



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**MERSİN İLİNDE ÜRETİMİ YAPILAN ÇİLEKLERDE PESTİSİT
KALINTILARININ LC-MS/MS İLE TESPİTİ VE SAĞLIK
RİSKİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Canerdem YİĞİTSOY

Danışman: Prof. Dr. Kenan KARA

II. Danışman: Doç. Dr. Tarık BALKAN

TOKAT- 2025



Bu tez çalışması Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2023/53 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Kenan KARA danıŐmanlıđında hazırlamıŐ olduğum “Mersin İlinde Üretimi Yapılan Çileklerde Pestisit Kalıntılarının LC-MS/MS ile Tespiti ve Sağlık Riskinin Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

28/08/2025

Canerdem YİĞİTSOY



JÜRİ KABUL VE ONAY

Canerdem YİĞİTSOY tarafından hazırlanan ‘‘Mersin İlinde Üretimi Yapılan Çileklerde Pestisit Kalıntılarının LC-MS/MS ile Tespiti ve Sağlık Riskinin Belirlenmesi’’ adlı tez çalışmasının savunma sınavı 28 Ağustos 2025 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzası

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Kenan KARA

Üye : Doç. Dr. Burak POLAT

Üye : Doç. Dr. Mustafa ALKAN

ONAY

...../08/2025

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Danışmanlarım, Prof. Dr. Kenan KARA ve Doç. Dr. Tarık BALKAN'a, Ziraat Yüksek Mühendisi Özlem YILMAZ'a, tez yazım sürecinde destek olan eşim Müge YİĞİTSOY'a minnettirim. Çalışmayı 2023/53 numaralı proje numarası ile destekleyen, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme müteşekkirim.



ÖZET

MERSİN İLİNDE ÜRETİMİ YAPILAN ÇİLEKLERDE PESTİSİT KALINTILARININ LC-MS/MS İLE TESPİTİ VE SAĞLIK RİSKİNİN BELİRLENMESİ

Yigitsoy, Canerdem
Yüksek Lisans, Bitki Koruma Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kenan Kara
Ağustos 2025, x + 60 sayfa

Pestisit uygulamaları, meyve sebze üretiminde ürün verimini artırmak, kaliteli ürün elde etmek, zararlıları kontrol altına almak ve hasat sonrası ürünün ömrünü uzatmak amacıyla üreticiler tarafından yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Bu amaçlar için kullanılan pestisitler, verim ve kaliteyi artırmanın yanı sıra insan ve çevre sağlığı açısından da ciddi sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunların tespit ve takip edilmesi için kalıntı analizlerinin yapılması önem arz etmektedir. Gerçekleştirilen bu yüksek lisans çalışmasında 229 çilek numunesinde 557 pestisit etken maddesi taranmıştır. Metot doğrulama çalışmalarında doğrusalılık, tespit limiti (LOD), ölçüm limiti (LOQ), gerialım, kesinlik (tekrarlanabilirlik, laboratuvar içi tekrarüretilebilirlik) ve ölçüm belirsizliği parametrelerine ilişkin çalışmalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar SANTE/11312/2021 dokümanında bildirilen şartları sağlamıştır. Çilek örnekleri QuEChERS yöntemi ile ekstrakte edilmiş, LC-MS/MS cihazında kromatografik analizler yapılmıştır. Çalışma sonunda bulunan pestisit kalıntı miktarları Avrupa Birliği Maksimum Kalıntı Limitlerine (AB-MRL) göre değerlendirilmiş, 229 numunenin 52 tanesinde 16 farklı pestisit tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: LC-MS/MS, Metot doğrulama, Çilek, Pestisit kalıntısı, QuEChERS

ABSTRACT

DETERMINATION OF PESTICIDE RESIDUES IN STRAWBERRIES IN MERSİN USING LC-MS/MS, AND HEALTH RISK ASSESSMENT

Yigitsoy, Canerdem
Master's Thesis, Department of Plant Protection
Advisor: Prof. Dr. Kenan Kara
August 2025, x + 60 pages

Pesticide applications are widely used by producers in fruit and vegetable cultivation to enhance yield, improve product quality, control pests, and prolong post-harvest shelf life. Despite their agronomic benefits, these chemicals can pose serious risks to human health and the environment. Therefore, conducting residue analyses is critical for identifying and monitoring such risks. In this study, 557 pesticide active substances were screened in 229 strawberry samples. Method validation was conducted for parameters such as linearity, limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), recovery, precision (repeatability and within-laboratory reproducibility), and measurement uncertainty. All validation results complied with the criteria outlined in the SANTE/11312/2021 guidance document. Sample extraction was performed using the QuEChERS method, and chromatographic analyses were conducted via LC-MS/MS. Pesticide residue levels detected in the samples were evaluated based on the European Union Maximum Residue Limits (EU-MRLs). Residues of 16 different pesticides were detected in 52 out of 229 samples.

Keywords: LC-MS/MS, Method verification, strawberry, Pesticide residue, QuEChERS

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK SÖZLEŞME.....	ii
JÜRİ KABUL VE ONAY.....	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
SİMGE ve KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	11
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal	22
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Numunelerin toplanması ve saklanması.....	22
3.2.2. Numunelerin ekstraksiyonu ve clean-up.....	22
3.2.3. Metot validasyon çalışmaları	26
3.2.4. Cihaza ait bilgiler	27
3.2.5. Kalıntı analizleri.....	27
3.2.6. Sağlık Riski Değerlendirmesi	27
4.BULGULAR ve TARTIŞMA.....	30
4.1. Metot Validasyon Sonuçları.....	30
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	42
6. KAYNAKLAR	44
7.EKLER.....	51
Ek 1. Numunelerde aranan aktif maddelerin listesi	51
Ek 2. Çileklerde tespit edilen pestisitler ve kalıntı miktarları	58

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 Türkiye’de 2022 yılı çilek üretim alan ve miktarlar (TÜİK, 2025).....	12
Çizelge 3.1 LC-MS/MS analitik koşulları	27
Çizelge 4.1 Tespit edilen pestisitlerin metot doğrulama parametreleri	30
Çizelge 4.2 Çilek numunelerinde tespit edilen pestisitler.....	31
Çizelge 4.3 Çilekte pestisit kalıntılarının akut ve kronik risk değerlendirmesi.....	39



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 QuEChERS analiz basamakları	23
Şekil 3.2 Analiz tartım işlemleri	23
Şekil 3.3 Asetonitril (%1'lik asetik asit) (A); magnezyum sülfat + sodyum asetat	24
Şekil 3.4 El ile çalkalama işlemi (A), Vortex (B) , santrifüj işlemi (C), santrifüj sonrası üst faz (D)	24
Şekil 3.5 Üst fazın 15 mL'lik falkon tüpüne aktarılması (A) çalkalanma ve vorteks (B), Santrifüj makinesine koyulması (C), santrifüj sonrası üst faz (D)	25
Şekil 3.6 Üst fazın alınması (A) ve filtrelenmesi (B), vialdeki filtrelenmiş matris (C), viallerin cihaza koyulması (D).....	25
Şekil 4.1 Çilek numunelerinde tespit edilen pestisit sayısına göre dağılım.....	34
Şekil 4.2 Farklı pestisitler için tespit edilen örnek sayıları ve MRL'yi aşan örnek sayılarının dağılımı	36

SİMGE ve KISALTMALAR

Simge	Açıklama
MgSO ₄	Magnezyum Sülfat
NH ₄ HCO ₂	Amonyum format

Kısaltma	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AB-MRL	Avrupa Birliği- Maksimum Kalıntı Limitleri
BHC	Beta-Hekzaklorosikloheksan
CAC-MRL	Codex Alimentarius Commission- Maksimum Kalıntı Limitleri
DDT	Diklorodifenil-trikloroetan
FAO	Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
GC/MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
HAc	Asetik Asit
LC-MS/MS	Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
MeCN	Asetonitril
MRL	Maksimum Kalıntı Limitleri
NaAc	Sodyum Asetat
PSA	Primer Sekonder Amin
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UPLC-MS/MS	Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektrometresi

1. GİRİŞ

Dünya genelinde ve ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen çilek (*Fragaria* spp.), Rosaceae familyasına ait, üzüksü bir meyve türüdür. Çok yıllık ve otsu formda gelişen çilek bitkisi, geniş kullanım alanlarına sahiptir. Lezzeti dolayısıyla taze olarak doğrudan tüketilmesi, işlenerek veya dondurulmuş olarak da pazara sunulması, bunun yanı sıra, içerdiği aromatik bileşenler ve etken maddeler nedeniyle de kozmetik endüstrisinde de yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Çilek meyvesi, yüksek düzeyde demir, fosfor, kalsiyum ile A, B (özellikle folik asit) ve C vitaminlerini içermesi nedeniyle beslenme açısından da değerli bir gıda olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, doğal antioksidanların yanı sıra antosiyaninler, flavonoidler ve fenolik asitler açısından zengin bir içeriğe sahip (Bayram ve ark., 2013) olması yanında yüksek lif içeriği sayesinde sindirim sisteminin düzenli çalışmasına katkı sağlamaktadır. Bu üstün besinsel ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle çilek sağlık ve beslenme bilincinin yüksek olduğu Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Japonya ve Avrupa ülkelerinde yüksek ticari değere sahip bir ürün olup, dünya pazarlarında ekonomik açıdan önemli bir meyve türü olarak değerlendirilmektedir.

Dünya çilek üretimi 2021 yılı itibarıyla 9 175 384 ton olarak kaydedilmiştir. En yüksek üretim, 3 389 620 ton ile Çin tarafından gerçekleştirilmiş olup, bu ülkeyi sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri (1 211 090 ton), Türkiye (669 195 ton), Meksika (542 890 ton), Mısır (470 913 ton) ve İspanya (360 570 ton) takip etmektedir (FAOSTAT, 2023).

Türkiye’de çilek üretimi hem üretim alanı hem de toplam üretim miktarı bakımından yıllar içerisinde düzenli bir artış göstermektedir. Dünya çilek üretiminde üçüncü sırada yer alan Türkiye’de 2014 yılında 376 070 ton olan çilek üretimi, 2022 yılı itibarıyla 728 112 tona ulaşmıştır. Ülkemizde en yoğun çilek üretimi yapılan bölgeler sırasıyla Akdeniz, Ege, Marmara ve İç Anadolu bölgeleridir. 2022 yılı verilerine göre Türkiye’de en fazla çilek üretiminin (240 071 ton) gerçekleştiği il Mersin olup bu ili 95 266 ton ile Aydın ve 62 544 ton ile Çanakkale takip etmektedir (TÜİK, 2025).

Akdeniz kıyı şeridinde yer alan Mersin iline bağlı Anamur, Erdemli ve Silifke ilçelerinde hem örtü altı hem de açık alanlarda çilek üretimi yapılmakta ve bu üretimin ekonomik katkısı yalnızca iç pazarla sınırlı kalmamaktadır. Son yıllarda ihracat potansiyeli artan

tarımsal ürünlerden biri hâline gelen çilek; ilk kez 2000 yılında dış pazara sunulmaya başlanmıştır. 2021 yılı itibarıyla Türkiye’den taze ve dondurulmuş çileğin toplamda 77 106 ton ihracatı gerçekleştirilmiş ve bu ticaretten yaklaşık 46 milyon Amerikan doları gelir elde edilmiştir. Türkiye’den 2023 yılında çilek ihracatı yapılan ülkeler arasında %42.6’lık payla Rusya ilk sırada yer alırken; bunu %10.7 ile ABD, %9.5 ile Romanya, %7.6 ile Irak ve %6.2 ile Almanya takip etmektedir (TÜİK, 2025).

Çizelge 1.1 Türkiye’de 2022 yılı çilek üretim alan ve miktarlar (TÜİK, 2025).

	Ton	Dekar
Mersin	240 071	52 329
Aydın	95 266	24 404
Çanakkale	62 544	16 460
Konya	60 933	22 903
Bursa	48 093	28 121
Antalya	44 049	12 172
Manisa	32 386	9 691
Balıkesir	23 555	6 574
Hatay	16 333	7 406
Elâzığ	10 219	4 201
Toplam (Türkiye)	728.112	222 715

Çilek bitkisi hem yetiştirme sürecinde hem de hasat sonrası depolama ve nakliye aşamalarında çeşitli etmenler tarafından enfekte edilmektedir. Çilekte görülen hastalık etmenleri genel olarak kök, yaprak ve meyve hastalıkları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Türkiye’de çilek yetiştiriciliğinde karşılaşılan en önemli sorunlardan biri, toprak kökenli patojenlerin neden olduğu hastalıklardır (Benlioğlu ve ark., 2004). Toprak kaynaklı patojenler çilek bitkisinde kök çürüklüğüne yol açmakta olup, bu etmenler arasında *Rhizoctonia* ve *Phytophthora* cinsine bağlı türler öne çıkmaktadır (Santos ve ark., 2003). Kök ve kök boğazı hastalıkları arasında kırmızı kök çürüklüğü (*Phytophthora fragariae* Hickman), kahverengi çürüklük (*Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) J. Schröt.) ve *Verticillium* solgunluğu (*Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthold) gibi önemli patojenler yer almaktadır (Bost ve Straw, 2015). Sıcaklık ve nemin yüksek olduğu periyotlarda yapraklarda farklı renk ve biçimlerde lekelenmeler meydana gelmekte ve bu durum önemli ürün kayıplarına yol açabilmektedir (Yılmaz, 2009). Bu bağlamda, *Mycosphaerella fragariae* (Tul.) Lindau ve *Colletotrichum* türlerinin neden olduğu

antraknoz ile çeşitli etmenlerin neden olduğu yaprak yanıklıkları en yaygın yaprak hastalıkları arasında yer almaktadır (Ellis ve Erincik, 2008). Meyve çürüklüğüne neden olan başlıca etmenler arasında *Rhizopus* spp., *Mucor* spp. (Bolda ve Koike, 2012), *Botrytis cinerea* Pers. Fr. (Bost ve Straw, 2015), *B. fragariae* (Rupp ve ark., 2017) ve *Calonectria fragariae* (Lopes ve ark., 2018) gibi fungal patojenler bulunmaktadır. Çilek yetiştiriciliğinde ekonomik kayıplara neden olan zararlılar arasında ise kırmızı örümcekler (*Tetranychus urticae* Koch, *T. cinnabarinus* (Boisd.)) ile çiçek tripsleri (*Frankliniella occidentalis* Perg., *F. intonsa* Tryb.) önemli yer tutmaktadır (Anonim, 2022).

Yukarıda belirtilen zararlı ve hastalık etmenlerine karşı, ürün verim ve kalitesinin artırılması ve ekonomik kayıpların en aza indirilmesi amacıyla kimyasal mücadeleye sıklıkla başvurulmaktadır. Ülkemizde çilek yetiştiriciliğinde verimi sınırlandıran etmenlere karşı yaygın olarak kullanılan pestisitler arasında abamectin, acrinathrin, azoxystrobin, metalaxyl, tebufenpyrad, spiromesifen, etoxazole, bifenazate, spinosad, formetanate hydrochloride, fenhexamid, penconazole, bupirimate, cyprodinil, fludioxonil, folpet, boscalid, kresoxim-methyl, terbufos, pyraclostrobin, tetraconazole ve pyrimethalin yer almaktadır. Kimyasal mücadelede kullanılan bu pestisitler, önerilen dozların üzerinde ve/veya gereğinden sık uygulanmaları, farklı bitki koruma ürünlerinin birlikte veya ardışık şekilde kullanılması ya da son ilaçlama ile hasat arasında geçmesi gereken süreye (Pre-Harvest Interval - PHI) dikkat edilmemesi durumunda gıdalarda kalıntı bırakabilmektedir (Rasolonjatova, 2015). Bununla birlikte, pestisitlerin üretimi, taşınması, depolanması ve uygulanması süreçlerinde doğrudan temas yoluyla da bu maddelerin insan vücuduna geçişi söz konusu olabilmektedir (Gül, 2017). Pestisit kalıntıları insan sağlığı üzerinde akut veya kronik toksik etkiler gösterebilmekte, hafif deri tahrişlerinden ciddi zehirlenmelere ve hatta ölüme kadar varabilen sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Solomon, 2000).

