



Derleme Makale

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

Mustafa ASLAN^{*1} Asiye AKYILDIZ²

ÖZ

Gıda işleme proseslerinde ısıl olmayan yenilikçi teknolojiler gıdaların raf ömrünü arttırdığı ve gıda ürünlerinin besin, tazelik ve duyuşal özellik gibi kalitesini koruduğu için büyük önem kazanmıştır. Bu nedenle ultrases, vurgulu ışık, ultraviyole radyasyon, ozon uygulamaları, atmosferik soğuk plazma, süperkritik karbondioksit ve yüksek hidrostatik basınç gibi termal olmayan alternatifler ile mikrobiyal yükü azaltılmış yüksek kaliteli gıda elde etme teknolojilerinin daha iyi araştırılması gerekmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda ısıl olmayan teknolojilerin pestisitlerin azaltılmasında da önemli bir potansiyeli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu derlemede ısıl olmayan bazı yeni teknolojilerin pestisit degradasyonunda kullanım olanakları, aynı zamanda bu teknolojilerin verimliliğini etkileyen mekanizmalar, uygulamalar ve faktörler özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl olmayan, pestisit, parçalanma, gıda güvenliği

New (Non thermal) Applications for Degradation of Pesticides Presence in Food

ABSTRACT

Innovative non thermal technologies in food processing have gained great importance as they increase the shelf life of foods and preserve the quality of food products such as nutrition, freshness and sensory properties. Therefore non thermal alternatives such as ultrasound, pulsed light, ultraviolet radiation, ozone applications, atmospheric cold plasma, supercritical carbon dioxide and high hydrostatic pressure and technologies for obtaining high quality food with reduced microbial load need to be better investigated. Studies revealed in recent years that non thermal technologies have significant potential in reducing pesticides. In this review, the possibilities of using some new non thermal technologies in pesticide degradation as well as the mechanisms, applications and factors that affecting efficiency of these technologies, are summarized.

Keywords: Non thermal, pesticides, degradation, food security

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0009-0005-7418-883X, 0000-0001-5584-0849

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 26.07.2024

Kabul Tarihi: 12.11.2024

¹ Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Gaziantep, Türkiye

² Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Adana, Türkiye

*E-posta: aslan.m@tarimorman.gov.tr

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

Giriş

Gelişmekte olan birçok ülkenin ekonomisi tarıma dayanmaktadır. Nüfustaki büyümeye paralel gıda talebi de artmaktadır. Yüksek gıda talebini karşılamak için üreticiler tarım ilaçları kullanarak kısa zaman içinde ürün miktarını arttırmaktadır. Bu olumsuzlukları önlemek ve kontrol altına almak için 1970'ler ve 1980'lerde seçici pestisitler kullanılmaya başlanmıştır. Araştırmalar artan bu seçiciliğe sahip pestisitlere odaklanmaya başlanmıştır (Fenik ve ark., 2011). Pestisitler tarımsal ürünleri böceklerden yabancı otlardan istenmeyen hayvanlardan ve bitkilerden korumak için tarım alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Pathak ve ark., 2022; Fiona ve ark., 2021). Pestisitler sahada uygulandıktan sonra toprak, su, hava aracılığı ile taşınırlar (Lopez ve ark., 2024). Pestisitlerin bu şekilde çevreye dağılımı ve çevrede birikmesi insanların çeşitli yollarla zararlı maddelere maruz kalmasına neden olmaktadır (Fantke ve Joliet, 2016; Kalyabina ve ark., 2021). Pestisitler farklı ve karmaşık oksidasyon ve degradasyon

teknikleri gibi çeşitli yöntemlerle ortadan kaldırılabılır (Kıda ve ark., 2018). Yüzey aktif maddeler, iyonik solventler, klorlama ve hidrostatik basınç pestisit miktarını azaltmak için kullanılmaktadır (Lizuka, 2014; Rodrigues ve ark., 2019). Ayrıca yüksek sıcaklıkta yıkama ve kimyasal ile yıkamanın tarım ürünlerinin üzerinde besin kaybı, renkte değişim ve aroma kaybı gibi birtakım zararlı etkileri olduğu bildirilmiştir (Azam ve ark., 2020). Bulaşıcı önleme teknikleri, yüksek kalitede ve güvenli gıda ürünlerine ilgi duyan tüketicilerin taleplerine göre artmıştır. Raf ömrü ve gıda güvenliğini arttırmaya yönelik ortaya çıkan termal olmayan teknolojiler gıda işleme sektöründe devrim yaratmaktadır. Bu derlemede pestisitlerin parçalanmasında kullanılan ısıl olmayan yöntemlerden ultrases, yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan, ozon uygulamaları ve radyasyon teknolojileri anlatılmaktadır.

