orantısız

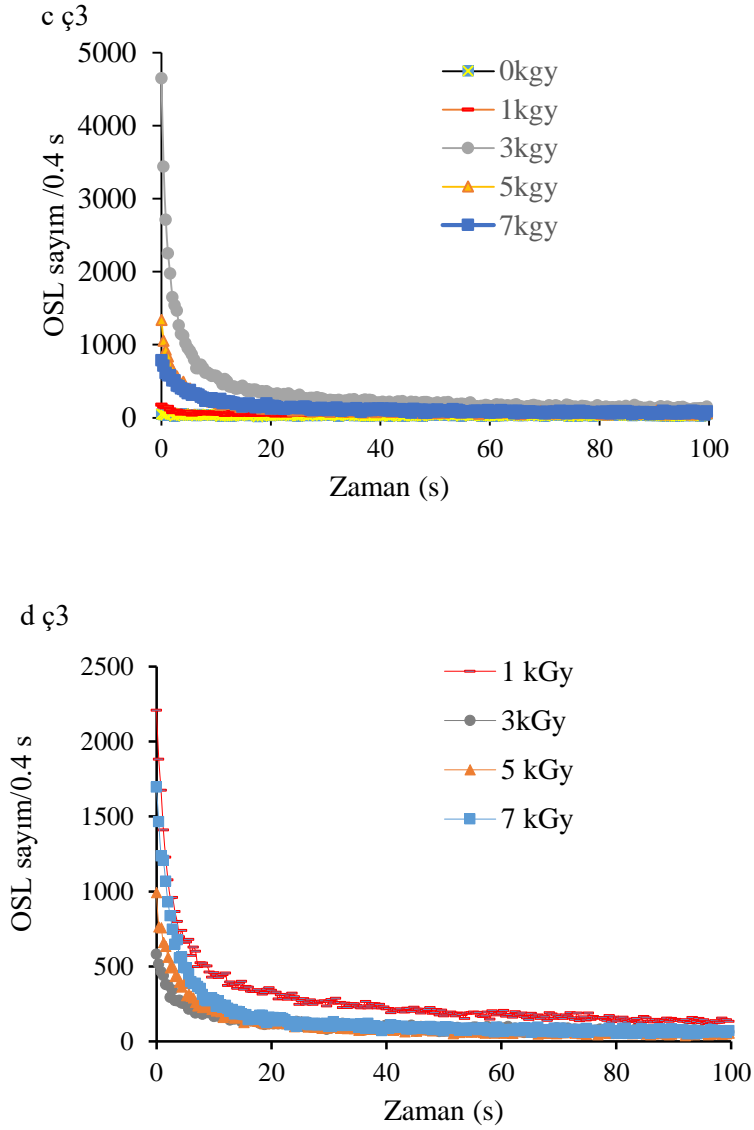
ölçülen OSL sinyallerinin nedeni ilgili kaptaki bulunan numunelerdeki düşük/yüksek mineral içeriği ve/veya lüminesans duyarlılığından kaynaklanabilmektedir.