Pestisitlerin kanserojen etkileri hem deneysel hem de epidemiyolojik çalışmalarla ortaya konmuştur. Thongprakaisang ve ark. (2013), glyphosate'ın meme kanseri ile ilişkili olduğunu ortaya koyarken, Musicco ve ark. (1988) bazı pestisitlerde bulunan alkil-üre bileşiklerinin beyin tümörlerine yol açabileceğini bildirmiştir. Pestisitler, embriyonik gelişimde kritik rol oynayan östrojen, tiroid ve androjen gibi hormonların sinyal iletim yollarını bozarak üreme sağlığını ve endokrin sistemi olumsuz yönde etkileyebilmekte,

aynı zamanda bağışıklık sistemi üzerinde de baskılayıcı etkiler göstererek çeşitli alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir. Doğum öncesi pestisit maruziyeti otitis media (orta kulak iltihabı), solunum yolu problemleri, astım, fetal büyümede gerilik, gebelik süresinde kısalma ve bazı doğumsal anomaliler ile ilişkilendirilmiştir (Gilden ve ark., 2012). Pestisitlerin neden olduğu bu tür olumsuz sağlık etkileri, toplumda ciddi endişelere yol açmakta ve gıda güvenliğine dair duyulan güveni sarsmaktadır. Bu nedenle, tüketime sunulan tarımsal ürünlerde pestisit kalıntılarının düzenli olarak izlenmesi ve kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de pestisit kalıntılarına yönelik ilk sistematik çalışmalar, 1959 yılında Ankara Zirai Mücadele İlaç ve Aletleri Enstitüsü bünyesinde Kalıntı Analiz Laboratuvarı'nın kurulmasıyla başlamış ve Otacı ve Güvener (1959), tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu öncü çalışmaları izleyen yıllarda, pestisit kalıntılarıyla ilgili araştırmalar farklı tarımsal ürünlerde, et ve süt ürünlerinde, içme ve kaynak sularında ve çeşitli çevresel matrislerde sürdürülmüş, bu sayede kamuoyunda konuya ilişkin önemli bir farkındalık oluşmuştur.

Günümüzde Türkiye’de pestisit kalıntı analizleri, büyük ölçüde Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından akredite edilmiş kamu ve özel laboratuvarlarda rutin olarak gerçekleştirilmektedir. Kamuya ait bazı laboratuvarlar aynı zamanda araştırma projeleri yürütme yetkisine de sahiptir. Ayrıca, az da olsa Sağlık Bakanlığı’na bağlı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi (RSHM) tarafından zehirlenme vakalarına yönelik analizler yapılmakta, benzer şekilde, toptancı hallerinde ürün girişlerinde kalıntı kontrolleri gerçekleştirilmektedir (Durmuşoğlu ve ark., 2010). Ülkemizde pestisit kalıntı düzeylerine ilişkin çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiş olup, bu çalışmalar farklı ürün gruplarını ve çevresel örnekleri kapsamaktadır (Ay ve ark., 2003; Bakırcı ve ark., 2019; Delen ve ark., 2005; Dinçay ve ark., 2017; Durmuşoğlu, 2003; Durmuşoğlu ve Çelik, 2001; Ersoy ve ark., 2011; Polat ve Tiryaki, 2018; Tatlı, 2006; Otacı ve ark., 1972; Yakar, 2018). Ancak, özellikle son yıllarda ülke ekonomisine önemli katkı sağlayan ve dış ticarete öne çıkan ürünlerden biri hâline gelen çileğe yönelik kalıntı analiz çalışmalarının sayısı oldukça sınırlıdır (Ersoy ve ark., 2011; Kaya ve Tuna, 2019). Öte yandan, Environmental Working Group (EWG) tarafından yayımlanan raporlara göre çilek meyvesi, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında pestisit kalıntısı açısından “en kirli” bitkisel ürün olarak sınıflandırılmıştır (EWG, 2025). Bu durum, çilek üretiminde kalıntı analizlerinin artırılması ve denetim süreçlerinin daha etkin hâle getirilmesi gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Yüksek kaliteli tarımsal ürün elde etmek amacıyla yaygın olarak uygulanan pestisitler ve türevlerinin maksimum kalıntı limitlerini (MRL) aşacak düzeyde kullanılması hem insan sağlığı hem de çevre açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. Pestisit kalıntılara yönelik yapılan bilimsel çalışmalar; gıda ürünlerinde kalan pestisit düzeylerinin ulusal ve uluslararası sınır değerlerin (MRL) altında olup olmadığını belirlemek, olası toksik etkileri ortaya koymak, insan sağlığına yönelik riskleri değerlendirmek, pestisitlerin uygulama yöntemleri, dozları ve uygulama sonrası geçen süre gibi faktörlerin kalıntı düzeylerine etkisini inceleyerek iyi tarım uygulamalarının yaygınlaştırılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bunlara ilaveten bu çalışmalarla pestisit kalıntılarının toprak, su ve havadaki varlığını ve bu ortamlardaki organizmalar üzerindeki etkilerini araştırmak, pestisit kalıntılarının hızlı, hassas ve güvenilir bir şekilde tespiti için analitik yöntemler geliştirmek, validasyonlarını sağlamak, elde edilen bilimsel verilerle, pestisit kullanımına dair yasal düzenlemelerin, denetim stratejilerinin ve halk sağlığı politikalarının oluşturulmasına bilimsel temel sağlamak açısından da önemli bilgiler sunmaktadır. Rutin denetimlerin yanı sıra, bilimsel araştırmalarla desteklenen veriler, kamuoyunda farkındalık yaratılması, tüketici bilincinin artırılması ve sağlıklı üretim politikalarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Tüketimi oldukça yaygın olan çilek meyvesi, pestisit kalıntısı bakımından risk taşıyan ürün gruplarından biridir. Ancak çilekteki pestisit kalıntılara ilişkin veri sayısının sınırlı olması, bu alandaki gıda güvenliği çalışmalarının da yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda Türkiye’de çilek üretiminin yoğun olduğu Mersin ilinde, pestisit kalıntı düzeylerinin belirlenmesi halk sağlığının korunması açısından önemlidir. Bu çalışma ile, iç piyasada tüketilen ve ihracata konu olan çileklerde kullanılan çeşitli pestisitlerin kalıntı düzeyleri tespit edilerek, insan sağlığına yönelik potansiyel riskler değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Bir ülkedeki pestisit kalıntı çalışmalarının sayısı ve kalitesi, o ülkenin doğaya ve insan sağlığına verdiği değerin somut bir göstergesidir (Tiryaki, 2016). Dünya genelinde çileklerde pestisit kalıntı analizleri yaygınken, Türkiye’de bu alandaki çalışmalar yetersizdir.

Fernandes ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, Portekiz’de organik tarım (OF) ve entegre zararlı yönetimi (IPM) sistemleriyle üretilen çileklerde organoklorlu pestisit (OCP) kalıntıları araştırılmıştır. 2009 ve 2010 yıllarında toplanan farklı çilek çeşitlerinde toplam 14 farklı OCP (lindane, β -endosulfan, aldrin, DDT türevleri, methoxychlor vb.) incelenmiştir. Numunelere QuEChERS uygulanmış, analizler GC-ECD, GC-MS/SIM ve GC-MS/MS teknikleriyle gerçekleştirilmiştir. Bulgulara göre, tüm çilek örneklerinde en az bir OCP kalıntısı tespit edilmiştir. Özellikle lindane, tüm örneklerde 0.06 ila 27.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değişen konsantrasyonlarda bulunmuştur. β -endosulfan ve methoxychlor, 2009 yılı örneklerinin tamamında saptanmış, ancak yalnızca bir organik tarım örneğinde β -endosulfan saptama limitinin (LOD) üzerinde bulunmuştur. Diğer kalıntılar (DDT türevleri, endrin, aldrin vb.) tespit edilmiş, ancak çoğunlukla MRL sınırlarının altında kalmıştır. 2009 yılında çilek örneklerinin %5’inde OCP düzeyleri AB MRL sınırlarını aşarken, 2010 yılında bu durum gözlenmemiştir. Ayrıca, 2009’da örneklerin %55’inde düşük düzeyde kalıntı (MRL altında) saptanırken, 2010’da bu oran %26’ya gerilemiştir.

Ersoy ve ark. (2011), Konya yöresinde tüketime sunulan 10 çilek numunesinde 203 farklı pestisit kalıntısı araştırmışlardır. Bu numunelerin 7’sinde kalıntı tespit edilmemiş, 3 numunede ise kullanımı yasak olan chlorpyrifos etken maddesine rastlanmıştır.

Gebara ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, 2004–2007 yılları arasında Brezilya’nın çeşitli bölgelerinden toplanan meyve ve sebze örneklerinde pestisit kalıntıları analiz edilmiştir. 170 çilek örneği içinde %78.8 oranında pestisit kalıntısına rastlanmıştır ve çilek, en yüksek kontaminasyon oranına sahip ürünler arasında yer almıştır. Çilek örneklerinde özellikle iprodione ve fluazinam maddeleri, mevzuatla belirlenmiş maksimum kalıntı limitlerini (MRL) aşmıştır. Toplamda 40’tan fazla pestisit saptanmış olup en sık rastlananlar chlorpyrifos, procymidone, captan ve chlorothalonil’dir. Hem

bebek hem de çocuklar için teorik maksimum günlük alım (TMDI) hesaplamalarında fluazinam (%357.3 ADI), methidathion (%225), diazinon (%258.5) ve carbaryl (%103.6) gibi bazı pestisitlerin ADI değerlerini önemli ölçüde aştığı belirtilmiştir. Çalışma, çocukların yetişkinlerden farklı metabolik yapıya sahip olmaları ve daha yüksek oransal gıda tüketimi nedeniyle daha hassas risk grubunu oluşturduğunu vurgulayarak, pestisit düzenlemelerinde çocuk sağlığının dikkate alınması gerekliliğine dikkat çekmiştir.

Jardim ve Caldas (2012), Brezilya’da 2001–2010 yılları arasında 13 556 adet 22 çeşit meyve, sebze, pirinç ve fasulye örneğini incelemişlerdir. İncelenen örneklerden 992’si çilek olup, bunların %76.3’ünde pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. Pestisit kalıntısı tespit edilen numunelerin %13.5’i MRL sınırının üzerindedir. Ayrıca, çilek örneklerinin %71.6’sında çoklu kalıntı (birden fazla pestisit) saptanmıştır. Bir örnekte sekiz farklı pestisit aynı anda belirlenmiştir. Kalıntı konsantrasyonları genellikle 0.1–0.5 mg/kg aralığında yoğunlaşmış, yaklaşık dörtte biri 0,5 mg/kg üzerindedir. En yaygın pestisit sınıfları dithiocarbamate (%25.2), organofosforlu bileşikler (%15.1), triazololler (%5.9) ve pyrethroidler (%18.4) olmuştur.

Bakırcı ve ark. (2014), Ege bölgesinde sebze ve meyvelerdeki pestisit kalıntıları ile ilgili yaptıkları çalışmada analize tabi tutulan çileklerden 2 örnekte MRL üzeri, 1 örnekte MRL altı acetamiprid tespit etmişlerdir.

Malhat ve ark. (2015), Mısır iklim koşullarında çilekte kullanılan pyridaben’ in kalıntı davranışı ve sağlık riskini değerlendirmiştir. Pyridaben, önerilen (100 g a.i./ha) (Hektar başına 100 gram aktif madde) ve iki katı dozda (200 g a.i./ha) uygulanmış; kalıntılar gaz kromatografi (GC- μ ECD) ile analiz edilmiştir. Yöntem %95.8–103 geri kazanım sağlamış, LOQ değeri 0.005 mg/kg olarak belirlenmiştir. Pyridaben’in yarı ömrü ortalama 2.3 gün olup, kalıntı düzeyleri 15. gün sonunda saptanamayacak ya da ihmal edilebilecek seviyeye düşmüştür. Sağlık riski değerlendirmesinde tehlike katsayısı (HQ) tüm zamanlarda 1’in altında kalmış ve bu durum pyridaben kullanımının insan sağlığı için anlamlı bir risk oluşturmadığını göstermiştir.

Stachniuk ve ark. (2017), Polonya’da dondurulmuş meyve ve sebze üretimi için alınan 144 numunede pestisit kalıntısını incelemişlerdir. 46 numunede 15 farklı pestisit kalıntısı tespit edilmiş, bu pestisitlerin %15’i MRL üstünde, %17’si ise MRL altında bulunmuştur.

Kaya ve Tuna (2019), İzmir’in Bornova, Karşıyaka ve Buca ilçeleri halk pazarlarından alınan çilek numunelerinde limit üstü pestisit kalıntısına rastlanmadığını bildirmişlerdir.

Liu ve ark. (2019), HPLC-DAD sistemiyle tetraconazole ve bifenazate’in çilekteki kalıntı miktarları ve beslenme riskini değerlendirmiştir. Farklı yıkama ve sıcaklık işlemleri uygulanmış ve pestisit miktarlarında sırasıyla %87 ve %89.1 oranında azalma sağlanmıştır. Pestisitlerin yarılanma ömürleri tetraconazole için 5.92 gün, bifenazate için 5.58 gün olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, söz konusu pestisitlerin tüketiciler için kabul edilebilir düzeylerde olduğunu göstermiştir.

Yazici ve ark. (2020) yaptıkları LC-MS/MS analizlerinde çilek örneklerinde boscalid, pyraclostrobin ve diğer bazı pestisitleri tespit etmişlerdir. Boscalid kalıntıları 0,03-26,94 mg/kg arasında değişirken, 60 örnekten 45’i Codex Alimentarius MRL’si olan 3 mg/kg’nin üzerindedir. Pyraclostrobin ise 0.22-6.9 mg/kg aralığında bulunmuş ve 43 örnek, belirlenen MRL olan 1.5 mg/kg’yi aşmıştır. Diğer tespit edilen pestisitler olan pyridaben, triadimenol, imidacloprid ve tebufenpyrad ise çilek örneklerinde daha düşük kalıntı seviyelerinde bulunmuş ve bu maddeler için MRL değerleri ya mevcut değildir ya da oldukça düşüktür. Bu bulgular, boscalid ve pyraclostrobin’in Türkiye’de çilekte en yaygın kullanılan ve kalıntı olarak yüksek oranda rastlanan pestisitler olduğunu göstermektedir.

Chu ve ark. (2020), LC-MS/MS ve GC-MS/MS cihazlarıyla 98 pestisit kalıntısını çileklerde araştırmıştır. Procymidon, pyrimethanil, acetamiprid, carbendazim, iprodione, tridemorph, chlormequat, fluazinam, prochloraz ve myclobutanil gibi pestisitler tespit edilmiştir. Çalışmada kalıntı düzeylerinin düşük olması nedeniyle insanlarda akut ve kronik risk oluşturmayacağı belirtilmiştir.

Shao ve ark. (2021), Çin'in farklı bölgelerinde 2018-2019 yıllarında 335 çilek örneğini analiz etmişler, 128 pestisit kalıntısını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda 51 farklı pestisit tespit edilmiş, bunların %2.39'u Çin MRL sınırını aşmıştır. Tespit edilen pestisitler arasında 24 fungusit, 24 insektisit ve 3 bitki büyüme düzenleyici yer almış, çoğu numunede çoklu pestisit kalıntısı bulunmuştur. MRL üstü kalıntılar ise procymidone, cyprodinil, pyrimethanil ve pyraclostrobin olarak rapor edilmiştir.