Çizelge 1. Türkiye’de son 4 yıla ait pestisit kullanım miktarları (Tarım ve Orman Bakanlığı., 2024).

Yıllar	Zirai İlaç Türleri						Toplam (kg/L)
	İnsektisit (kg/L)	Fungusit (kg/L)	Herbisit (kg/L)	Akarisit kg/L)	Rodentisi t+Malluss isit (kg/L)	Diğerleri (kg/L)	
2023	12.326.000	19.614.000	15.509.000	3.104.000	297.000	6.916.000	57.766.000
2022	12.205.000	19.446.000	14.553.000	2.462.000	298.000	6.410.000	55.374.000
2021	11.070.658	19.097.968	13.319.891	2.342.473	282.948	6.851.062	52.965.000
2020	12.347.000	20.600.000	13.250.000	2.200.000	280.000	4.995.000	53.672.000

Isıl Olmayan Yöntemler

Ultrases Uygulamaları

Gıda endüstrisinde ultrases uygulamaları düşük sıcaklıkta uygulanması ve gıdanın organoleptik özellikleri üzerine daha az etkili olduğundan pastörizasyon ve diğer dekontaminasyon yöntemlerinin yerine kullanılmasıyla ön plana çıkmaktadır (Silva, 2020). Ultrases yüksek kalitede meyve ve sebze üretiminde kullanılabilecek ikincil kirleticilere yol açmayacak ısıl olmayan işleme teknolojilerinden biridir (Pingret ve ark., 2012).

Geleneksel teknolojilerle karşılaştırıldığında işlem süresini kısaltıp verimliliği artırıp daha az enerji tüketirken meyve ve sebzelerin duyusal ve besinsel niteliklerini korumaktadır (Bhargava ve ark., 2020). Ultrases işleminde kavitasyon önemli bir yer tutmaktadır. Sıvı veya katı-sıvı ortamlarda oluşturulan bir dizi ses dalgaları, basınç değişimine ve basınç değişimleri de baloncuklar oluşmasına neden olmaktadır. Ultrasonik kavitasyon, akustik enerjinin emilmesi, genişlemesi, sönmülmesi ile kabarcıkların sürekli oluşmaya devam etmesi olayıdır (Soria ve Villamiel, 2010). Ultrases

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

işlemi sırasında oluşan kavitasyon kabarcıklarının sayısı ve patlama enerjisi ultrasonik güç ve frekans ile belirlenir (Zhanga ve ark., 2022). Son yıllarda gıda endüstrisinde ultrasound uygulamaları ekstraksiyon, filtrasyon emülsifikasyon ve dayandırma sağlama gibi geniş bir alanda kullanılmaktadır. Ayrıca meyve ve sebzelerde pestisitlerin yok edilmesinde de etkili olduğu anlaşılmıştır (Yuan ve ark., 2021). Üzerinde organofosfor pestisit (trichlorfon, dimethoate, dichlorvos, fenitrothion, ve chlorpyrifos) kalıntısı bulunan salatalıklarda yapılan bir çalışmada, 20 dakikalık ultrasound uygulamasının ardından kalıntı oranında %85'lik bir düşüş tespit edilmiştir (Liang ve ark., 2012). Su ile yıkama ve bazı kimyasal ajanlar kullanmak gibi geleneksel proseslerle ultrases yöntemi kıyaslandığında ultrases pestisit degradasyonunda çok daha etkili olabildiği bildirilmiştir. Ozonlu su (1 mg O₃/L), musluk suyu ve ultrases (40 kHz) yöntemleri ile 16 farklı pestisit bulunan çilek örneklerinde; ultrases yönteminde % 45–90 oranında, ozonlu su uygulamasında % 35-75 oranında, musluk suyu uygulamasında %20- 68 oranında pestisit degradasyonu sağlanmıştır (Lozowicka ve ark., 2016). Çin lahanasında iki ve üç frekanslı ultrases uygulaması ve kontrol grubu olarak su ile yapılan çalışmada dimetoat ve diazinon kalıntıları temizlenmeye çalışılmış ve dimetoat %20.10-72.42 diazinon %29.60-77.37 aralığında azalmış olup kontrol grubu olan su ile yıkamada ise dimetoat % 13.24-19.89 ve diazinon % 17.32-24.16 oranında azalma olmuştur (Alenyorege ve Haile, 2023). Ultrases işleminin pestisitlerin degradasyonu üzerindeki etkinliği güç, frekans, uygulanma süresi gibi operasyonel parametreler bağlı olduğu kadar uygulanacağı meyve ve sebzenin ayrıca kullanılan pestisit türevinin karakteristiğine de bağlıdır (Bilek ve Turantas, 2013).

Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları

Termal olmayan ve yeşil pastörizasyon olarak adlandırılan yüksek hidrostatik basınç esas olarak gıda güvenliği ve muhafazası alanında kullanılmaktadır. Patojenleri, bozulmalara neden olan bakterileri, sporları ve enzimleri etkisiz hale getirme yeteneğine sahiptir (Barba ve ark., 2015). Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının en önemli avantajlarından birisi kütle, boyut ve geometriden bağımsız olarak gıdaların tüm yönlerine uygulanan anlık ve tekdüze basınçtır (Wang ve ark., 2012). Bazı araştırmacılar yüksek hidrostatik basınç işleminden sonra pestisit oranında önemli düşüşler olduğunu bildirmiştir (Lizuka ve Shimizu, 2014). Yüksek hidrostatik basıncın pestisitler üzerine etkisine ilişkin tek çalışma numunelerin sıvı ortamlarla doğrudan temas halinde işleme tabi tutulmalarıdır. Yüksek hidrostatik basıncın pestisit kalıntıları üzerindeki etkisinin incelendiği şimdiye dek yapılmış dört çalışmada (Lizuka ve ark., 2013; Iizuka ve Shimizu, 2014a; Iizuka ve Shimizu, 2014b) bütün sebzeler su veya alkollü çözeltiler içerisinde yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş ve sebzelerdeki pestisitlerin çevrelerindeki suya karıştığı bildirilmiştir (Nikolas ve ark.,2024). Nikolas ve ark(2024) bal numunelerini pestisit ile kontamine ederek yüksek hidrostatik basıncın pestisitlerin degradasyonuna olan etkisini incelemiş ve çalışmada kontamine ballara 40°C ve 25°C'de 1, 3, 6, 12 dakika 150, 400 ve 500 MPa basınç uygulanmış ve pestisit miktarında önemli oranda azalma (malathion %30.6 chlorpyrifoz 28.6 coumaphos %21 bromopropylate %15.7 tau-fluvalinate 10.6) görüldüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada balın kalite özelliklerinde önemli bir değişim olmazken antioksidatif özelliğinde artış tespit edilmiştir (Nikolas ve ark., 2024). Mekanik açıdan bakıldığında, meyve ve sebzeler yüksek basınçta işlendiğinde, pestisit molekülleri arasındaki hidrojen bağları önemli ölçüde etkilenecek hidrofobik etkileşimlerin

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

zayıflamasına neden olmuştur. Böylece pestisit molekülleri transfer ortamına taşınmış olmaktadır. Bu durum pestisitlerin, meyve ve sebze yüzeylerinden uzaklaşmasını açıklayabilir. Fakat yüksek hidrostatik basıncın toksik ara maddeler oluşturup oluşturmaması ile ilgili henüz yeterli çalışma yoktur (Lizuka, ve ark., 2013).