a ç1



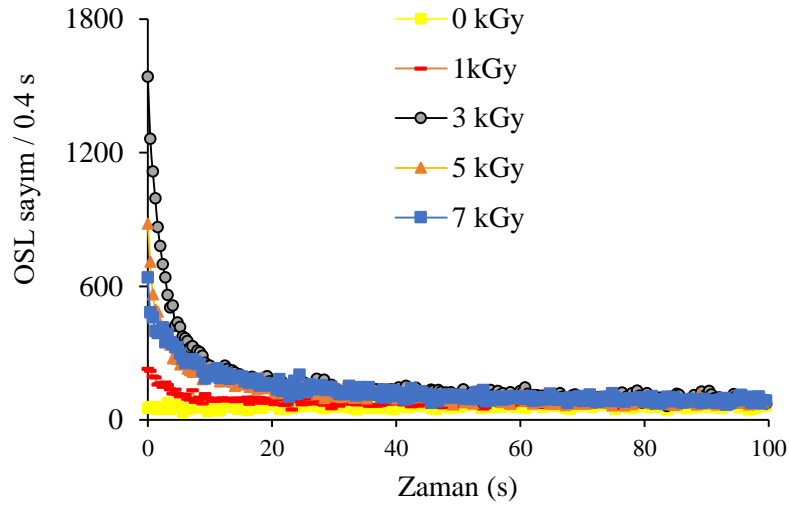
b ç2



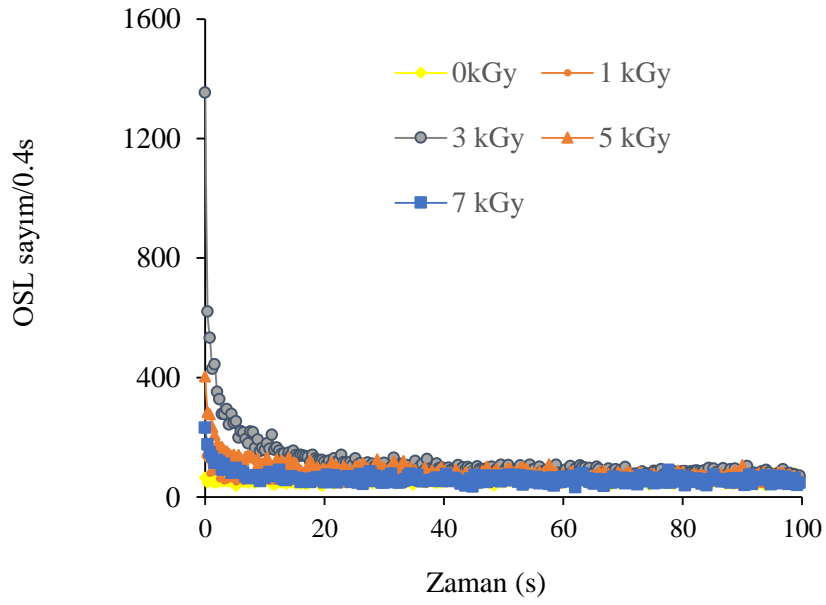


Şekil 1. Farklı markalarda çörekotu örneklerine ait ışınlamadan hemen sonra ve bir yıl sonra alınan OSL bozunum eğrileri (aç1, bç2, cç3 sırasıyla üç farklı çörekotu markasının ışınlamadan hemen sonra alınan OSL sinyallerini, dç3 üçüncü markanın ışınlamadan bir yıl sonra alınan OSL sinyalini göstermektedir) *Figure1. OSL decay curves of black cumin samples of different brands immediately after irradiation and one year later (aç1, bç2, cç3 show the OSL signals of three different black cumin brands immediately after irradiation, dç3 shows the OSL signal of the third brand one year after irradiation)*