Kazar Soydan ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 2012-2016 yılları arasında Ege Bölgesi'nden toplanan 3044 meyve ve sebze örneğinde pestisit kalıntıları incelenmiş ve tüketiciler açısından sağlık riski değerlendirilmesi yapılmıştır. Çilek özelinde ise toplam 614 örnek analiz edilmiş, bunların %29.8'inde en az bir pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. Bu örneklerin %28.5'inde kalıntı düzeyi Türkiye'de yasal olarak belirlenmiş maksimum kalıntı limitinin (MRL) üzerinde bulunmuş, yalnızca %1.3'ünde MRL'nin altında kalmıştır. Ayrıca, çilek örneklerinde çoklu pestisit kalıntıları da gözlenmiş; 45 örnekte iki, 10 örnekte üç, 3 örnekte dört ve 4 örnekte beş veya daha fazla pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. Sağlık risk değerlendirmesinde çilek için hesaplanan tehlike katsayısı (HQ) 0.01 olarak bulunmuş, bu da sağlık açısından anlamlı bir risk olmadığını göstermiştir. Çalışma, pestisit kalıntılarının yaygınlığına dikkat çekmekle birlikte genel halk sağlığı açısından ciddi bir risk taşımadığını ortaya koymuştur.

Sancar ve ark. (2022), İstanbul'daki market ve manavlardan aldıkları 100 farklı meyve ve sebze numunesinde 393 pestisit etken maddesini taramışlar, örneklerin %43'ünde kalıntı tespit etmişler ve %7'sinin MRL sınırının üzerinde olduğunu bildirmişlerdir. Yasaklı pestisitlerden Phorate-sulfone bir çilek numunesinde saptanmıştır. 20 adet çilek numunesinden 4'ünde pestisit kalıntıları tespit edilirken, bunların 2'sinde ise MRL üstü kalıntılar tespit edilmiştir. MRL üstü pestisitler arasında pirimicarb, acetamiprid, tebuconazole ve phorate-sulfone yer almaktadır. Çalışma, çilekte MRL üstü pestisit varlığının halk sağlığı için risk oluşturabileceğini vurgulamıştır.

Wang ve ark. (2022), 43 farklı pestisit kalıntısını belirlemek için QuEChERS yöntemi ile UPLC-MS/MS tekniğini birleştirerek hassas bir analiz yöntemi geliştirmiştir. 2019-2020 yıllarında Pekin banliyösünden alınan 80 çilek örneğinin %68.8'inde pestisit kalıntısı bulunmuş, 15 farklı pestisit LOQ seviyesinin üzerinde tespit edilmiştir. Emamectin benzoat B1a'nın %10 örnekte AB-MRL'i aşması, iprodion'un %3.8 örnekte MRL üstü olması dikkati çekmiştir. Pyraclostrobin ise MRL altında kalmıştır. Sadece %1.3'lük bir örnekte dichlorvos MRL'yi aşmıştır.

Li ve ark. (2022), Pekin'de 245 çilek örneğinde 142 pestisit kalıntısını HPLC-MS/MS ile araştırmış, %26'sında kalıntı tespit edilmiş, 4 örnekte bulunan kalıntılar Çin MRL sınırlarını aşmıştır. En sık rastlanılan pestisitler carbendazim ve pyrimethanil olmuş, toplam 18 farklı pestisit kalıntısı saptanmıştır. Çoklu kalıntılar %15.9 oranında gözlenmiş ve en yüksek tehlike katsayısı carbofuran için hesaplanmıştır. Tüketici sağlığı açısından herhangi bir risk bulunmamıştır.

Fraga ve ark. (2023), Brezilya'nın Rio Grande do Sul eyaletinde 62 çilek örneğinde 238 pestisit etken maddesini analiz etmiş, 3 örnekte kalıntı bulunmazken, 22 örnekte MRL altında, 37 örnekte ise MRL üstü kalıntı ve yasaklı maddeler tespit etmiştir. Pestisitlerin %64.3'ü fungusit, %37'si insektisit ve %0.7'si ise herbisit olarak kaydedilmiştir.

El-Sheikh ve ark. (2023), Mısır'daki pazarlardan toplanan çilek ve işlenmiş ürünlerinde çoklu pestisit kalıntılarını incelemiş, ham çilekte cypermethrin, chlorpyrifos gibi maddeler AB MRL sınırlarını aşmıştır. İşlenme süreçleri kalıntı düzeylerini ciddi oranda azaltmıştır. Diyetle maruziyet riskleri kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur.

Yan ve ark. (2024), Çin'in çeşitli bölgelerinden topladıkları çilek örneklerinde UPLC-MS/MS ile sadece 4 pestisit tespit etmiş (trifloxystrobin, carbendazim, prochloraz ve propiconazole) olup, kalıntı seviyeleri çok düşük bulunmuştur. Risk analizleri, halk sağlığı için risk olmadığını göstermiştir.

Jardim ve Caldas (2024), Brezilya ulusal pestisit kalıntı programları kapsamında 2010-2020 arasında analiz edilen 35 321 gıda örneğinden 652 çilek örneğini değerlendirmiştir. Çileklerin %92.6'sında kalıntı tespit edilmiş, %63.9'unda mevzuat ihlali saptanmış ve çoğunlukla ruhsatsız pestisit kullanımı ve MRL aşımı görülmüştür. Çoklu kalıntı riski çilekte yüksek bulunmuştur.

Keklik ve ark. (2025), Aydın'dan temin edilen 245 çilek örneğinde LC-MS/MS ile 240 pestisit kalıntısını analiz etmiş; %61.6'sında kalıntı bulunmuş, %42.9'unda çoklu kalıntı tespit edilmiştir. Örneklerin %6.5'luk kısmı AB MRL sınırını aşmış, en sık pyrimethanil, boscalid ve fluopyram bulunmuştur. Sağlık risk değerlendirmesinde tehlike indeksi (HI) değerleri 1'in altında bulunmuş ve risk oluşturmadığı sonucuna varılmıştır.

Malhat ve ark. (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 2021–2024 yılları arasında Mısır piyasalarından temin edilen 5104 çilek örneğinde 430 pestisit kalıntısı LC-MS/MS ve GC-MS/MS yöntemleriyle analiz edilmiştir. Örneklerin %65.5-88.0'inde pestisit kalıntısı tespit edilmiş, çoklu kalıntı oranı ise %42.6'dan %61.4'e kadar çıkmıştır. AB MRL değerlerini aşan örneklerin oranı yıllar içinde artış göstermiş; 2021'de %2.39 iken 2023'te %7.81'e yükselmiş ve 2024'te %6.82 olarak belirlenmiştir. En sık saptanan aktif maddeler arasında azoxystrobin, boscalid, difenoconazole, fludioxonil ve bifenazate bulunmuştur. Sağlık risk değerlendirmesinde tüm pestisitler için Tehlike Katsayısı (THQ) değerleri 1'in altında kalmış, dolayısıyla çilek tüketiminin tüketici sağlığı açısından akut ya da kronik bir risk oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada, Mersin ilinden 2022, 2023 ve 2024 yıllarında toplanan taze çilek örnekleri kullanılmıştır. Pestisit kalıntı analizleri için 10-100 µL, 100-1000 µL ve 1000-5000 µL kapasiteli pipetler ile pipet uçları, vortex cihazı, santrifüj, hassas terazi, tartım kabı, nitril eldiven, blender, 15 ml ve 50 ml'lik falcon tüpleri, 2 ml ve 12 ml'lik vida kapaklı vialler, 5 ml'lik şırıngalar ve 0.22 µm gözenek boyutlarında şırınga filtreleri kullanılmıştır. Kimyasal reaktif olarak metanol, asetonitril, asetik asit, susuz magnezyum sülfat (MgSO₄), susuz sodyum asetat (NaAc), amonyum format (NH₄HCO₂), primer sekonder amin (PSA) ve distile su kullanılmıştır. Pestisit kalıntılarının tespiti ve kantifikasyonu için Shimadzu marka 8045 model LC-MS/MS cihazı tercih edilmiştir. Analizlerde toplam 557 farklı pestisit etken maddesi taranmıştır. Etken maddelere ait detaylı bilgiler EK 1'de sunulmuştur.

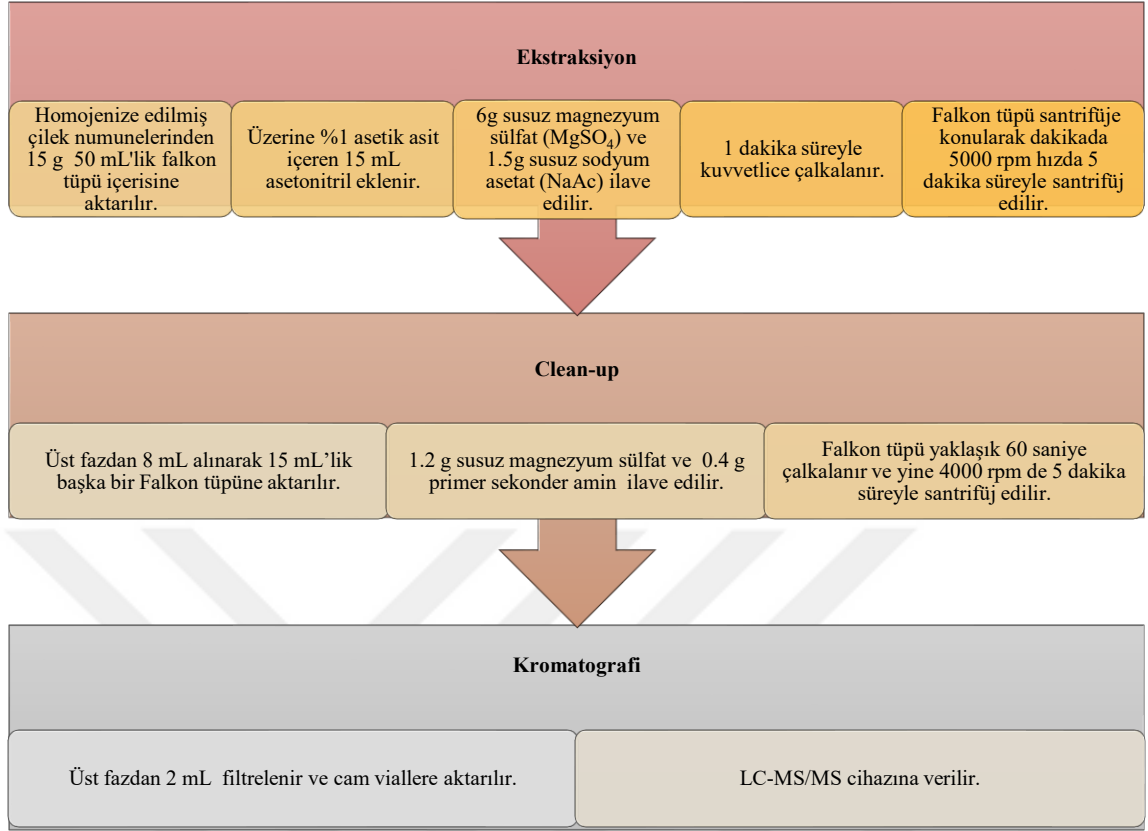
3.2. Yöntem

3.2.1. Numunelerin toplanması ve saklanması

Numuneler, ticari olarak yoğun üretimin yapıldığı sera ve açık alanlardan temin edilmiştir. Çilek numuneleri, "Bitkisel ve Hayvansal Orijinli Gıda Maddelerinde Pestisit Kalıntılarının Resmi Kontrolü için Numune Alma Metotları Talimatı" (Anonim, 2016) doğrultusunda, küçük ebatlı taze ürünler sınıfından en az 1 kg olacak şekilde alınmıştır. Numuneler, alınmasının ardından en geç 24 saat içerisinde, araç içi buzdolabında uygun koşullarda muhafaza edilerek laboratuvara ulaştırılmıştır. Getirilen örnekler bekletilmeden analiz edilmiştir.

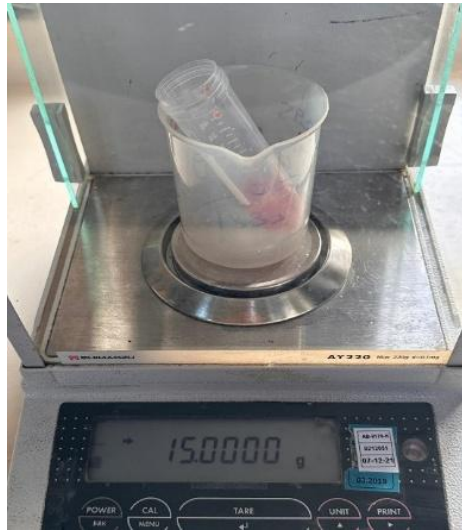
3.2.2. Numunelerin ekstraksiyonu ve clean-up

Yöntem temel olarak ekstraksiyon, clean-up ve kromatografi olmak üzere 3 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 QuEChERS analiz basamakları

Bu yönteme göre izlenen adımlar yukarıda özetlenmiştir. Analize alınan yaklaşık 1 kg çilek numunesi, öncelikle blender yardımıyla homojenize edilerek tartımı yapılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Analiz tartım işlemleri

- Homojenize edilen numuneden 15 g alınarak 50 mL'lik Falcon tüpe konulmuş, üzerine 15 mL %1 asetik asit (HAc) içeren asetonitril (MeCN), 6 g susuz magnezyum sülfat (MgSO₄) ve 1.5 g susuz sodyum asetat (NaAc) eklenmiştir (Şekil 3.3A, B).



A



B

Şekil 3.3 Asetonitril (%1'lik asetik asit) (A); magnezyum sülfat + sodyum asetat eklenmesi (B)

- Falcon tüpü kapatıldıktan sonra, içerik 1 dakika boyunca kuvvetlice çalkalanmış ve vorteks işlemi uygulanmıştır. Vorteks işleminin ardından tüp, dakikada 5000 devir hızla 5 dakika süreyle santrifüje edilmiştir. Böylece ekstraksiyon işlemi tamamlanmıştır (Şekil 3.4A, B, C, D).



A



B



C

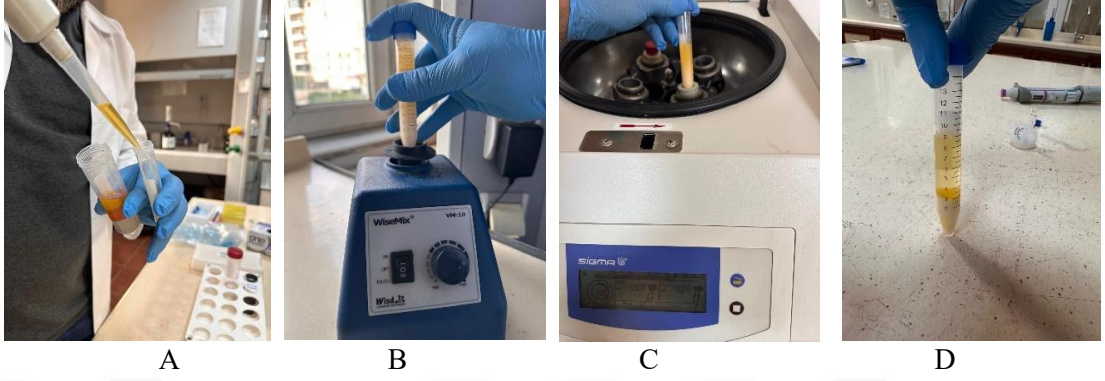


D

Şekil 3.4 El ile çalkalama işlemi (A), Vortex (B), santrifüj işlemi (C), santrifüj sonrası üst faz (D)

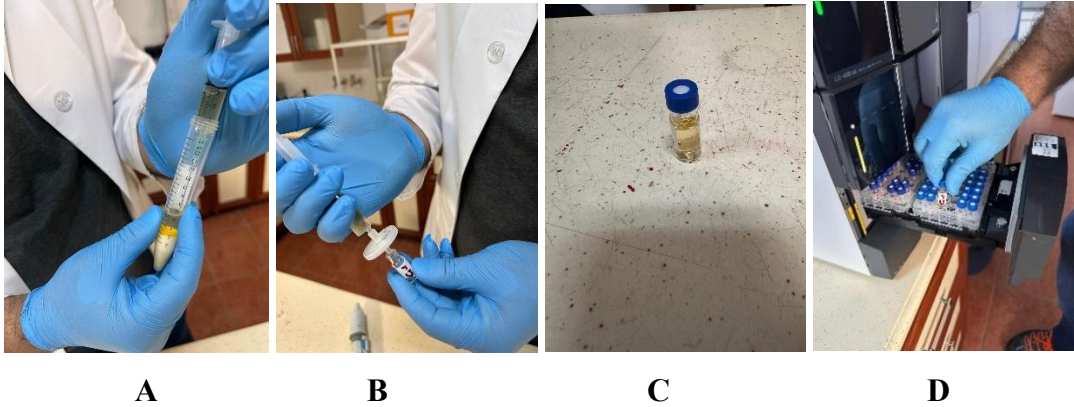
- Santrifüj işlemi tamamlandıktan sonra tüp içerisinde oluşan üst fazdan 8 mL örnek alınarak temizleme işlemi için 15 mL'lik başka bir santrifüj tüpüne aktarılmıştır.