Vurgulu Elektrik Alan Uygulamaları

Vurgulu elektrik alan inaktif, patojenik ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara ve enzimlere karşı gıda ürünlerinin raf ömrünü kalitesini korumak için ortaya çıkan ısı olmayan bir uygulama yöntemidir. Isıl işlemlerle karşılaştırıldığında vurgulu elektrik alan kalite özellikleri üzerinde çok daha az olumsuz etki yaratmaktadır. Ayrıca biyoaktif bileşenleri ekstraksiyonu ve korunması, kütle ve ısı transferini arttırmada kullanılır (Xue ve ark., 2015). Termal işleme teknolojileri ile karşılaştırıldığında vurgulu elektrik alanın kalite özellikleri üzerinde ısı etkisinden kaçınıldığı için negatif etkisi daha az ve proses süresi daha kısadır (Ağcam ve ark., 2016). Vurgulu elektrik alan, harici elektrik alandan beslenen iki elektrot arasına koyulan gıdalara 1kV/cm ile 80 kV/cm arasında kısa darbelerle maruz bırakılmasını içeren bir uygulamadır. Uygulanan gıda maddesinin hücre membranlarının her iki tarafında da zıt yükler birikir. Bu olay hücre membranında elektroporasyon adı verilen geri tersinir veya geri döndürülemez gözeneklerin oluşmasına neden olur. Membran geçirgenliğinin bozulması ise uygulama koşullarına bağlıdır. Bu uygulama sırasında bazı yararlı kimyasal reaksiyonlarda gerçekleşir. Uygulamanın yapıldığı gıda maddesinin özelliklerine bağlı olarak elektrokimyasal karakterlerinde değişiklikler olur (Wang ve ark., 2018). Gıdalarda bulunan pestisit kalıntılarının gelince polar moleküllerin titreşimi ve rotasyonu ile bozunmaya uğrarlar ya da uygulama boyunca serbest radikallerin

oksidasyonu ile bozunmalar olur (Chen ve ark., 2009). Vurgulu elektrik alan uygulamasının pestisit kalıntılarının konsantrasyonunu azalttığı bildirilmiştir (Pallarés ve ark., 2020). Vurgulu elektrik alanın pestisitler üzerindeki etkinliği pestisit özelliği, elektrik alan kuvveti, darbe şekli, darbe sayısı, darbe süresi ve darbeler arası duraklama gibi operasyonel parametrelere bağlıdır (Zhanga ve ark., 2022). Vurgulu elektrik alan uygulamanın diğer uygulamalara nazaran kurulum maliyetinin daha yüksek ve katı gıdalar gibi alanlarda uygulamaların sınırlı olması gibi dezavantajları da söz konusu olmaktadır (Pandiselvam ve ark., 2022). Yapılan bir çalışmada beyaz şaraptan 4 farklı fungusit çeşidi uzaklaştırılmaya çalışılmış ve beyaz şaraba primetanil, vinklozolin, siprodinil, prosimidon (%12'lik etanol içinde) eklenmiş ve 20 kV/cm 1 milisaniye vurgulu elektrik alan uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama sonunda primetanil, vinklozolin, siprodinil, prosimidon sırasıyla % 48, % 23, % 32, % 27 azaltılmıştır (Delsart ve ark., 2016). Ancak bu çalışmaları geniş gıda ürünleri yelpazesinde destekleyecek ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Ozon Uygulamaları

Ozon kolayca hidroksil gruplarına ve oksijen atomuna ayrılan pestisitleri dolaylı veya doğrudan oksitleyerek ayrıştıran renksiz bir gazdır (Pandiselvam ve ark., 2017; Wang ve ark., 2019). Ozon uygulamalarının organofosfor, orgnoklorinler, malathionlar, piretroitler, karbamatlar ve sık rastlanan diğer pestisit kalıntılarını degradasyona uğratma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir. Ozonlanmış sular pestisitleri hidroliz, fotoliz ve indirgenme oksidasyon yolu ile yok etmektedir (Wang ve ark., 2019). Souza ve arkadaşlarının (2018) limon ve difenokonazol pestisitlerinin limondan uzaklaştırılmasında ozonun gaz ve sulu formunu uygulamışlardır. Yaptıkları çalışmada 5 ve 10 g mL⁻¹ miktarında ozonun limon üzerinde var olan pestisitlerin %80'ini yok