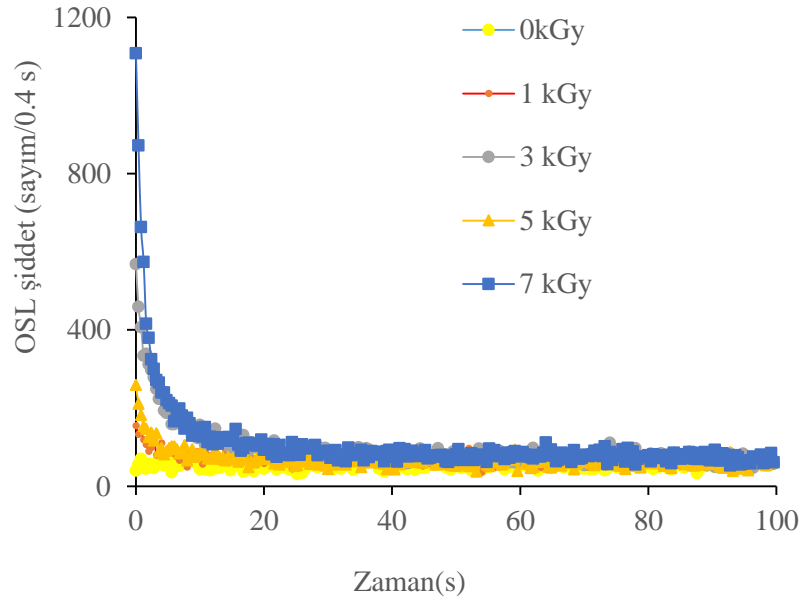
a h1



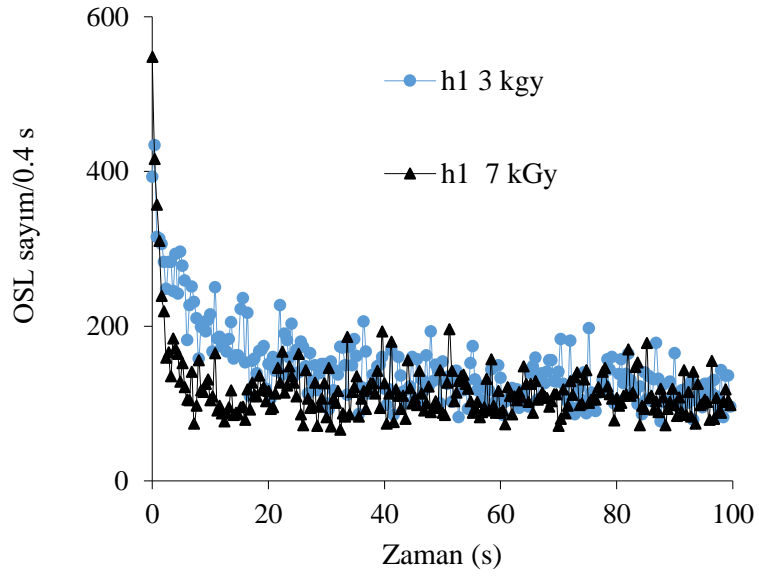
b h2



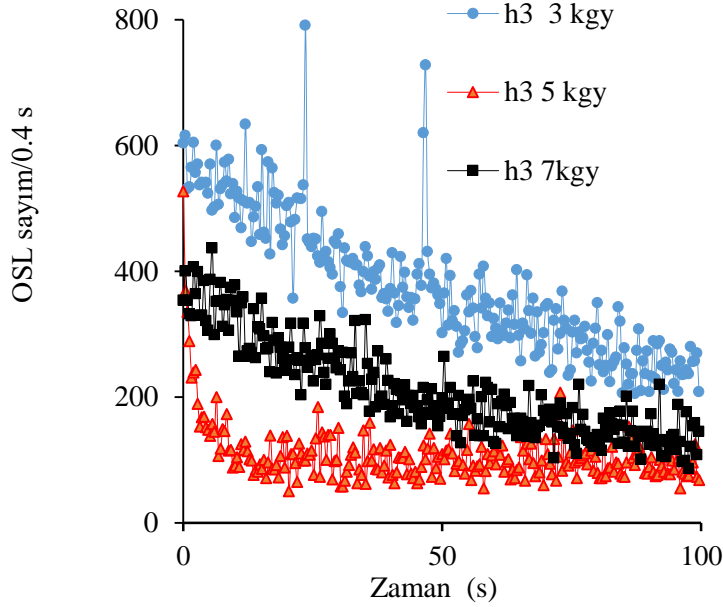
c h3



d h1



e h3



Şekil 2. Farklı markalarda haşhaş örneklerine ait ışınlamadan hemen sonra ve bir yıl sonra alınan OSL bozunum eğrileri (ah1, bh2, ch3 sırasıyla üç farklı haşhaş markasının ışınlamadan hemen sonra alınan OSL sinyallerini, dh1 ve eh3 birinci ve üçüncü markanın ışınlamadan bir yıl sonra alınan OSL sinyallerini göstermektedir)

Figure 2. OSL decay curves of poppy samples of different brands immediately after irradiation and one year later (ah1, bh2, ch3 show the OSL signals of three different poppy brands immediately after irradiation, dh1 and eh3 show the OSL signals of the first and third brands one year after irradiation)

Çörek otu örneklerinin iki tanesinde (ç1 ve ç2) bir yıl sonra hiçbir dozda anlamlı OSL sinyalleri gözlenemezken diğer markada (ç3) bir yıl sonra her dozda oldukça yüksek OSL sinyalleri gözlemlendi (Şekil 1, d). Üç ayrı haşhaş örneğinde 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy ve 7 kGy dozlarında ışınlamadan hemen sonra oldukça yüksek OSL sinyalleri gözlenirken bir yıl sonra her üç markanın 1 kGy ve 5 kGy ışınlanmış örneğinde hiç sinyal gözlenmedi. Şekil 2 e ve d' den görüleceği üzere iki farklı haşhaş markasında 3 kGy ve 7 kGy ışınlamalardan bir yıl sonra ışınlamanın varlığını destekleyen OSL sinyalleri gözlemlendi. Haşhaş örneğinde bir yılın sonundaki sinyal şiddetleri düşük olmasına rağmen taban seviyenin (ışınlanmamış gıdanın OSL sinyali) oldukça üzerindedir. Yüce (2021) nane ve kekik örneklerinde tek marka üzerinde yaptığı çalışmada ışınlamadan bir yıl sonra oldukça yüksek OSL sinyalleri kaydetmişti. Ancak aynı