Ardından üzerine 1200 mg susuz magnezyum sülfat ve 400 mg primer sekonder amin (PSA) ilave edilmiştir (Şekil 3.5A, B, C, D).



Şekil 3.5 Üst fazın 15 mL'lik falkon tüpüne aktarılması (A) çalkalanma ve vorteks (B), Santrifüj makinesine koyulması (C), santrifüj sonrası üst faz (D)

- Ağız kapatılan tüp yaklaşık 20 saniye boyunca çalkalanmış ve ardından 4000 rpm hızda 5 dakika süreyle santrifüj edilmiştir (Lehotay ve ark., 2005). Böylece temizleme işlemi tamamlanmıştır. Santrifüj sonrası tüp içerisinde oluşan üst faz, 0,22 µm filtre kullanılarak süzülmüş ve alınan sıvı, gaz kromatografisi analizine hazırlanmak üzere 2 mL'lik cam viallere aktarılmıştır (Şekil 3.6A, B, C, D).



Şekil 3.6 Üst fazın alınması (A) ve filtrelenmesi (B), vialdeki filtrelenmiş matris (C), viallerin cihaza koyulması (D)

3.2.3. Metot validasyon çalışmaları

Yöntem doğrulama, kalite güvencesi (QA) ve kalite kontrolünün (QC) temel unsurlarından biridir. QuEChERS yöntemi, genellikle yüksek standartlara sahip laboratuvarlarda uygulanmakla birlikte, yerel laboratuvarlarda da doğrulama ve validasyon işlemlerinin yapılması gerekmektedir (Dülger ve Tiryaki, 2021).

Metot doğrulama parametreleri arasında hassasiyet/doğrusallık, matriks etkisi, LOD (Limit of Detection), LOQ (Limit of Quantification), spesifiklik, geri kazanım, doğruluk (tekrarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik) ve sağlamlık bulunmaktadır. Metodun doğruluğu, “Gıda ve Yemde Pestisit Kalıntıları Analizi İçin Analitik Kalite Kontrol ve Metot Doğrulama Prosedürleri (SANTE/11312/2021 v2)” rehberi doğrultusunda gerçekleştirilmiştir (SANTE, 2021; Balkan ve Yılmaz, 2022).

Doğrusallık çalışmaları için 0, 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 µg/kg olmak üzere yedi noktalı ve her biri üç tekrarlı “matrix-matched kalibrasyon” enjeksiyonları yapılmıştır. LOD ve LOQ limitlerinin belirlenmesi amacıyla, temiz çilek numunesi 10 µg/kg seviyesine zenginleştirilmiş ve 10 tekrarlı analiz gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerle standart sapma (SD) hesaplanmış, SD'nin 3 katı LOD, 10 katı ise LOQ olarak kabul edilmiştir. Bu hesaplamaların doğruluğunu test etmek için LOD ve LOQ seviyelerindeki enjeksiyonlar ayrıca yapılmıştır. Pestisitlerin matriksten geri kazanımı ve yöntemin doğruluğu, 10 ve 50 µg/kg olmak üzere iki farklı konsantrasyon seviyesinde, beş tekrarlı zenginleştirilmiş numunelerin analiz edilmesiyle belirlenmiştir. Tekrarlanabilirlik (RSD_r), aynı gün içinde iki farklı analist tarafından gerçekleştirilen analizlerle; laboratuvar içi tekrar üretilebilirlik (RSD_{wR}) ise ardışık günlerde, aralarında bir gün fark olacak şekilde iki analist tarafından yapılmıştır. Kesinlik değerleri, bağıl standart sapma (RSD) olarak ifade edilmiş ve %RSD değerlerinin ≤ %20 olması kontrol edilmiştir. Gerçeklik, tekrarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik çalışmaları sonucu elde edilen geri kazanım değerlerinin %70-120 aralığında olması kriter olarak benimsenmiştir (SANTE, 2021). Tüm veri analizleri ve hesaplamalar “LabSolution® (5.120 versiyon)” yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

3.2.4. Cihaza ait bilgiler

Analizler, Shimadzu® LC-MS 8045 (Kyoto, Shimadzu Corporation, Japonya) modeli cihaz ile gerçekleştirilmiştir. LC-MS/MS sistemi: LC-40ADxs pompası × 2, SIL-40AC otomatik örnekleyici, DGU-20A3R gaz giderici, CTO-40S kolon fırını ve triple kuadropol (triple quadrupole) MS/MS dedektöründen oluşmaktadır. Analizlerde Merck Purospher STAR RP-18 endcapped 2 um 100x2.1mm boyut ve özelliğe sahip kolon kullanılmıştır. Cihazın çalışma koşulları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 LC-MS/MS analitik koşulları

LC Koşulları (Nexera)		MS Koşulları (LCMS-8045)	
Kolon	Merck Purospher STAR RP-18 endcapped 2 um 100x2.1mm	İyon Kaynağı	ESI (+/ -)
Kolon Fırın Sıcaklığı	40 °C	Desolvation line sıcaklığı	250 °C
Mobil Faz A	5 mmol/L amonyum format/ distile su	Interface sıcaklığı	300 °C
Mobil Faz B	5 mmol/L amonyum format/methanol	Block heater sıcaklığı	400 °C
Akış Program	23%B. (0 dk)- 25%B. (0.5 dk)- 98%B. (8 dk)- 98%B. (10 dk)- 25%B. (10.01)- 25%B. (12 dk)	Spreyleme Gazı Akış Hızı	3 L/ dk
Akış Hızı	0.55 mL/ dk	Kurutma Gazı Akış Hızı	10.0 L/ dk.
Enjeksiyon Hacmi	10 µL	Isıtma Gazı Akış Hızı	15.0 L/ dk
Yıkama Solüsyonu	R0: 50% metanol	Dwell time	1-5 msec

3.2.5. Kalıntı analizleri

Ekstraksiyon ve temizleme işlemleri tamamlanmış olan çilek numunelerindeki farklı yapısal özelliklere sahip pestisitlerin tespit edilebilmesi amacıyla doğrulanmış QuEChERS-LC-MS/MS metodu kullanılmıştır. Elde edilen pestisit kalıntı değerleri, Avrupa Birliği Maksimum Kalıntı Limitleri (AB-MRL) çerçevesinde değerlendirilmiştir (EU-MRL, 2024).

3.2.6. Sağlık risk değerlendirmesi

Bu çalışmada, çilek örneklerinde tespit edilen pestisit kalıntılarının insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri, kısa dönem (akut) ve uzun dönem (kronik) maruziyet hesaplamalarına dayalı olarak değerlendirilmiştir. Sağlık risk tahmini uluslararası kabul görmüş hesaplama yöntemleri çerçevesinde gerçekleştirilmiş olup kullanılan formüller, FAO/WHO

(2018), EFSA (2012) ve EPA (2018) gibi uluslararası otoritelerin yönergelerine dayanmaktadır.

Kronik Maruziyet

Bireylerin günlük yaşamda maruz kalabileceği ortalama pestisit miktarını belirlemek amacıyla, Uluslararası Tahmini Günlük Alım (IEDI – International Estimated Daily Intake) hesaplanmış ve buna bağlı olarak Kronik Tehlike Katsayısı (HQc – Hazard Quotient chronic) değerlendirilmiştir. İlgili hesaplama formülleri aşağıdadır.

$$EDI=STMR \times FC/bw$$

$$HQc=IEDI/ADI$$

Formüllerde:

- STMR (mg/kg): Gözetimli deneme medyan kalıntı düzeyi (çalışmada analiz edilen çilek örneklerinin ortalama kalıntı değeri),
- FC (kg/gün): Günlük meyve tüketim miktarı (yetişkinler için 0.018 kg/gün; çocuklar için yetişkinlerin %40'ı),
- bw (kg): Beden ağırlığı (yetişkinler için 70 kg, çocuklar için 23 kg),
- ADI (mg/kg bw/gün): Kabul edilebilir günlük alım düzeyi ve her pestisit için AB Pestisit Veritabanı'ndan (EU Pesticides Database, 2024) alınmıştır.

HQc değerinin 1'den büyük olması, ilgili pestisit kalıntısının uzun vadeli (kronik) tüketim sonucunda insan sağlığı açısından potansiyel risk oluşturduğunu göstermektedir. Öte yandan, HQc değerinin 1'in altında olması, maruziyetin kabul edilebilir seviyede olduğunu ve sağlık açısından önemli bir risk taşımadığını ifade etmektedir.

Akut Maruziyet

Kısa süreli ve yüksek miktarda pestisit maruziyetinin oluşturabileceği risklerin değerlendirilmesi amacıyla, Uluslararası Tahmini Kısa Süreli Alım (IESTI – International Estimated Short-Term Intake) ve buna bağlı olarak Akut Tehlike Katsayısı (HQa – Hazard Quotient acute) hesaplanmıştır. FAO/WHO (2018), tarafından belirlenen yönergelere göre, birim ağırlığı 25 gramdan küçük olan meyveler için Case 1 formülü kullanılmıştır:

$$ESTI=LP \times HR/bw$$

$$HQa=IESTI/ARfD$$

Formülde:

- LP (kg): 97.5 persentilde belirlenen büyük tüketim miktarı (WHO Gıda Tüketim Veritabanı'ndan alınmıştır),
- HR (mg/kg): En yüksek tespit edilen kalıntı değeri,
- ARfD (mg/kg bw): Akut referans dozu; pestisit bazında EFSA ve WHO veritabanlarından alınmıştır,
- bw (kg): Vücut ağırlığı (yetişkin: 70 kg, çocuk: 23 kg).

ARfD (Acute Reference Dose) değeri tanımlanmamış pestisitler için akut risk değerlendirmesi yapılmamıştır. Hesaplanan Akut Tehlike Katsayısı (HQa) değerinin 1'den büyük olması, kısa dönemli tüketim sonucunda sağlık riski oluşabileceğini göstermektedir. HQa değerinin 1'in altında olması ise akut maruziyetin kabul edilebilir düzeyde olduğunu ifade etmektedir.

4.BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Metot Validasyon Sonuçları

Çilek numunelerinde kalıntısı tespit edilen pestisit etken maddelerine ait metot doğrulama parametreleri Çizelge 4.1’de yer almaktadır. Tespit edilen pestisitlerin kalibrasyonlarına ait korelasyon katsayıları (R^2) 0.995 değerinin üzerinde bulunmuştur. LOD değerleri 0.87- 2.83 arasında, LOQ değerleri 2.90 - 9.45 arasında hesaplanmıştır. Metot kapsamındaki geri alım değerleri %83.7 - 117.1 arasında göreceli standart sapma (RSD) değerleri ise %4.4 - 12 aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.1). SANTE dokümanına göre metot performans kriterlerinin sağlanması için her bir etken maddenin %70-120 geri kazanım ve \leq %20 RSD değerlerini sağlaması gerekmektedir. Elde edilen sonuçlar, tespit edilen pestisitlerin bu kriterlere uygun olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Tespit edilen pestisitlerin metot doğrulama parametreleri

Pestisit	R^2	LOD	LOQ	Spike Seviyesi ($\mu\text{g}/\text{kg}$)					
				10			50		
				Gerialm	RSD _r	RSD _{Rw}	Gerialm	RSD _r	RSD _{Rw}
				$\mu\text{g}/\text{kg}$	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Acetamiprid	0.999	1.33	4.44	97.2	11.1	11.6	109	8.6	10.1
Azoxystrobin	0.998	1.27	4.23	84.5	7.3	7.6	91.2	6.4	6.9
Bifenazate	0.999	1.91	6.36	97.4	8.1	8.9	102.1	9.1	9.4
Boscalid	0.998	1.32	4.40	83.7	10.1	9.9	88.6	11.1	10.4
Carbendazim	0.999	1.20	3.99	85.8	9.4	9.5	90.2	9.3	9.9
Cyflumetofen (sum of isomers)	0.999	2.62	8.75	107.6	6.5	6.7	103.8	9.6	9.5
Etoxazole	0.997	0.87	2.90	108.9	8.8	9.2	101.2	8.7	9.3
Fluopyram	0.997	2.17	7.25	117.1	11.2	11.5	104.5	12.2	11.9
Hexythiazox	0.997	2.42	8.08	87.3	10.9	10.6	91.9	11.2	12.0
Pyraclastrobin	0.995	2.07	6.90	100.2	11.4	11.5	98.3	5.6	6.2
Pyridaben	0.999	1.80	6.00	83.8	10.8	11.3	87.1	9.9	10.3
Pyrimethanil	0.995	2.83	9.44	83.7	14.5	14.7	89.4	6.8	7.4
Spinetoram (sum of spinetoram-J and spinetoram-L)	0.998	0.99	3.30	99.4	4.3	4.4	89.4	8.5	8.8
Spiromesifen	0.998	2.38	7.95	96	6.1	6	101.1	9.5	9.6
Tebufofenpyrad	0.999	1.79	5.98	100.8	6.9	6.8	97.2	10.7	10.5
Terbufos	0.999	1.53	5.11	95.9	9.4	10.1	93.9	11.5	11.2

4.2. Çilek Numunelerinde Pestisit Kalıntı Miktarları

Bu bölümde, 2022, 2023 ve 2024 yıllarında Mersin ilinden toplanan toplam 229 çilek numunesine ait pestisit kalıntı analiz sonuçları sunulmuş ve elde edilen bulgular ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Yapılan analizlerde, numunelerdeki pestisit kalıntı düzeyleri, Avrupa Birliği Maksimum Kalıntı Limitleri (AB-MRL) esas alınarak incelenmiştir. Çilek numunelerine ilişkin pestisit kalıntı analiz sonuçları özet olarak Çizelge 4.2’de verilmiştir. Analize ait tüm ayrıntılı veriler ise Ek 2’dedir.

Çizelge 4.2 Çilek numunelerinde tespit edilen pestisitler

Tespit edilebilir seviyede pestisit bulunan numune sayısı (%)	MRL’den büyük toplam numune sayısı (%)	Tespit edilen pestisitler	AB-MRL (mg/kg)	Pestisit bulunan örnek sayısı	Kalıntı miktarları (mg/kg)		MRL’den büyük numune sayısı
					En düşük	En yüksek	
52 (22.7)	27 (11.8)	Acetamiprid	0.5	5	0.041	0.164	-
		Azoxystrobin	10	4	0.005	0.032	-
		Bifenazate (sum of bifenazate plus bifenazate-diazene expressed as bifenazate)	0.01	22	0.016	0.370	22
		Boscalid	6	33	0.006	0.522	-
		Carbendazim and benomyl (sum of benomyl and carbendazim expressed as carbendazim)	0.1	4	0.011	0.029	-
		Cyflumetofen (sum of isomers)	0.6	10	0.012	0.170	-
		Etoxazole	0.01	8	0.013	0.074	8
		Fluopyram	2	17	0.012	0.198	-
		Hexythiazox (any ratio of constituent isomers)(F)	6	2	0.033	0.081	-
		Pyraclastrobin	1.5	10	0.010	0.081	-
		Pyridaben	0.9	1	0.049		-
		Pyrimethanil	5	8	0.083	0.477	-
		Spinetoram (sum of spinetoram-J and spinetoram-L)	0.2	3	0.010	0.080	-
		Spiromesifen	1	3	0.240	0.389	-
		Tebufenpyrad	1	2	0.100	0.155	-
Terbufos	0.01	2	0.162	0.311	2		

Analiz sonuçlarına göre çilek numunelerinde toplam 16 farklı pestisit etken maddesi tespit edilmiş (Çizelge 4.2), bu maddelerden 10'u insektisit (Acetamiprid, bifenazate, cyflumetofen, etoxazole, hexythiazox, pyridaben, spinetoram, spiromesifen, tebufenpyrad ve terbufos), 6'sı ise fungusit (Azoxystrobin, boscalid, carbendazim, fluopyram, pyraclostrobin ve pyrimethanil) grubuna aittir.