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

ettiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada ozon uygulaması sonrası pestisitlerin parçalanma ürünlerine rastlamamışlardır. Ozon uygulamaları pestisit miktarını azaltsa da işlem kolay başarıya ulaşmamıştır. Birçok faktör; dozaj miktarı, ozonun sıvı veya gaz halinde olması, zaman ve sıcaklık koşulları, uygulanan yüzey ve gıdanın türü ozon uygulamasının verimliliğini etkilemiştir. Tüm faktörler belirli bir denge içerisinde uygulandığında bazı küçük negatif etkileri de olsa büyük oranda başarı sağlandığı bildirilmiştir. Ozon uygulamalarında uygulanan parametrelerin içerisinde dozaj bu nedenle çok önemlidir(Diksha ve ark., 2015). Kurutulmuş biberlerde yapılan bir diğer çalışmada ozon gaz halinde, kurutulmuş biberlerde bulunan malathion, klorpirifos, profenofos ve ethion olmak üzere dört organofosfatlı pestisitlerin parçalanması için başarıyla uygulanmış ve pestisitlerin sırasıyla 17.4- 27.4 -34.1 ve 18.0 dakikada yarılandığı, ozon uygulaması olmadan ise 66.6-75.7- 73.5 ve 120.9 dakikada yarılandığı bulunmuştur. Ozonlama işleminin söz konusu pestisitlerin yarılanma ömründe çok büyük etken olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ozonlama işleminin kurutulmuş biberin su aktivitesini, kapsisin içeriğini, rengini önemli ölçüde etkilemediği tespit edilmiştir (Sintuya ve ark.,2018).

Radyolojik Teknoloji Uygulamaları

Radyasyon uzayda ya da bir madde de bir kaynaktan bir diğerine yayılan enerjidir (WHO, 2024). Işınlama teknolojisi gıdalarda mikroorganizmaları, parazitleri, böcekleri ve zirai ilaç kalıntılarını yok ederek gıdaları steril etmek ve korumak için yaygın olarak kullanılmaktadır(Lima ve ark., 2018). Radyasyon teknolojiler yalnızca verimliliği nedeni ile değil aynı zamanda farklı matrislerdeki kirleticilerin arıtılmasında da çok yönlülüğü ve termal olmayan doğası ile ilgili tüm alanlara kullanışlı ve etkili bir alternatif sunmaktadır. Işınlama tekniği klorlu organik

bileşikler, aromatik hidrokarbonlar, polyflorilalkil maddeler, pestisitler, aromatik hidrokarbonlar gibi yeraltı kirleticilerini parçalama yeteneğine sahiptirler (Chmielewski, 2023). Radyasyon teknolojisi kontaminantların degradasyonu için gamma ışınlarının veya yüksek/düşük enerjili elektronların kullanımını içeren bir iyonizasyon radyasyonu çeşididir. Bu teknoloji gıda paketlenme ve gıdalarda koruma amaçlı kullanılmaktadır. Bu teknoloji uygulama sırasında toksik kimyasallara ihtiyaç duyulmadığından dolayı genel olarak zararlı olmayan teknoloji olarak kabul edilir ve topraktaki kontaminantların yok edilmesinde, sulu örneklerin daha iyi saflaştırılmasında iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Bao ve ark., 2022). Uygulama boyunca herhangi bir matristeki kirleticilerin dekontaminasyonu veya mineralizasyonu için yüksek oksitleyici ve indirgeyici radikaller ve diğer reaktif türler doğrudan ya da dolaylı olarak üretilmektedir (Chmielewski, 2023). Gama ışınları farklı organofosforlu pestisitlerin(klorfenvinfos, diazinon, dimetoat ve profenofos) musluk suyu, yeraltı suyu ve kontamine olmuş tarım sularında parçalanması ve uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır (Khedr ve ark., 2019). Yapılan bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda malathion, cypermethrin pirimiphos-methyl kullanılarak sulu çözeltilerle, seçilen meyve ve sebzelerde (patates, soğan, hurma) pestisitlerin ortamdan uzaklaştırılmasında gamma ışınlarının rolü araştırılmış ve pestisitlerin radyasyona bağlı degradasyonunun sulu ortamlarda meyve ve sebzelere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Patates, soğan ve hurma sırası ile 0.05ppm, 8ppm, 8ppm malathion ile soğan ve üzüm 1 ppm pirimiphos-methyl ile patates ve soğan sırası ile 0.05 ve 0.1 ppm cypermethrin ile kontamine edilerek 1 kGy ışınlama yapılmış ve kontaminasyon seviyelerinin Maksimum Kalıntı Limitlerinin altına düşmediği gözlemlenmiştir. 0.05 ppm pirimiphos-methyl ile kontamine edilen patatese 1 kGy 1ppm pirimiphos-methyl

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

ile kontamine edilen üzüm 2 kGy 0.1 ppm pirimiphos-methyl ile kontamine edilen hurmaya 1kGy seviyesinde ışınlatma yapıldığında Maksimum Kalıntı Limitlerinin altına düştüğü bulunmuş. Ayrıca 8 ppm malathion ve 2ppm cypermethrin ile kontamine edilen üzümlere 7 kGy ışınlatma yapıldığında Maksimum Kalıntı Limitlerinin altına düştüğü bulunmuştur (Basfar ve ark., 2012).