çalışmada incelen karanfil örneği yine bu çalışmada gözlenen haşhaş örnekleri gibi her ne kadar ışınlamanın tespitine imkân verse de nane ve kekik örneklerinin bir yıl sonraki OSL sinyallerine kıyasla oldukça düşük seviyedeydi. Çörekotu, haşhaş ve karanfil gibi gıdalar silikat bakımından oldukça fakir olduklarından bu beklenen bir durumdur. Ancak bu gibi örneklerde tekrar sayısı üç yerine daha fazla yapıldığında silikatın daha yoğun olduğu bir kaptan yüksek şiddetli OSL sinyali alma ihtimali artacaktır.

Işınlanmış gıdalarda bir OSL sinyalinin gözlenmesi, örneğin ışınlandığının veya ışınlanmamış ve ışınlanmamış örneklerin karışımından oluştuğunun göstergesidir. Bununla birlikte, sinyalin gözlenmemesi, numunenin ışınlanmadığının bir göstergesi değildir. Çünkü numunedeki OSL sinyalleri saklama süresi

boyunca gün ışığı ve/veya yapay ışık kaynaklarının etkisiyle sıfırlanmış olabilir. Buna ek olarak, numune yeterli silikat minerali yoksa 20 kGy gibi yüksek bir dozda bile ışınlamayı tespit etmek çok zor olabilir. Daha önce yapılan benzer bir çalışmada (Aygün vd., 2016) ışınlanmış örnekler 6 ay sonra ölçülmüş ve bazı markalarda sinyal gözlenirken bazılarında gözlenememiştir. Sonuç olarak OSL tekniğinde de PSL de olduğu gibi gıdanın üzerindeki silikat miktarı ne kadar fazla ise sinyal alma ihtimali o kadar artmaktadır. PSL okuyucunun olmadığı, TL tekniği için silikat ayrıştırmanın mümkün olmadığı, silikat mineralleri ayrıştırılsa bile TL ışınma eğrilerinin yorumlanamadığı, ESR tekniğinde ışınlamayı karakterize eden selülöz piklerinin gözlenmediği, mikrodalga doyum grafiklerinde de ışınlanmanın kesinleştirilemediği durumlar için mavi ışıkla uyarma altında CW-OSL iyi bir alternatif gibi durmaktadır. Bu ve benzeri çalışmalar yaygınlaştığında ve laboratuvarlar arası testler ile geliştirildiğinde mevcut PSL okuyucuların farklı uyarma kaynakları içeren modellerinin ve/veya örnekler market raflarındayken örneklerdeki ışınlamayı tespit edebilecek taşınabilir modellerinin yapımı konusunda bir fikir olabilir.

ÇIKAR İLİŞKİSİ

Yazarın bu makale ile ilgili olarak üçünü şahıslarla ilgili bir çıkar ve çatışma ilişkisi yoktur.

KAYNAKLAR

Aleksieva, K. I. and Yordanov, N. D. (2018). Various approaches in EPR identification of gamma-irradiated plant foodstuffs: *A review Food Research International* 105 1019–1028, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.072>

Aydaş, C., Çam, S.T. (2017). Identification of irradiated foodstuffs using ESR microwave saturation. *Applied Radiation and Isotopes* 122:14–20, <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2016.12.052>

Aygün, G., Bozoğlu, F., Bulur, E. (2016). Detection of gamma irradiated spices with OSL method and its reliability. *Natural Science and Discovery* 2 (1):11-9 <https://doi.org/10.20863/nsd.v2i1.33>

Bayram, G., Delincee, H. (2004). Identification of irradiated Turkish foodstuffs combining various physical detection methods. *Food Control* 15: 81–91, [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00018-5).

Bortolin, E., Boniglia, C., Colicchia, A., Alberti, A., Fuochi, P., Onari, S. (2007). Irradiated herbs and spices detection: light-induced fading of photo-stimulated luminescence response. *International journal of Science and Research*. 42:330–33, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01241.x>

Bortolin, E., Carratua, B., Chiaravalle, A.E., Schiavic, Gargiuloa, M.T., Mangiacottib, Di R. M. G. .C. Quattrinia, M. Tomaiulob, C. Bonigliaa Detection of irradiated plant foods by photo- and thermally-stimulated luminescence(2019). *Food Control* 105: 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.05.027>

Bortolin, E., Cardamone, C., Chiaravalle, A.E., Carratù, B., Deiana, G., Di Noto, A. Di Schiavie, M.T., D'Ocaf,, M.C. , Gargiulo, R., Mangiacotti, M., Marchesani, G., Quattrini ,M.C., Tomaiuolo, M., Boniglia, C., (2020) . An inter-laboratory comparison to evaluate the suitability of EN 1787 standard to detect irradiation in plant-origin foods with health benefits. *Food Control* 117, 107326, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107326>

Catherine, C.O., Silva, A.V., De Alencar, M. (2013). Application of the OSL Dosimetry Technique in the Identification of Irradiated Foods Such as Condiments and Spices. *International Nuclear Atlantic Conference –24–29*.