Değerlendirme sonuçlarına göre:

- Boscalid, 33 numunede (%14.4) tespit edilmiştir. Ancak hiçbir örnekte MRL değeri (6 mg/kg) aşılmamıştır.
- Bifenazate, 22 numunede (%9.6) tespit edilmiştir ve bu numunelerin tamamında MRL değeri olan 0.01 mg/kg aşılmıştır. Bu durum bifenazate'in hem sıklık hem de mevzuat uyumsuzluğu açısından dikkat çekici olduğunu göstermektedir.
- Etoxazole, 8 numunede bulunmuş ve tümünde MRL sınırı aşılmıştır.
- Ayrıca fluopyram da %7.4 sıklıkla tespit edilmiş olup MRL değeri aşılmamıştır.
- Terbufos, 2 numunede bulunmuş, her ikisinde MRL sınırını aşmıştır.

Bu bulgular, bazı pestisitlerin çilek üretiminde yaygın olarak kullanıldığını ve bazı durumlarda iyi tarım uygulamalarının dışına çıkıldığını göstermektedir. Özellikle MRL aşımı görülen etken maddeler, tüketici sağlığı açısından öncelikli risk grubunda değerlendirilmelidir.

4.1.1. Tespit Edilen Pestisit Sayısı

Bu çalışmada, Mersin ili çilek yetiştirme alanlarından temin edilen toplam 229 çilek örneği üzerinde yürütülen LC-MS/MS analizleri sonucunda, 557 pestisit etken maddesinden 16'sı tespit edilmiştir. Numunelerin %22.7'sinde en az bir pestisit kalıntısının belirlenmiş olması, ulusal ve uluslararası literatürle kıyaslandığında nispeten düşük bir pozitiflik oranına işaret etmektedir.

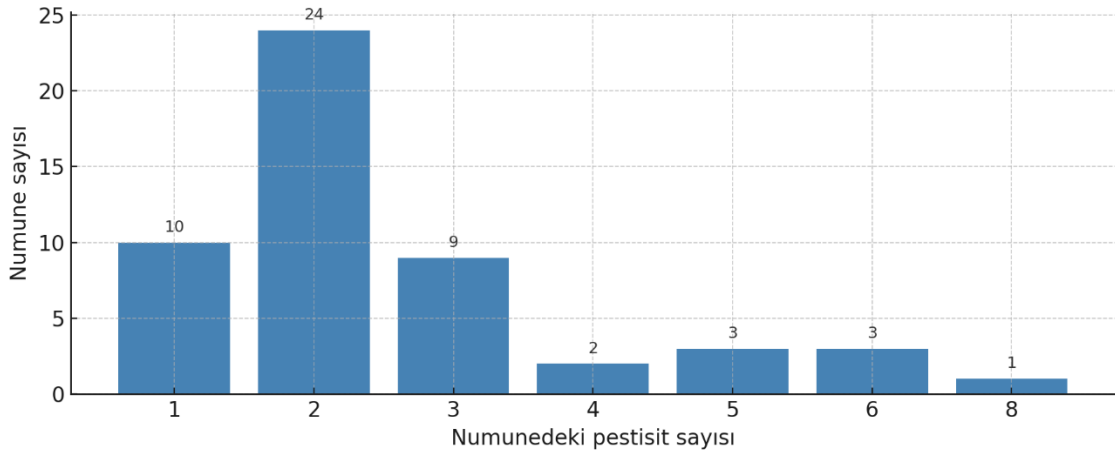
Türkiye'de yapılan önceki çalışmalar genellikle daha yüksek tespit oranları bildirmektedir. Örneğin, Kazar Soydan ve ark. (2021) tarafından Ege Bölgesi'nde yürütülen üç yıllık izleme çalışmasında, yalnızca 2022 yılına ait pozitiflik oranı %70.2 olarak belirlenmiştir.

Benzer biçimde Aydın bölgesinde Keklik ve ark. (2025) tarafından gerçekleştirilen üç yıllık izleme çalışmasında 245 çilek örneğinde 32 farklı pestisit saptanmış; numunelerin %61.6'sında en az bir kalıntı tespit edilmiştir. Bu çalışmada özellikle pyrimethanil (%30.2), boscalid (%27.4), fluopyram (%17.1) ve bifenazate (%15.1) gibi maddeler öne çıkmaktadır.

Bu sonuçlarla karşılaştırıldığında, çalışmamızda hem pozitif örnek oranının hem de tespit edilen pestisit çeşitliliğinin daha düşük olması kullanılan pestisit türlerinin farklılığı, üretim bölgelerindeki ilaçlama alışkanlıkları, iklimsel faktörler ve kontrollü tarım uygulamalarının yaygınlık düzeyi ile ilişkilendirilebilir. Uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar da benzer farklılıklara işaret etmektedir. Örneğin, Wang ve ark. (2022), Çin'in Beijing kırsalında yürüttüğü çalışmada 80 çilek örneğinden %68.75'inde pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. Shao ve ark. (2021) ise Şanghay'dan temin ettiği 335 örneğin %97.91'inde kalıntı bulunduğunu bildirmiştir. Fernandes ve ark. (2011) tarafından Portekiz'de yürütülen bir çalışmada ise, IPM (Entegre Zararlı Yönetimi) uygulanan seralardan alınan örneklerin %29.2'sinde pestisit tespit edilmiştir. Bazı çalışmalarda analiz edilen pestisit sayısının oldukça yüksek olması dikkat çekicidir. Song ve ark. (2019) 203, Chu ve ark. (2020) ise 98 pestisit etken maddesini aynı anda analiz etmiş ve her iki çalışmada da %90'ın üzerinde çoklu kalıntı tespiti yapılmıştır. Tüm bu bulgular, pestisit kullanımının bölgesel farklılıklar gösterdiğini ve tarımda kullanılan yöntemlerin analiz sonuçlarını doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, izleme çalışmalarında yerel üretim pratiklerinin ve bölgesel koşulların dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

4.1.2. Çoklu Kalıntı Durumu

Çoklu kalıntı, bir tarım ürünüde eş zamanlı olarak birden fazla pestisit etken maddesinin bulunması durumudur. Çoklu kalıntı varlığı, pestisitler arası olası etkileşimler ve kümülatif toksik etkiler nedeniyle tüketici sağlığı açısından özellikle önemlidir. Her bir pestisit tekil olarak mevzuat sınırları altında bulursa dahi, birden fazla kalıntının eş zamanlı maruziyeti durumunda, özellikle hassas bireylerde (çocuklar, yaşlılar, bağışıklığı baskılanmış kişiler) toksik etkilerin artabileceği bildirilmiştir (EFSA, 2021).



Şekil 4.1 Çilek numunelerinde tespit edilen pestisit sayısına göre dağılım

Bu çalışmada analiz edilen 229 çilek örneğinin %22.7'inde en az bir pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. Bu pozitif numunelerin 10'unda tek, 42'sinde (%18.3) ise birden fazla pestisit kalıntısı belirlenmiştir. Numunelerde en fazla sekiz farklı pestisit aynı anda saptanmıştır (Şekil 4.1). Çoklu kalıntıların yüksek oranı, birden fazla pestisit eş zamanlı kullanımının yaygın olduğunu göstermektedir.

Shao ve ark., (2021), Şanghay bölgesinden toplanan 335 örneğin %97.9'inde en az bir pestisit kalıntısı saptandığını ve bu örneklerin %56.1'sinde birden fazla kalıntı bulunduğunu raporlamıştır. Çalışmada, tek bir örnekte 16 farklı pestisit tespit edilmesi dikkat çekicidir. Benzer şekilde Wang ve ark. (2022) tarafından Beijing kırsalında yürütülen çalışmada, 80 örnekten %56.3'ü çoklu kalıntı içermiş; ortalama pestisit sayısı 2.33, en yüksek değer ise 5 olarak belirlenmiştir. Song ve ark. (2019) ise örnek başına ortalama 4.2 kalıntı ve maksimum 16 kalıntı ile çoklu maruziyetin yaygın olduğunu ortaya koymuştur.

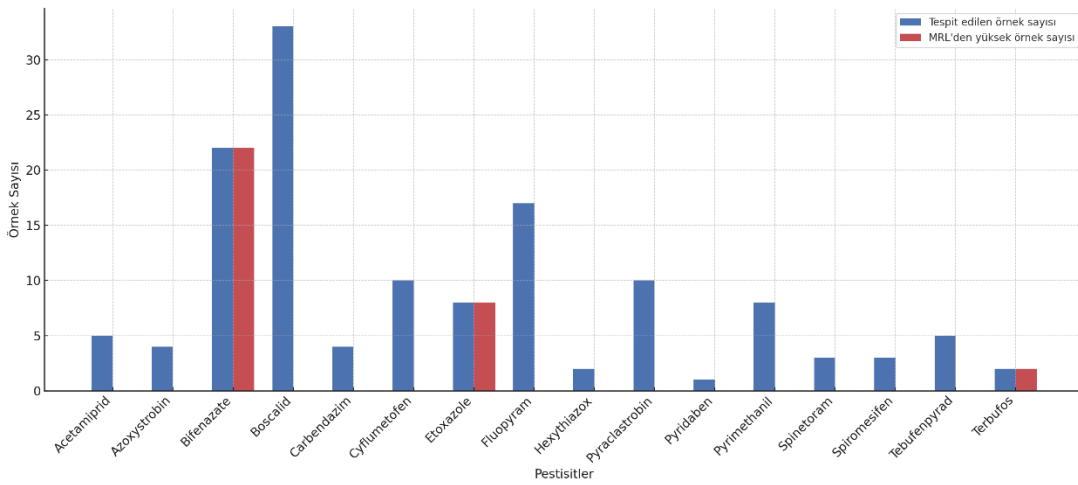
Türkiye'deki araştırmalardan elde edilen sonuçlarda da benzer sonuçlar mevzu bahis. Keklik ve ark. (2025) tarafından Aydın ilinde yürütülen çalışmalarda, çoklu pestisit kalıntısı tespit oranı %42.9 olarak kaydedilmiştir. Kazar Soydan ve ark. (2021) ise üç yıllık izleme süresince, analiz edilen örneklerin büyük bölümünde birden fazla pestisit tespit edildiğini bildirmişlerdir. 2021 yılında 63 örnekten 15'inde çoklu kalıntı saptanırken, 2022 yılında bu oran 131 örnekte %47.3'e çıkmıştır. 2023 yılında ise analiz edilen 51 örneğin 29'unda çoklu pestisit kalıntısı belirlenmiş, bazı örneklerde altıya kadar farklı etken madde bulunmuştur. Bu bulgular Ege Bölgesi gibi bazı üretim alanlarında

yoğun pestisit kullanımı ve birden fazla etken maddeyle yapılan uygulamaların yaygın olduğunu göstermektedir. Buna karşın bu çalışmada analiz edilen 229 çilek örneğinin yalnızca %18.3'ünde çoklu kalıntı saptanmış ve maksimum iki veya daha fazla pestisit aynı anda tespit edilmiştir. Bu görece düşük oran, üretim sahasına özgü uygulama tercihleriyle ilişkilendirilebilir. Özellikle hedef bazlı ilaçlamalar ve daha düşük pestisit uygulama sıklığı, kontrollü kullanım, üreticilerin tek etken madde kullanımına yönelmesi ve pazar odaklı üretim stratejileri kapsamında, kalıntı riskinin minimize edilmesi amacıyla son uygulama ile hasat arasında yeterli sürenin bırakılması çoklu kalıntı riskini azaltmış olabilir.

Bununla birlikte çoklu kalıntı tespit oranının sıfır olmaması, pestisitlerin kümülatif etkilerinin göz ardı edilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle aynı toksikolojik etki mekanizmasına sahip pestisitlerin eş zamanlı alımı, potansiyel sağlık risklerini artırabilmektedir. Bu doğrultuda Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), bu tür bileşik etkilerin değerlendirilmesine yönelik özel risk analiz modelleri geliştirmiş ve bu konuyu gıda güvenliği politikalarının önemli bir bileşeni haline getirmiştir. Özellikle pestisit kombinasyonlarının insan sağlığı üzerindeki olası etkilerinin, geleneksel tek etken madde yaklaşımından ziyade, bu pestisitlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini yalnızca tek tek etken maddeler bazında değil, bir arada bulduklarında yaratabilecekleri toplam etki (kümülatif veya sinerjistik etki) açısından ve pestisitlerin etki mekanizmalarına göre gruplanmasını ve risk analizlerinin bu gruplamalar üzerinden yapılmasının gerekliliği önem arz etmektedir. Pestisit kalıntılarının güvenlik açısından değerlendirilmesinde en temel göstergelerden biri ise kalıntı düzeylerinin her bir etken madde için ulusal veya uluslararası mevzuatla belirlenmiş maksimum kalıntı limiti değerlerini aşıp aşmadığıdır. MRL sınırının üzerindeki kalıntılar yalnızca halk sağlığını tehdit etmekte kalmayıp, aynı zamanda özellikle ihracata yönelik tarımsal ürünlerde ticari ret, iade ve yaptırımlar gibi önemli ekonomik kayıplara yol açabilmektedir. Bu bağlamda çalışmamızda çoklu kalıntı oranı uluslararası literatürde bildirilen değerlerin altında kalmakla birlikte elde edilen bulgular düzenli izleme çalışmalarının sürdürülmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

4.2. MRL Üzeri Numune Oranları

Bu çalışmada analiz edilen 229 çilek numunesinden 27'sinde (%11.8) en az bir pestisit etken maddesi, yasal sınır olan maksimum kalıntı limiti değerini aşmıştır. Toplamda 32 değer MRL'i aştığı tespit edilmiştir. Bu durum, bazı numunelerde birden fazla pestisit eş zamanlı olarak MRL sınırını aştığını göstermektedir. MRL aşım oranları büyük ölçüde belirli aktif maddelerde yoğunlaşmış olup, özellikle bifenazate ve etoxazole maddeleri tespit edildikleri tüm örneklerde MRL'yi aşmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Farklı pestisitler için tespit edilen örnek sayıları ve MRL'yi aşan örnek sayılarının dağılımı

Çalışmamızda belirlenen MRL aşımı oranı, Türkiye'de ve uluslararası düzeyde yürütülen bazı diğer çalışmalara kıyasla daha yüksek düzeydedir. Örneğin Kazar Soydan ve ark. (2021) tarafından Ege Bölgesi'nde yürütülen üç yıllık izleme çalışmasında, 2021 yılında 63 örnekten yalnızca 2'sinde (%3.2), 2022 yılında 131 örneğin 13'ünde (%9.9) ve 2023 yılında ise 51 örneğin yalnızca bir tanesinde (%2) MRL aşımı tespit edilmiştir. Aşım yapan pestisitler arasında en sık karşılaşılan etken madde imidacloprid olmuştur. Benzer şekilde Keklik ve ark. (2025) tarafından yapılan çalışmada 245 örneğin sadece %6.5'inde MRL sınırı aşılmıştır. Uluslararası literatürde Shao ve ark. (2021) tarafından Şanghay bölgesinde yürütülen çalışmada MRL aşım oranı %2.39 olarak, EFSA (2015), raporunda Avrupa genelinde %2.8 olarak ve Sójka ve ark. (2015) tarafından Polonya'da yapılan çalışmada ise %4.1 olarak rapor edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen %11.8'lik MRL aşım oranının görece yüksek olması özellikle bifenazate ve etoxazole gibi bazı pestisitlerin oldukça düşük MRL değerlerine (0.01 mg/kg) sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu tür maddeler çok düşük dozlarda uygulansalar dahi analizde kolaylıkla MRL sınırını aşabilmektedir.