Kombine Teknolojiler

Kombine teknolojiler bireysel teknolojilerin etkilerinden kaçınmak, sinerjistik etkileri geliştirmek dolayısıyla pestisit eliminasyonunu geliştirmek amacıyla birden fazla termal veya termal olmayan işleme teknolojisinin birleştirilmesini ifade etmektedir. Yalnızca işlem süresini kısaltmakla kalmamakta aynı zamanda meyve ve sebzelerin kalitesini de korumaktadır (Misra, 2015). Bununla beraber kombine yöntemlerin eliminasyon mekanizmaları teknolojilerin ve pestisitlerin türüne göre farklılık göstermektedir.

Sonuç

Ultras, yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan ve ultraviyole ışınlatma teknolojileri gibi çeşitli yeşil ve termal olmayan yeni teknolojiler gıdalarda besin kaybına neden olmayan ya da çok az kayıplara neden olan teknolojiler olduğu için son yıllarda sterilizasyon ve pastörizasyon işlemleri ile raf ömrünü uzatma amaçlı kullanım olanakları daha fazla araştırılmakta ve bazı gıda sanayi dallarında kullanılmaktadır. Bu teknolojiler raf ömrünü uzatmanın yanı sıra toksik maddelerin uzaklaştırılmasında da son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Toksisitenin giderilmesi amacıyla yapılan bilimsel araştırmalara bakıldığında bu çalışmaların farklı gıda maddelerinde kullanım olanaklarının daha geniş bir şekilde çalışılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Yapılan araştırmalarda ve bilimsel çalışmalarda özellikle toksik maddelerin parçalanma ürünlerinin gıdalardan uzaklaştırılması konusunda ısıl olmayan teknolojilerin kullanım olanaklarının yeterince araştırılmadığı görülmüştür. Dolayısıyla bu konu üzerinde çok daha fazla bilimsel araştırma yapılması gerekmektedir.