Çam, S. T., Aydaş, C., Engin, B., Yüce, U.R. , Aydın, T., Polat, M. (2012). ESR and TL studies of irradiated Anatolian laurel leaf (*Laurus nobilis* L.), *Radiation Effects and Defects*, 167 (6): 1-11, <https://doi.org/10.1080/10420150.2012.666243>.

EN 1787 (2005). Determination of irradiated food containing cellulose: analysis by EPR. European Committee for Standardization, Brussels.

EN 1788 (2007). Thermoluminescence detection of irradiated food from which silicate minerals

can be isolated. European Committee for Standardization, Brussels.

EN 13751 (2009). Foodstuffs – Detection of Irradiated Food Using Photostimulated Luminescence – European Committee for Standardization, Brussels.

Engin, B. (2007). Thermoluminescence parameters and kinetics of irradiated inorganic dust collected from black peppers. *Food Control* 18: 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.10.002>.

Gıda ışınlama yönetmeliği (2019). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/10/20191003-1.htm>

Işık, S., Kartal, M., Erdem, S.A. (2017). Quantitative analysis of thymoquinone in *Nigella Sativa* L. (Black Cumin) seeds and commercial seed oils and seed oil capsules from Turkey. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi* 41(1) : 34-41. DOI:10.1501/Eczfak_0000000593

İpek, G., Arslan, N. (2012). Gıda Maddesi Olarak Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Tohumunun Değerlendirilmesi, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 2: 99 - 101

Jensen, L.B., Mckeewer, S.W.S., Wintle, A.G. (2003). *Optically Stimulated Luminescence Dosimetry*, Elsevier Science, London

Marcazzo, J., Sanchez-Barrerab, C.E., Urbina-Zavalab, A., Cruz-Zaragoza, E. (2015). Photostimulated luminescence detection and radiation effects on cinnamon (*Cinnamomum Zeylanicum*) spice. *Applied Radiation and Isotopes* 104:29–33, <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2015.06.025>

Nikolaos, A.K., Tsirliganis, N.C. (2019). *Optically Stimulated Luminescence Investigation*

of Chicken Bones towards Their Use at Food Post-Sterilization and Retrospective Dosimetry. *Applied Radiation and Isotopes* 154:108889. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2019.108899>

Paksu, U., Aydaş, C., Yüce, U.R., Aydın, T., Polat, M., Engin, B., (2013). ESR and TL investigations on gamma irradiated linden (*Tilia vulgaris*) *Radiation and Environmental Biophysics* 52(2) : 255-267, <https://doi.org/10.1007/s00411-013-0465-x>.

Roman-Lopez, J.,B., Lozano,,K., Ibarra , J.I., Guzman-Castañeda, J.A.I., Diaz-Gongora Cruz-Zaragoza, E. (2022). Continuous-wave optically stimulated luminescence properties of Guajillo chilli polyminerals exposed to gamma radiation. *Applied Radiation and Isotopes*. 179, 110021, <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2021.110021>

TS EN 1784 (2005). Gıda Maddeleri - Katı Yağ İçeren Işınlanmış Gıdaların Belirlenmesi - Hidrokarbonların Gaz Kromatografik Analizi Yöntemi.

Yüce, U.R. (2021). Use of optically stimulated luminescence (OSL) in the detection of irradiated spices. *Radiation and Environmental Biophysics* 60: 359–364, <https://doi.org/10.1007/s00411-021-00908-8>

Yüce, U.R., Aydın, T.A. (2021). Çeşitli Gıda Numunelerinin Işınlanıp Işınlanmadığının Termoluminesans (TL) Tekniği İle Belirlenmesi Konusunda Yapılan Bir Uluslararası Karşılaştırma Çalışması. *GIDA* 46 (1) : 97-109, <https://doi.org/10.15237/gida.GD20084>