Bu bağlamda üreticilere yönelik eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının artırılması, reçeteli pestisit uygulama sistemlerinin etkin biçimde denetlenmesi ve özellikle hasat öncesi bekleme sürelerine (PHI) sıkı şekilde uyulması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca MRL sınırına yakın değerlere sahip kalıntılar için periyodik izleme çalışmalarının sürdürülmesi ve pestisit kullanım sıklığını azaltmaya yönelik IPM uygulamalarının yaygınlaştırılması önerilmektedir.

4.3. En Sık Tespit Edilen Etken Maddeler

Bu çalışmada analiz edilen 229 çilek örneğinde toplam 16 farklı pestisit kalıntısı tespit edilmiştir. Bunlar arasında en sık karşılaşılan etken maddeler boscalid, fluopyram, azoxystrobin, acetamiprid, bifenazate, pyridaben, etoxazole ve spiromesifen olmuştur (Şekil 4.2). Özellikle boscalid ve fluopyram gibi geniş spektrumlu fungusitlerin yaygınlığı, üreticilerin fungal hastalıklara karşı koruma sağlamak amacıyla sistemik fungusit kullanımını tercih ettiğini göstermektedir. Zararlılara karşı sistemik yapısı dolayısıyla acetamiprid ve yaprak yüzeyinde kalıcılığı ve etkisinin uzun sürmesi nedeniyle zararlı popülasyonlarının kontrolünde pyridaben'in yaygın olarak tercih edildiği görülmektedir. Türkiye'de yapılan diğer çalışmalarda da çilek örneklerinde benzer pestisit kalıntı profilleri rapor edilmiştir. Örneğin Kazar Soydan ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada elde edilen verilerle, boscalid (%49), bifenazate (%41.2), pyrimethanil (%39.2), spiromesifen (%35.3), pyraclostrobin (%33.3) ve fluopyram (%31.4) etken maddelerinin yüksek oranda tespit edildiğini göstermektedir. Bu durum üreticilerin özellikle funguslara ve akar türlerine karşı etkili olan modern pestisitleri tercih ettiğini akla getirmektedir. Keklik ve ark. (2025) tarafından Aydın ilinde gerçekleştirilen üç yıllık izleme çalışmasında da benzer bir kalıntı dağılımı gözlenmiş; en sık karşılaşılan dört pestisit olarak pyrimethanil (%30.2), boscalid (%27.4), fluopyram (%17.1) ve bifenazate (%15.1) bildirilmiştir. Türkiye'de çilek üretiminde yaygın olarak tespit edilen pestisitler, dünya genelinde yapılan çalışmalarla da büyük ölçüde örtüşmektedir. Örneğin Li ve ark. (2022) tarafından Çin'in Pekin bölgesinde yapılan bir çalışmada 245 çilek

örneğinde en sık rastlanan pestisitler carbendazim (%8.2), pyrimethanil (%8.2) ve azoxystrobin (%6.9) olmuştur. Benzer şekilde Chu ve ark. (2020) tarafından Anhui bölgesinde yapılan çalışmada, 440 örneğin 130'unda birden fazla kalıntı saptanmış; en yaygın olanlar procymidone (%18.2), pyrimethanil (%15.2), acetamiprid (%14.8) ve carbendazim (%12.3) olarak bildirilmiştir. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi'nin raporunda ise boscalid, cyprodinil ve fludioxonil en sık karşılaşılan pestisitler arasındadır (EFSA, 2015). Bu veriler birlikte değerlendirildiğinde, pyrimethanil, boscalid, fluopyram, carbendazim, acetamiprid ve azoxystrobin gibi etken maddelerin hem Türkiye'de hem de uluslararası düzeyde çilek üretiminde yaygın olarak kullanıldığı ve kalıntı analizlerinde sıkça tespit edildiği görülmektedir. Ayrıca bifenazate ve etoxazole gibi bazı maddelerin düşük maksimum kalıntı limitlerine sahip olması, bu bileşenleri kalıntı açısından daha dikkatli izlenmesi gereken riskli gruba dahil etmektedir. Çalışmamızda tespit edilen pestisit kalıntı profili genel olarak hem Türkiye'de hem de farklı ülkelerde yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Ancak bazı etken maddelerin görülme sıklığında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Bu farklılıklar yalnızca analiz sonuçlarıyla açıklanamaz. Üretim alanına özgü tarımsal uygulamalar, iklimsel koşullar, zararlı türlerinin bölgesel dağılımı ve üreticilerin ilaçlama alışkanlıkları da bu sonuçlar üzerinde belirleyicidir. Örneğin belirli bir bölgede yoğun görülen bir fungal hastalık, üreticileri aynı etken maddeyi içeren fungusitleri düzenli kullanmaya yönlendirebilirken; başka bir bölgede aynı maddeye hiç ihtiyaç duyulmayabilir. Dolayısıyla pestisit kalıntılarının izlenmesinde yalnızca kimyasal analizlere odaklanmak yeterli değildir. Kalıntı riskini doğru değerlendirebilmek için üretim sahasının ekolojik özellikleri, üretici davranışları ve tarımsal girdilere erişim koşulları gibi çok sayıda değişkenin birlikte ele alınması gerekmektedir. Bu yaklaşım hem halk sağlığı açısından güvenilir ürün arzını destekler hem de pestisit kullanımının daha kontrollü ve bilinçli bir şekilde yönetilmesine katkı sağlar.

4.4. Sağlık Risk Değerlendirmesi

Bu çalışmada çilek örneklerinde belirlenen pestisit kalıntılarının insan sağlığı üzerindeki etkileri yalnızca tespitle sınırlı kalmayıp, maruziyet temelli bir risk değerlendirme yaklaşımıyla detaylandırılmıştır. Özellikle gıda güvenliği açısından önem taşıyan bu değerlendirme, toplumun farklı yaş gruplarının pestisit kalıntılarına ne düzeyde maruz

kaldığını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda hem yetişkin bireyler hem de pestisitlere karşı daha duyarlı bir grup olan 3-10 yaş arası çocuklar için ayrı ayrı tahmini maruziyet değerleri hesaplanmıştır. Kronik (uzun süreli) etkiler için Uluslararası Tahmini Günlük Alım (IEDI) ve Kronik Tehlike Katsayısı (HQc) dikkate alınırken; akut (kısa süreli ve yüksek doz) etkiler için Uluslararası Tahmini Kısa Süreli Alım (IESTI) ve Akut Tehlike Katsayısı (HQa) kullanılmıştır. Çalışmamızda yapılan kronik maruziyet hesaplamaları, çilek örneklerinde tespit edilen pestisit kalıntılarının uzun dönemli tüketimde insan sağlığı açısından ciddi bir tehdit oluşturmadığını açıkça ortaya koymaktadır. Hesaplanan HQc değerlerinin tüm pestisitler için 1'in oldukça altında kalması, sistemik bir toksik etki riskinin mevcut koşullarda düşük olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Çilekte pestisit kalıntılarının akut ve kronik risk değerlendirmesi

Pesticide	Kronik risk değerlendirme					Akut risk değerlendirme				
	ADI (mg/kg bw)	EDI (mg/kg bw)		HQc		ARfD* (mg/kg bw)	ESI (mg/kg bw)		HQa	
		Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk		Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk
Acetamiprid	0.025	1.65E-06	2.00E-06	6.58E-03	8.01E-03	0.025	1.53E-03	1.86E-03	6.12E-02	7.45E-02
Azoxystrobin	0.200	2.07E-06	2.52E-06	1.03E-03	1.26E-03	/	2.98E-04	3.63E-04	/	/
Bifenazate	0.010	2.77E-06	3.37E-06	2.77E-02	3.37E-02	0.100	3.45E-03	4.20E-03	3.45E-02	4.20E-02
Boscalid	0.040	6.81E-06	8.29E-06	1.70E-02	2.07E-02	/	4.87E-03	5.93E-03	/	/
Carbendazim	0.020	1.11E-06	1.35E-06	5.55E-03	6.76E-03	0.020	2.71E-04	3.29E-04	1.35E-02	1.65E-02
Cyflumetofen	0.170	2.95E-06	3.59E-06	1.73E-03	2.11E-03	/	1.59E-03	1.93E-03	/	/
Etoxazole	0.040	1.81E-06	2.20E-06	4.52E-03	5.51E-03	/	6.90E-04	8.40E-04	/	/
Fluopyram	0.012	3.07E-06	3.74E-06	2.56E-02	3.12E-02	0.500	1.85E-03	2.25E-03	3.69E-03	4.50E-03
Hexythiazox	0.030	2.20E-06	2.68E-06	7.33E-03	8.92E-03	/	7.56E-04	9.20E-04	/	/
Pyraclostrobin	0.030	2.04E-06	2.48E-06	6.79E-03	8.26E-03	0.030	7.56E-04	9.20E-04	2.52E-02	3.07E-02
Pyridaben	0.010	1.60E-06	1.95E-06	1.60E-02	1.95E-02	0.050	4.57E-04	5.56E-04	9.14E-03	1.11E-02
Pyrimethanil	0.170	4.41E-06	5.37E-06	2.60E-03	3.16E-03	1.000	4.45E-03	5.42E-03	4.45E-03	5.42E-03
Spinetoram	0.025	9.62E-07	1.17E-06	3.85E-03	4.68E-03	0.100	7.46E-04	9.08E-04	7.46E-03	9.08E-03
Spiromesifen	0.030	3.00E-06	3.65E-06	1.00E-02	1.22E-02	2.000	3.63E-03	4.42E-03	1.81E-03	2.21E-03
Tebufofenpyrad	0.010	1.82E-06	2.21E-06	1.82E-02	2.21E-02	0.020	1.45E-03	1.76E-03	7.23E-02	8.80E-02
Terbufos	0.001	1.84E-06	2.24E-06	3.07E-01	3.74E-01	0.002	2.90E-03	3.53E-03	1.45E+00	1.77E+00

* “/” ARfD'nin mevcut olmadığını ifade eder

Özellikle yetişkinler için en yüksek HQc değerinin fluopyram'da 0.081; çocuklar için ise etoxazole'da 0.302 olarak hesaplanması, duyarlılığı daha yüksek yaş gruplarında dahi güvenlik marjının korunduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, pestisit kalıntılarının yalnızca mevzuata uygun sınırlar içinde kalmadığını, aynı zamanda halk sağlığı açısından

da gerçekçi tüketim senaryolarına göre düşük risk taşıdığını göstermesi bakımından önemlidir. Akut maruziyet değerlendirmesi, yalnızca akut referans dozu (ARfD) tanımlanmış pestisitler için yürütülmüş ve özellikle çocuklar açısından dikkat çekici bulgular ortaya koymuştur. Çocuklara yönelik hesaplanan Akut Tehlike Katsayısı) değerlerinin bazı pestisitler için sınır değerlere yaklaşması, bu yaş grubunun maruz kalma düzeyinin daha hassas şekilde izlenmesi gerektiğini göstermektedir. Nitekim fluopyram için hesaplanan 0.948 ve pyridaben için 0.842 HQa değeri, özellikle kısa sürede yüksek miktarda tüketim senaryolarında bu pestisitlerin akut toksik etki potansiyelinin göz ardı edilemeyecek seviyelere ulaşabildiğini ortaya koymuştur. Buna karşın yetişkinler için tüm pestisitlerde HQa değerleri güvenlik sınırlarının oldukça altında kalmış; en yüksek değer fluopyram için 0.311 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular genel tüketim koşullarında akut toksik riskin düşük olduğunu gösterse de özellikle çocuk tüketici grubunun korunmasına yönelik daha hassas kalıntı yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Riskin varlığı kadar bu riskin hangi gruplar için anlamlı hale gelebileceğini tespit etmek de gıda güvenliği açısından kritik önem taşımaktadır. Elde edilen bulgular yalnızca bu çalışmanın özgünlüğünü değil benzer araştırmalarla olan tutarlılığını da ortaya koymaktadır. Örneğin Keklik ve ark. (2025) tarafından Aydın ilinde yürütülen üç yıllık izleme çalışmasında, çilek örneklerinde 32 farklı pestisit kalıntısı tespit edilmiş; çocuklar için hesaplanan kümülatif kronik maruziyet değeri 0.0002 mg/kg/gün (HI = %0.97) olarak bildirilmiştir. Bu değer, risk eşiği olan %100'ün oldukça altında kalmakta ve sağlık açısından bir tehdit oluşturmadığını göstermektedir. Yetişkin bireylerde ise bu değer 0.000065 mg/kg/gün ile daha da düşük bulunmuştur. Benzer şekilde Kazar Soydan ve ark. (2021) tarafından Ege Bölgesi'nde gerçekleştirilen geniş ölçekli izleme çalışmasında, çilek örneklerinde belirlenen pestisit kalıntılarına karşı hesaplanan HQ değerlerinin <0.01 düzeyinde kaldığı, dolayısıyla çilek tüketiminin halk sağlığı açısından güvenli olduğu sonucuna varılmıştır. Tüm bu veriler bir arada değerlendirildiğinde, çalışmamızın sonuçlarının yalnızca yerel değil, aynı zamanda ulusal ve uluslararası ölçekteki değerlendirmelerle paralellik gösterdiği ve mevcut kalıntı düzeylerinin genel olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu anlaşılmaktadır. Uluslararası düzeyde yürütülen araştırmalar da bu çalışmanın bulgularını desteklemekte, benzer pestisit kalıntı profilleri ve risk düzeylerini ortaya koymaktadır. Örneğin Li ve ark. (2022) tarafından Çin'in Pekin bölgesinde gerçekleştirilen çalışmada, çileklerde tespit

edilen pestisitlerin çocuklarda %3.62, yetişkinlerde ise %0.91 oranında sağlık riski oluşturduğu gözlemlenmiş, ancak tüm HQ değerlerinin 1'in altında kalması nedeniyle halk sağlığı açısından ciddi bir risk oluşturmadığı vurgulanmıştır. Benzer şekilde Shao ve ark. (2021) tarafından Şanghay bölgesinde analiz edilen 335 çilek örneğinde 51 farklı pestisit saptanmış, ancak günlük alım düzeylerinin tüm etken maddeler için ADI (Kabul Edilebilir Günlük Alım) sınırlarının altında kaldığı rapor edilmiştir. Ayrıca El-Sheikh ve ark. (2023) tarafından Mısır'da yürütülen çalışmada hem işlenmiş hem de taze çilek örneklerinde hesaplanan HQc ve HQa değerlerinin tamamının %100'ün altında kaldığı, dolayısıyla pestisit kalıntılarının insan sağlığı açısından anlamlı bir risk teşkil etmediği belirtilmiştir. Liu ve ark. (2019), ise PHI (Hasat Öncesi Bekleme Süresi) 3 gün olan çilek örneklerinde özellikle tetraconazole ve bifenazate gibi aktif maddeler için tüketici sağlığını tehdit edecek düzeyde kalıntıya rastlamamışlardır. Genel olarak değerlendirildiğinde bu çalışmada analiz edilen çilek örneklerinde tespit edilen pestisit kalıntılarının hem kronik hem de akut sağlık riski açısından genel kabul görmüş güvenlik sınırlarının içinde kaldığı görülmektedir. Bununla birlikte fluopyram ve pyridaben gibi bazı pestisitlerin özellikle çocuklarda akut maruziyet katsayısına (HQa) oldukça yakın değerler göstermesi, pestisit uygulamalarında doz, sıklık ve hasat öncesi bekleme süresi gibi uygulama parametrelerinin daha dikkatli şekilde izlenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu bağlamda pestisit kalıntı analizlerinin yalnızca sınır aşımını değil, duyarlı tüketici gruplarının özel risklerini de dikkate alan bütüncül bir yaklaşımla yürütülmesi, gıda güvenliği ve halk sağlığının korunması açısından hayati önemdedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Mersin ilinden temin edilen çilek örneklerinde pestisit kalıntı düzeyleri belirlenmiş, ulusal ve uluslararası mevzuat çerçevesinde değerlendirilmiş ve insan sağlığı açısından oluşturabileceği olası riskler kronik ve akut maruziyet senaryoları üzerinden analiz edilmiştir. LC-MS/MS yöntemiyle yapılan analizlerde 229 çilek örneğinde 557 pestisit etken maddesi taranmış, sadece 16 farklı pestisit tespit edilebilir düzeyde bulunmuştur. Numunelerin %22.7'inde en az bir pestisit kalıntısı saptanırken, %11.8'inde ise MRL (Maksimum Kalıntı Limiti) sınırının aşıldığı belirlenmiştir.