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

Kaynaklar

- Agcam,E., Akyildiz, A., Akdemir Evrendilek, G., (2016). A comparative assessment of long-term storage stability and quality attributes of orange juice in response to pulsed electric fields and heat treatments, Food and Bioproducts Processing 99: 90-98.
- Ahmed, A., Basfar, N., Khaled, A., Mohamed, O. A. A.,(2012). De-contamination of pesticide residues in food by ionizing radiation. Radiation Physics and Chemistry 81:473-478.
- Alenyorege ,E.A., Ma ,H., (2023). Removal of pesticides from fresh-cut Chinese cabbage (*Brassica rapa* var. *chinensis* L.) by sequential multi-frequency ultrasound cleaning treatments. Food and Humanity 1: 958–965.
- Ali, A., Wei, S., Liu, Z., Fan, X., Sun, Q., Xia, Q., Deng, C., (2021). Non-thermal processing technologies for the recovery of bioactive compounds from marine by-products. LWT, Food Science and Technology 147:111549.
- Azam, S.M.R., Ma, H., Xu, B., Devi, S., Siddique, M.A.B., Stanley, S.L., Bhandari, B., Zhu, J.,(2020). Efficacy of ultrasound treatment in the and removal of pesticide residues from fresh vegetables. Trends Food Science Technology. 97 : 417–432.
- Barba, F.J. . Terefe, N.S., Buckow, R., Knorr, D., Orlie, V.,(2015). New opportunities and perspectives of high pressure treatment to improve health and safety attributes of foods. Food Research International 77 : 725- 742.
- Bhargava, N., Mor, R.S., Kumar, K., Sharanagat, V.S., (2021). Advances in application of ultrasound in food processing. Ultrasonics Sonochemistry 70 : 105293.
- Bilek, S.E., Turantas, F., (2013). Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry. Int. J. Food Microbiol. 166 : 155-162.
- Chen,F., Zeng,L., Zhang, Y., Liao, X., Ge, Y., Hu, X., Jiang, L.,(2009). Degradation behavior of methamidophos and chlorpyrifos in apple juice treated with pulsed electric fields, Food Chemistry 112 :956-961.
- Chmielewski,A.G.(2023). Radiation technologies: The future is today. Radiation Physics and Chemistry, 213-111233.
- Delsart, C., Franc, C., Grimi, N., De Revel, G., Vorobiev, E., Peuchot, M. M. (2016). Effects of pulsed electric fields on four residual fungicides in white wines. (Eds.). 1st World Ceongress on electroporation and pulsed electric fields in biology. Medicine and Food & Environmental Technologies
- Fantke, P., Joliet, O.,(2016). Life cycle human health impacts of 875 pesticides. Int J Life Cycle Assess 21:722–733.
- Fenik,J.,Tankiewicz,M.,Biziuk,M.,(2011).Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables, Trends in Analytical Chemistry 30:6
- Hernandez-Hernandez, H. M., Moreno-Vilet, L., Villanueva-Rodríguez, S. J. (2019). Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing. Innovative. Food Science & Emerging Technologies 58: 102233.
- Kalyabina, V.P., Esimbekova, E.N., Kopylova, K.V., Kratasyuk, V.A., (2021). Pesticides: formulants, distribution pathways and effects on human health. Toxicology Reports 8: 1179–1192.
- Kida, M., Ziembowicz, S., Koszelnik, K., Application of an ultrasonic field for the removal of selected pesticide., E3S Web Conferance. 49-6-00054
- Liang, Y., Wang, W., Shen, Y., Liu, Y., Liu, X.J., (2012). Effects of home preparation on organophosphorus pesticide residues in raw cucumber. Food Chemistry. 133 : 636-640.
- Lima, F., Vieira, K., Santos, M., deSouza, P.M., (2018). Descriptive Food Science. Diaz, A.V., Garcia-Gimeno, R.M.,(Ed.),138-146, IntechOpen Limited, London.

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

- Lizuka, T., Yahata, M., Shimizu, A., (2013). Potential mechanism involved in removal of hydrophobic pesticides from vegetables by hydrostatic pressure. *Journal of Food Engineering* 119 : 1-6
- Lizuka, T., Shimizu, A.,(2014). Removal of pesticide residue from Brussels sprouts by hydrostatic pressure, *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 22 : 70-75
- Lizuka, T., Shimizu, A., (2014). Removal of pesticide residue from cherry tomatoes by hydrostatic pressure (Part 2). *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 26 :34–39.
- Lopez, A., Ruiz, P., Fuentes, E., Yus, V., Dualde, P., Miralles, P., Coscoll, C., (2024). Simultaneous direct determination of glyphosate and AMPA in the ambient air and inhalation risk assessment in a Mediterranean region (Spain). *Atmospheric Environments*. 317-120204.
- Lozowicka, B., Jankowska, M., Hrynko, I., Kaczynski, P., (2016). Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. *Environmental Monitoring and Assessment* 188: 51
- Misra, N.N.,(2015). The contribution of non-thermal and advanced oxidation technologies towards dissipation of pesticide residues. *Trends in Food Science & Technology* 45: 229-244.
- Oz, E. (2021). The impact of fat content and charcoal types on quality and the development of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic aromatic amines formation of barbecued fish. *International Journal of Food Science & Technology*, 56 (2), 954–964.
- Pallarés,N., Tolosa,J., Gavahian,M., Barbara,F.J., Khaneghah,A.M., Ferre,E.,(2020). Pulsed Electric Fields to Obtain Healthier and Sustainable Food for Tomorrow, F.J. Barba, O. Parniakov, A. Wiktor (Ed) 141-152. Academic Press
- Pandiselvam,R., Kaavya ,R., Khanashyam,A.C Divya,V., Abdullah,S.K., Aurum ,F.S.,D akshyani,R., Kothakota ,A.,Ramesh,S.V., Khaneghah,A.M.,(2022). Research trends and emerging physical processing technologies in mitigation of pesticide residues on various food products. *Environmental Science and Pollution Research* 29:45131–45149.
- Pathak, V.M., Verma, V.K., Rawat, B.S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., Cunill, J.M., (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's ecofriendly management as bioremediation: a comprehensive. *Front. Microbiol.* Vol: 13.
- Pingret, D., Tixier, A.S.F., Chemat, F.,(2013). Degradation during application of ultrasound in food processing. *Food Control* 31: 593-606.
- Prosekov, A.Y., Ivanova, S.A. (2018). Food security: The challenge of the present. *Geoforum* 91: 73–77
- Qiburi,B., Dong, J., Zhen, D., Miao,Y., (2022). A Review on Ionizing Radiation-Based Technologies for the Remediation of Contaminated Groundwaters and Soils. *Chemical Engineering Journal* 446:136964.
- Rodrigues,A.A.Z., de Queiroz, M.E.L.R., Neves,A.A., de Oliveira,A.F., Prates, L.H.F., de Freitas, J.F., Heleno, F.F., Faroni, L.R.D.A., (2019) Use of ozone and detergent for removal of pesticides and improving storage quality of tomato, *Food Res. Int.* 125: 108626.
- Samandeep,D., Rehal,J., Kaur,J.,(2023). Removal of pesticide residues in food using ozone. *Food Chemistry Advances* 3:100512.
- Sidirokastritis, N.D., Karazafeiris,E., Tananaki, C., Varelzis,,P.,(2024). High hydrostatic pressure effect on the concentration of selected pesticides residues in spiked honey samples. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 91 : 103527.
- Silva, F.V.,(2020). Resistant moulds as pasteurization target for cold distributed high pressure and heat-assisted high pressure processed fruit products, *J. Food Eng.* 282: 109998.