Çoklu kalıntı oranı %18.3 olup numunelerin çoğunda en fazla iki farklı etken madde tespit edilmiştir. En sık rastlanan pestisitler arasında boscalid, fluopyram, azoxystrobin, acetamiprid ve bifenazate öne çıkmıştır. Bu maddelerin bazıları, düşük MRL değerleri nedeniyle, düşük dozlarda dahi limit aşımına neden olabilmektedir. MRL üstü değerlerin tespiti, tüketici sağlığı açısından potansiyel riskler taşıdığı gibi, gıda güvenliği, sürdürülebilir tarım yaklaşımları ve ihracat standartları açısından da ciddi sorunlara işaret etmektedir.

Sağlık riski değerlendirmesi sonucunda hem yetişkinler hem de çocuklar için HQc (kronik tehlike katsayısı) ve HQa (akut tehlike katsayısı) değerlerinin büyük çoğunlukla 1'in altında olduğu ve halk sağlığı açısından kabul edilebilir düzeyde kaldığı görülmüştür. Ancak özellikle fluopyram ve pyridaben gibi bazı etken maddelerde çocuklar için hesaplanan HQa değerlerinin 1'e yakın seviyelere ulaşması, duyarlı gruplarda pestisit maruziyetine karşı daha dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir.

Çalışma bulguları, Türkiye'de çilek üretiminde genel olarak kontrollü pestisit kullanımının hâkim olduğunu ortaya koymakla birlikte, bölgesel farklılıkların ve belirli aktif maddelerin kalıntı düzeylerinde zaman zaman risk oluşturabileceğini de göstermektedir. Bu bağlamda aşağıdaki öneriler sunulabilir:

1. Üreticilere yönelik çalışmalarla kimyasal mücadeleye alternatif Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) ve Biyoteknik Mücadele Yöntemlerine öncelik verilmesinin sağlanması son derece önemlidir.
2. Tarım il/ilçe müdürlükleri aracılığıyla kullanılan pestisitlerin takibi artırılmalı, çiftçi kayıt sistemine entegre edilecek sistemle kullanılan pestisitlerin denetimi ve

kayıt altına alınması sağlanmalıdır. Özellikle tavsiye dışı (off-label) kullanımın önüne geçilmesi amacıyla tarla bazlı takip sistemleri oluşturulmalıdır.

3. Özellikle taze tüketilen tarımsal ürünlerde, hasat öncesi denetimler sıklaştırılmalı, üreticilerin hasat öncesi bekleme süresine (PHI) mutlak surette uymaları sağlanmalı; pestisit kalıntı analizleri yaygınlaştırılmalı ve MRL üstü pestisitli ürünlerin piyasaya arzı engellenmelidir.
4. Üreticiler pestisitlerin uygun dozda, doğru zamanda ve hedef zararlıya karşı kullanımını konularında eğitilmeli ve farkındalık çalışmaları düzenlenmelidir.
5. Bölgesel bazda düzenli pestisit denetimleri yapılmalı, özellikle ihracata yönelik ürünler daha sıkı şekilde izlenmelidir.
6. Özellikle çocuklar ve bunun yanında yaşlılar gibi duyarlı tüketici grupları için ayrı maruziyet senaryoları temel alınarak risk analizleri yapılmalı ve mevzuat buna göre güncellenmelidir.
7. Gıda güvenliği politikaları, yalnızca iç piyasayı değil, uluslararası ticarete karşılaşılan pestisit kalıntı sorunlarını da kapsayacak şekilde genişletilmelidir.

Sonuç olarak bu çalışma, çileklerde pestisit kalıntılarının düzeyine ilişkin güncel ve bilimsel verilere dayanan bir değerlendirme sunmaktadır. Yalnızca kalıntı analizi temelli bir yaklaşımın yeterli olmadığı aşıkardır. Kalıntı riskinin minimize edilmesi için üretimden tüketime her aşamada çok paydaşlı, sürdürülebilir ve denetlenebilir bir gıda güvenliği sisteminin gerekliliği son derece önemlidir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, 2016. Bitkisel ve hayvansal orijinli gıda maddelerinde pestisit kalıntılarının resmi kontrolü için numune alma metotları talimatı. <https://www.tarimorman.gov.tr> (10.09.2025).
- Anonim, 2022. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr> (12.07.2024).
- Ay, R., Karaca, İ. ve Seçilmiş, H., 2003. Isparta ilindeki elma bahçelerinde yaygın kullanılan chlorpyrifos ve diazinon'un kalıntı düzeylerinin HPLC ile belirlenmesi. *Turkish Journal of Entomology*, 27(4), 293–304.
- Bakırcı, G. T., Acay, D. B. Y., Bakırcı, F., ve Ötleş, S., 2014. Pesticide residues in fruits and vegetables from the Aegean region, Turkey. *Food Chemistry*, 160(2014), 379–392.
- Bakırcı, G. T., Çınar, E. ve Karakaya, S., 2019. Manisa ilinden toplanan asma yapraklarında pestisit kalıntıları. *Akademik Gıda*, 17(1), 55–60.
- Balkan, T. ve Yılmaz, O., 2022. Method validation, residue and risk assessment of 260 pesticides in some leafy vegetables using liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 384(2022), 132516.
- Bayram, S. E., Özeker, E. ve Elmacı, Ö. L., 2013. Fonksiyonel gıdalar ve çilek. *Akademik Gıda*, 11(2), 131–137.
- Benlioğlu, S., Yıldız, A. ve Döken, T., 2004. Studies to determine the causal agents of soil-borne fungal diseases of strawberries in Aydın and control them by soil disinfestation. *Journal of Phytopathology*, 152, 509–513.
- Bolda, M. ve Koike, S., 2012. Rhizopus and Mucor fruit rots in strawberry. *Strawberries and Caneberries*. https://ipm.ucanr.edu/agriculture/strawberry/rhizopus-fruit-rot/?utm_source= (11.09.2025)
- Bost, S. ve Straw, R. A., 2015. Strawberry diseases in Tennessee (WO18). University of Tennessee Agricultural Extension Service.

https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=utk_agex_gard (04.08.2025).

- Chu, Y., Tong, Z., Dong, X., Sun, M., Gao, T., Duan, J. Ve Wang, M., 2020. Simultaneous determination of 98 pesticide residues in strawberries using UPLC-MS/MS and GC-MS/MS. *Microchemical Journal*, 156(2020), 104975.
- Delen, N. ve Durmuşoğlu, E., 2005. Türkiye’de pestisit kullanımı, kalıntı ve organizmalarda duyarlılık azalışı sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongre*, 629-648.
- Dinçay, O., İsfendiyaroğlu, G. ve Aydın, A., 2017. Farklı bağlardan toplanan yaş üzümle ile bunların iki farklı yöntemle gerçekleştirilen kurutma işlemleri sonrasındaki pestisit kalıntılarının tespit edilerek karşılaştırılması. *Türk Tarım -Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(9), 1031–1037.
- Dülger, H. ve Tiryaki, O., 2021. Investigation of pesticide residues in peach and nectarine sampled from Çanakkale, Turkey, and consumer dietary risk assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(9), 561.
- Durmuşoğlu, E., 2003. Market basket monitoring of some organophosphorus pesticides on apple and strawberry in Izmir Province, Turkey. *The Journal of Food Safety and Food Quality*, 54(1), 16-19.
- Durmuşoğlu, E. ve Çelik, C., 2001. Türkiye’de pestisit kalıntıları üzerinde yapılan çalışmalar. *Türk Entomoloji Dergisi*, 25(1), 65–80.
- Durmuşoğlu, E., Tiryaki, O. ve Canhilal, R., 2010. Türkiye’de pestisit kullanımı, kalıntı ve dayanıklılık sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği*, 7(2010), 11–15.
- EFSA, 2012. Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels and Units in the absence of actual measured data. *EFSA Journal*, 10(3), 2579.
- EFSA, 2015. The 2015 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*, 15(4), 4791.

- EFSA, 2021. The 2021 European Union report on pesticide residues in food. EFSA Journal, 21(4), 7939.
- El-Sheikh, E. S. A., Li, D., Hamed, I., Ashour, M.B. ve Hammock, B. D., 2023. Residue analysis and risk exposure assessment of multiple pesticides in tomato and strawberry and their products from markets. Foods, 12(10), 1936.
- Ellis, M. A. ve Erincik, O., 2008. Anthracnose of strawberry. The Ohio State University Extension. https://bpb-us-w2.wpmucdn.com/u.osu.edu/dist/b/28945/files/2016/03/HYG_3209_08_REV-1zexjx3.pdf (17.08.2025)
- EPA, 2018. Update for Chapter 9 of the Exposure Factors Handbook: Intake of fruits and vegetables (EPA/600/R-18/098F). https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-08/documents/efh_-_chapter_9_update.pdf (14.08.2025)
- EU-MRL, 2025. European Union Pesticide residues MRLs. Directorate General for Health & Consumers. EU-MRL Pesticides Database. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/mrls> (20.08.2025)
- European Commission, 2024. EU pesticide database: Active substances, safeners and synergists. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances> (20.08.2025)
- EWG, 2025. Environmental Working Group, Dirty Dozen. <https://www.ewg.org/foodnews/dirty-dozen.php> (15.09.2025)
- Ersoy, N., Tatlı, Ö., Özcan, S., Evcil, E., Coşkun, L. Ş., Erdoğan, E. ve Keskin, G., 2011. Determination of pesticide residues in grape and strawberry using LC-MS/MS and GC-MS. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(2), 70–80.
- FAO/WHO, 2018. Discussion paper on the review of the International Estimate of Short Term Intake (IESTI) equations. Codex Committee on Pesticide Residues, 50th Session, Haikou, China, 9–14 April 2018.
- FAOSTAT, 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Crops (QC). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (15.09.2025)

- Fernandes, V. C., Domingues, V. F., Mateus, N. ve Delerue Matos, C., 2011. Organochlorine pesticide residues in strawberries from integrated pest management and organic farming. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(2011), 7582–7591.
- Fraga, P. G., Berlitz, F. ve Bender, J. R., 2023. Pesticide residues in strawberries cultivated in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Ciência Rural*, 53(6), 20220153.
- Gebara, A. B., Ciscato, C. H. P., Monteiro, S. H. ve Souza, G. S., 2011. Pesticide residues in some commodities: Dietary risk for children. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 86(5), 506–510.
- Gilden, R., Friedmann, E., Sattler, B., Squibb, K. ve McPhaul, K., 2012. Potential health effects related to pesticide use on athletic fields. *Public Health Nursing*, 29(3), 198–207.
- Gül, H., 2017. Türkiye’de kullanılan zirai ilaçların sağlığa etkileri (Yüksek lisans tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı).
- Jardim, A. N. O. ve Caldas, E. D., 2012. Brazilian monitoring programs for pesticide residues in food Results from 2001 to 2010. *Food Control*, 25(2), 607–616.
- Jardim, A. N. O. ve Caldas, E. D., 2024. Pesticide residues in food of plant origin commercialized in Brazil from 2010 to 2020 An update from the two national monitoring programs. *Food Control*, 165(2024), 110674.
- Kaya, T. ve Tuna, A. L., 2019. Investigation of pesticide residue levels in fruit and vegetables collected from three farmers markets in İzmir province. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(1), 32–38.
- Kazar Soydan, D., Turgut, N., Yalçın, M., Turgut, C. ve Kurt Karakuş, P. B., 2021. Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from the Aegean region of Turkey and assessment of risk to consumers. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(22), 27511–27519.

- Keklik, M., Odabaş, E., Gölge, O. ve Kabak, B., 2025. Pesticide residue levels in strawberries and human health risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 137(2025), 106943.
- Lehotay, S. J., Maštovská, K. ve Lightfield, A. R., 2005. Use of buffering and other means to improve results of problematic pesticides in a fast and easy method for residue analysis of fruits and vegetables. *Journal of AOAC International*, 88(2), 615–629.
- Li, J., Chen, W., Deng, K., Liu, S., Li, B. ve Li, Y., 2022. Monitoring and dietary exposure assessment of pesticide residues in strawberry in Beijing, China. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 15(2), 98–105.
- Liu, S., Kou, H., Mu, B., Wang, J. ve Zhang, Z. (2019). Dietary risk evaluation of tetraconazole and bifenazate residues in fresh strawberry from protected fields in North China. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 106(2019), 1–6.
- Lopes, U. P., Alfenas, R. F., Zambolim, L., Crous, P. W., Costa, H. ve Pereira, O. L., 2018. A new species of *Calonectria* causing rot on ripe strawberry fruit in Brazil. *Australasian Plant Pathology*, 47(1), 1–11.
- Malhat, F., El-Mesallamy, A., Assy, M., Madian, W., Loutfy, M. N. ve Ahmed, M. T., 2015. Health hazard assessment of pyridaben residues in Egyptian strawberries. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(1), 241–249.
- Malhat, F., Saber, E. S., Shokr, S. A. S., ve Eissa, F. 2025. Pesticide Residues in Egyptian Strawberries Over a Four-Year Period: Occurrence, Adherence to Maximum Residue Limits, Co-occurrence, and Effects on Consumer Health. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107978.
- Musicco, M., Sant, M., Molinari, S., Filippini, G., Gatta, G. ve Berrino, F., 1988. A case control study of brain gliomas and occupational exposure to chemical carcinogens: The risk to farmers. *American Journal of Epidemiology*, 128(4), 778–785.
- Otaç, C. ve Güvener, A., 1959. Determination of hexachlorobenzene in the stored wheat. *Plant Protection Bulletin*, 1(2).

- Otaç, C., Turhan, K. ve Barkin, S., 1972. Marmara bölgesi Şeftalilerinde İmidan Bakiyeleri Tayini. Bitki Koruma Bülteni, 12(1), 45-28.
- Polat, B. ve Tiryaki, O., 2018. Investigation of pesticide residues in tomato growing open fields of Çanakkale province by QuEChERS method. COMU Journal of Agriculture Faculty, 6(1). 71-79.
- Rasolonjatova, M. A., 2015. Investigation of the efficacy of natural and chemical solutions on removing pesticide residues in tomatoes (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Technical University, Department of Bioengineering).
- Rupp, S., Plesken, C., Rumsey, S., Dowling, M., Schnabel, G., Weber, R. W. ve Hahn, M. 2017. *Botrytis fragariae*, a new species causing gray mold on strawberries, shows high frequencies of specific and efflux based fungicide resistance. Applied and Environmental Microbiology, 83(9), e0026917.
- Sancar, B. Ç., Akhan, M., Öztürk, M. ve Ergün, Ö., 2022. Pesticide residues in vegetables and fruits from İstanbul by LC-MS/MS. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3), 303–315.
- Santos, B., Barrau, C. ve Romero, F., 2003. Strawberry fungal diseases. Food, Agriculture & Environment, 1, 129–132.
- SANTE, 2021. SANTE/11312/2021: Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. 1–55. https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-02/pesticides_mrl_guidelines_wrkdoc_2021-11312.pdf (05.08.2025)
- Shao, W. C., Zang, Y. Y., Ma, H. Y., Ling, Y. E. ve Kai, Z. P., 2021. Concentrations and related health risk assessment of pesticides, phthalates, and heavy metals in strawberries from Shanghai, China. Journal of Food Protection, 84(12), 2116–2122.
- Song, N. E., Yoo, M. ve Nam, T. G. 2019. Multi-residue analysis of 203 pesticides in strawberries by liquid chromatography tandem mass spectrometry in combination with the QuEChERS method. CyTA-Journal of Food, 17(1), 976-987.