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

- Sintuya, P., Narkprasoma, K., Jaturonglumlerta, S., Whangchai, N., Peng-Ont, D., Varith^a, J., (2018). Effect of gaseous ozone fumigation on organophosphate pesticide degradation of dried chillies, ozone. Science & Engineering, Vol.40,No.6.
- Soria, A.C., Villamiel, M., (2010). Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food. Trends in Food Science & Technology 21: 323-331.
- Tang, F.H.M., Lenzen, M., McBratney, A., Maggi, F., (2021). Risk of pesticide pollution at the global scale. Nature Geoscience 213: 111233.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, (2024). Resmi Tarımsal İlaç İstatistikleri. Publishing [http:// tarimorman.gov.tr](http://tarimorman.gov.tr) Accessed 05 May 2024.
- Wang, S., Wang, J., Wang, T., Li, C., Wu, Z., (2019). Effects of ozone treatment on pesticide residues in food. International Journal of Food Science and Technology, 54, 301–312.
- Wang, C.Y., Huang, H.W., Hsu, C.P., Yang, B. B.,(2016) Recent advances in food processing using high hydrostatic pressure technology, Critical Reviews in Food Science and Nutrition 56 : 527-540
- Wang, Q., Li,Y., Sun, D.W., Zhu, Z.,(2018). Enhancing food processing by pulsed and high voltage electric fields: principles and applications. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 58 : 2285-2298.
- WHO.(2024) What Is Ionizing Radiation Available Publishing: http://www.who.int/ionizing_radiation/about/what_is-ir/en/ (accessed on 01 July 2024).
- Xue,D., Farid, M.M.,(2015). Pulsed electric field extraction of valuable compounds from white button mushroom (*Agaricus bisporus*). Innovative Food Science & Emerging Technologies, 29 : 178-186.
- Yuan,S., Li,C., Zhang,Y., Yu,H.,Xie,Y.,Guo,Y.,Yao,W.,(2021). Ultrasound as an emerging technology for the elimination of chemical contaminants in Food. Trends in Food Science & Technology 109 : 374-385.
- Zeng,F., Gao, Q., Han, Z., Zeng,X.,You, S.J., (2016). Structural properties and digestibility of pulsed electric field treated waxy rice starch. Food Chemistry 194: 1313- 1319.
- Zhang, A.A., Sutarb, P.P., Bianc, Q., Fangd, X.M., Nia, J.B., Xiaoa, H.W., (2022). Pesticide residue elimination for fruits and vegetables: the mechanisms applications and future trends of thermal and nonthermal Technologies. Journal of Future Foods 2-3: 223–240.