- Sójka, M., Miszczak, A., Sikorski, P., Zagibałło, K., Karlińska, E. ve Kosmala, M., 2015. Pesticide residue levels in strawberry processing by products that are rich in ellagitannins and an assessment of their dietary risk to consumers. *NFS Journal*, 1, 31–37.
- Stachniuk, A., Szmagara, A., Czczko, R. ve Fornal, E., 2017. LC-MS/MS determination of pesticide residues in fruits and vegetables. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 52(7), 446–457.
- Tatlı, Ö., 2006. Ege Bölgesine özgü bazı yaş meyve, sebze ve kurutulmuş gıda ürünlerinde pestisit kalıntı düzeylerinin tespiti (Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı)
- Thongprakaisang, S., Thiantanawat, A., Rangkadilok, N., Suriyo, T. ve Satayavivad, J., 2013. Glyphosate induces human breast cancer cell growth via estrogen receptors. *Food and Chemical Toxicology*, 59, 129–136.
- Tiryaki, O., 2016. Pesticide residue analyses and researches carried out in Turkey. *Erciyes University Journal of the Institute of Sciences and Technology*, 32(1), 72–82.
- TÜİK. (2025). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (04.09.2025)
- Wang, H., Ping, H., Liu, Q. ve Han, H., 2022. Determination of pesticide residues in strawberries by ultra-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Food Analytical Methods*, 15(2022), 85–95.
- Yan, Z., Nie, J., Cheng, Y., Han, L. ve Farooq, S., 2024. Method development, validation, and risk assessment of multiple pesticide residues of fruits in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(2024), 18826–18841.
- Yakar, Y., 2018. Çekirdeksiz sofralık üzümde pestisit kalıntılarının belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28(4), 444–447.
- Yazici, A., Tiryaki, G. Y. ve Ayvaz, H., 2020. Determination of pesticide residual levels in strawberry (*Fragaria*) by near-infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 1980–1989.
- Yılmaz, H., 2009. Çileklerde hastalıklar ve mücadele yöntemleri. *Tarım Gündem Dergisi*, 8, 42–49.

7.EKLER

Ek 1. Numunelerde aranan aktif maddelerin listesi

1	2,4 DB	280	Haloxyfop (Haloxyfop-R(P))
2	2,4 Dimethylaniline	281	Haloxyfop methyl
3	2,4,5 T	282	Haloxyfop-2-ethoxyethyl
4	2,4-D-5-Hydroxy	283	Haloxyfop-R-Methyl
5	2,4-DNOP-6-(1-Methyl Heptyl)	284	Heptenophos
6	2.4 D (2,4-PA)	285	Hexaconazole
7	2-Hydroxy-Propoxycarbazon	286	Hexaflumuron
8	4-CPA	287	Hexazinone
9	6-Benzyladenine(6-Benzylaminopurine)	288	Hexythiazox
10	8-hydroxyquinoline	289	Imazalil
11	Abamectin (Abamectin izomerleri)	290	Imazamox
12	Acephate	291	Imazamox-O-desmethyl
13	Acetamiprid	292	Imazapic
14	Acibenzolar-S-methyl	293	Imazapyr
15	Acifluorfen	294	Imazaquin
16	Afidopyropen	295	Imazethapyr
17	Alanycarb	296	Imibenconazole
18	Aldicarb	297	Imidacloprid
19	Aldicarb-sulfone (Aldoxycarb)	298	Indaziflam
20	Aldicarb-sulfoxide	299	Indolylbutyric acid
21	Alloxydim	300	Indoxacarb
22	Ametocradin	301	Iodosulfuron-methyl
23	Ametryn	302	Ioxynil
24	Amidosulfuron	303	Ipconazole
25	Amidosulfuron desmethyl	304	Iprobenfos
26	Aminocarb	305	Iprovalicarb
27	Aminopyralid	306	Isocarbofos
28	Amitraz	307	Isoprocarb
29	Anilofos	308	Isoprothiolane
30	Aramite	309	Isoproturon
31	Asulam	310	Isopyrazam
32	Atrazine	311	Isoxaben
33	Atrazine-2-Hydroxy	312	Isoxadifen ethyl
34	Atrazine-desethyl	313	Isoxaflutole
35	Atrazine-desisopropyl	314	Isoxaflutole, RPA 202248
36	Avermectin B1a	315	Isoxathion
37	Avermectin B1a, 8,9-Z~	316	Ivermectin
38	Avermectin B1b	317	Karbutilate
39	Azaconazole	318	Lenacil

40	Azadirachtin	319	Linuron
41	Azamethiphos	320	Lufenuron
42	Azimsulfuron	321	Malaoxon
43	Azinphos-methyl	322	Malathion
44	Aziprotryne	323	Mandipropamid
45	Azoxystrobin	324	Matrin
46	BAC C12	325	MCPA (MCP)
47	BAC C14	326	MCPA, 2-Ethylhexyl-
48	BAC C16	327	MCPA, Butotyl-
49	Beflubutamid	328	MCPB
50	Benalaxyl (Benalaxyl-M)	329	Mecarbam
51	Bendiocarb	330	Mecoprop(Mecoprop-p)
52	Benodanil-Benodil	331	Mefenacet
53	Benomyl	332	Mefentrifluconazole
54	Bensulfuron-methyl	333	Mepanipyrim
55	Bensulide	334	Mephosfolan
56	Bentazone	335	Mepiquat chloride
57	Bentazone, 6-Hydroxy	336	Mepronil
58	Bentazone, 8-Hydroxy	337	Meptyldinocap
59	Benthiavalicarb-isopropyl	338	Mesosulfuron-methyl
60	Benzobicyclon	339	Mesotrione
61	Benzoximate	340	Metaflumizone(E ve Z izomer)
62	Benzthiazuron	341	Metalaxyl (+ Metalaxyl-M)
63	Bicyclopyrone	342	Metamitron
64	Bifenazate	343	Metazachlor (479M04)
65	Bifenazate-diazene	344	Metazachlor (479M08)
66	Bispyribac	345	Metconazole
67	Bixafen (R)	346	Methabenzthiazuron
68	Boscalid	347	Methacrifos
69	Branopol	348	Methamidophos
70	Brodifacoum	349	Methiocarb
71	Bromacil	350	Methiocarb-sulfone
72	Bromadiolene	351	Methiocarb-sulfoxide
73	Bromobutide	352	Methomyl
74	Bromophos Ethyl	353	Methoprotryne
75	Bromophos Methyl	354	Methopyrene
76	Bromoxynil (Bromoxynil ve tuzlar)toplam	355	Methoxyfenozide
77	Bromuconazole	356	Metobromuron
78	Bupirimate	357	Metolachlor (+ Metolachlor-s)
79	Buprofezin	358	Metolcarb
80	Butachlor	359	Metosulam
81	Butafenacil	360	Metoxuron
82	Butocarboxim-sulfoxide	361	Metrafenone

83	Butocarboxym	362	Metribuzin
84	Butralin	363	Metsulfuron-methyl
85	Buturon	364	Mevinphos
86	Cadusafos	365	Milbemycin A3
87	Carbaryl (NAC)	366	Milbemycin A4
88	Carbendazim+(benomyl)	367	Milbemycin A4, 8,9Z-
89	Carbetamide	368	Monocrotophos
90	Carbofuran	369	Monolinuron
91	Carbofuran-3-hydroxy	370	Monuron
92	Carbofuran-3-keto	371	Myclobutanil(Myclobutanil Hidroksit)
93	Carboxin	372	N-(2,4-Dimethylphenyl)formamide
94	Carboxin sulfoxide	373	N-2,4Dimethylphenyl-N-Methyl formamide
95	Carpropamid	374	Napropamide (Napropamid-M)
96	Chlorantiripole	375	Neburon
97	Chlorbromuron	376	Nicarbazin
98	Chlorfluazuron	377	Nicosulfuron
99	Chloridazon	378	Nicotine
100	Chlormequat Chloride	379	Nitenpyram
101	Chlorotoluron	380	Nitralin
102	Chloroxuron	381	Norflurazon
103	Chlorsulfuron	382	Novaluron
104	Chlorthiamid	383	Nuarimol
105	Cinidon-ethyl	384	Ofurace
106	Cinosulfuron	385	Omethoate
107	Clethodim	386	Orthosulfamuron
108	Clethodim Sulfone	387	Oxadiazon
109	Clethodim Sulfoxide	388	Oxadixyl
110	Climbazole	389	Oxamyl
111	Clodinafop	390	Oxasulfuron
112	Clodinafop-propargyl	391	Oxycarboxin
113	Clofentezine	392	Oxydemeton methyl
114	Clomazone	393	Oxymatrin
115	Clopyralid	394	Paclobutrazol
116	Cloquintocet-mexyl-ester	395	Paraoxon Methyl
117	Clothianidin	396	Paraoxon-ethyl
118	Coumachlor	397	Penconazole
119	Coumaphos	398	Pencycuron
120	Cyanazine	399	Pencycuron-PB-Amine
121	Cyantraniliprole	400	Pendimethalin
122	Cyazofamid	401	Penflufen
123	Cyclanilide	402	Penoxsulam
124	Cyclosulfamuron	403	Pentachlorophenol

125	Cycloxydim	404	Penthiopyrad
126	Cycloxydim sulfone	405	Phenmedipham
127	Cyflufenamid (E+Z)	406	Phenthoate
128	Cyflumetofen	407	Phorate
129	Cymoxanil	408	Phorate-Oxon
130	Cyproconazole	409	Phorate-Oxonsulfone
131	Cyprodinil	410	Phorate-Oxonsulfoxide
132	Cyromazine	411	Phorate-sulfone
133	Dazomet	412	Phorate-sulfoxide
134	DDAC (Didecyltrimethylammonium chloride)	413	Phosalone
135	Deltamethrin	414	Phosmet
136	Demeton-S-methyl	415	Phosmet oxon
137	Demeton-S-methyl-sulfone	416	Phosphamidon(E+Z)
138	Desmedipham	417	Phoxim
139	Desmetyrn	418	Picloram
140	Diafenthiuron	419	Picolinafen
141	Dialifos	420	Picoxystrobin
142	Diallate	421	Pinoxaden
143	Dicamba	422	Piperonylbutoxide
144	Dichlofenthion	423	Piperophos
145	Dichlofluanid	424	Pirimicarb
146	Dichlorprop (Dichlorprop-p(2,4-DP))	425	Pirimicarb-Desmethyl Formamide
147	Dichlorvos	426	Polyoxin
148	Diclobutrazol	427	Primicarb-desmethyl
149	Diclofop (Diclofop-asit)	428	Primisulfuron-methyl
150	Dicrotophos	429	Prochloraz
151	Diethofencarb	430	Profoxydim
152	Difenoconazole	431	Prohexadione
153	Diiflubenzuron	432	Promecarb
154	Dimefox	433	Prometon
155	Dimefuron	434	Prometryn
156	Dimepiperate	435	Propachlor
157	Dimethachlor	436	Propamocarb Hydrochloride
158	Dimethenamid (Dimethenamid-P)	437	Propamocarb(Propamocarb Hydrochloride)
159	Dimethirimol	438	Propamocarb, N-Desmethyl-
160	Dimethoate	439	Propaquizafop
161	Dimethomorph	440	Propargite
162	Dimethylvinphos	441	Propazine
163	Dimetilan	442	Propetamphos
164	Dimoxystrobin	443	Propiconazole
165	Dinocap	444	Propoxur
166	Dinoseb	445	Propoxycarbazone

167	Dinoseb Acetat	446	Propyzamide
168	Dinoterb	447	Proquinazid
169	Dioxacarb	448	Prosulfocarb
170	Disulfifrom	449	Prosulfuron
171	Disulfoton	450	Prothiocanozole
172	Disulfoton-sulfone	451	Prothiophos
173	Disulfoton-sulfoxide	452	Pymetrozine
174	Ditalimfos	453	Pyraclostrobin
175	Dithianon	454	Pyraflufen
176	Dithiopyr	455	Pyraflufen-ethyl
177	Diuron (DCMU)	456	Pyridaben
178	DMST	457	Pyridafol
179	DNOC	458	Pyridalyl
180	Dodemorph	459	Pyridaphenthion
181	Dodine	460	Pyridate
182	Drazoxolon -	461	Pyrifeno
183	Edifenphos	462	Pyrimidifen
184	Emamectin Benzoat B1A (Emamectin cinsinden)	463	Pyriofenone
185	Emamectin Benzoat B1B	464	Pyriproxyfen
186	EPN	465	Pyroquilon
187	Epoxiconazole	466	Pyroxasulfone
188	Esprocarb	467	Pyroxsulam
189	Ethafumasate-2-keto (Ethafumasate Lactone)	468	Quinclorac
190	Ethafumesate	469	Quinmerac
191	Ethiofencarb	470	Quinoclamine
192	Ethiofencarb-sulfone	471	Quizalofop(Quizalofop-P)
193	Ethiofencarb-sulfoxide	472	Quizalofop-P-Ethyl
194	Ethion	473	Quizalofop-P-Tefuryl
195	Ethiprole	474	Rimsulfuron
196	Ethirimol	475	Rotenone
197	Ethoxyquin	476	Saflufenacil
198	Ethoxysulfuron	477	Sedaxane (izomerler toplami)
199	Etofenprox	478	Sethoxydim
200	Etiozazole	479	Simazine
201	Famoxadone	480	S-Metolaklor Oksalamik asit
202	Famphur	481	S-Metolaklor Sülfonik asit
203	Fenamidone	482	Sodium o-nitrophenolate
204	Fenamiphos-sulfone	483	Sodium p-nitrophenolate
205	Fenamiphos-sulfoxide	484	Spinetoram (izomerler toplami)
206	Fenarimol	485	Spinosyn A
207	Fenazaquin	486	Spinosyn D
208	Fenbuconazole	487	Spirodiclofen
209	Fenbutatin oxide	488	Spiromesifen

210	Fenclorazol-ethyl	489	Spirotetramat
211	Fenfuram	490	Spirotetramat enol
212	Fenhexamid	491	Spiroxamine
213	Fenoxanil	492	Sulfometuron methyl
214	Fenoxaprop(Fenoxaprop-P)	493	Sulfosulfuron
215	Fenoxaprop-ethyl (Fenoxaprop-P-ethyl)	494	Sulfotep
216	Fenoxycarb	495	Sulfoxaflo
217	Fenpiclonil	496	TCMTB
218	Fenpropathrin	497	Tebuconazole
219	Fenpropidin	498	Tebufenozide
220	Fenpropimorph	499	Tebufenpyrad
221	Fenpyrazamine (F)	500	Tebupirimfos
222	Fenpyroximate	501	Tebuthiuron
223	Fensulfothion	502	Teflubenzuron
224	Fenthion	503	Tembotrione
225	Fenthion-Oxon	504	Temephos
226	Fenthion-sulfone	505	Tepraloxymid
227	Fenthion-sulfoxide	506	Terbufos
228	Fenuron	507	Terbufos-sulfone
229	Fipronil	508	Terbufos-sulfoxide
230	Fipronil sulfone	509	Terbumeton
231	Flamprop-m-isopropyl	510	Terbutylazine
232	Flazasulfuron	511	Terbutylazine-desethyl
233	Flonicamid	512	Terbutylazine-2-Hydrox
234	Flonicamid TFNA	513	Tetraconazole
235	Flonicamid TFNG	514	Tetramethrin
236	Florasulam	515	Thiabendazole
237	Florpyrauxifen-benzyl	516	Thiacloprid
238	Fluazifop-P(Fluazifop)	517	Thiamethoxam
239	Fluazifop-p-Butyl (Fluazifop-Butyl)	518	Thidiazuron
240	Fluazinam	519	Thiencarbazone-methyl
241	Flubendiamide	520	Thifensulfuron-methyl
242	Flucarbazone sodium	521	Thiobencarb
243	Flucycloxuron	522	Thiodicarb
244	Fludioxonil	523	Thiofanox-sulfone
245	Flufenacet	524	Thiofanox-sulfoxide
246	Flufenacet Alcohol	525	Thiophanate-methyl
247	Flufenacet Thioglycolate Sulfoxide	526	Tolfenpyrad
248	Flufenacet-Sulfonic Acid	527	Tralkoxydim
249	Flufenoxuron	528	Triadimefon
250	Flufenzin (diflovidazin)	529	Triadimenol
251	Fluometuron	530	Tri-allate
252	Fluopicolide	531	Triasulfuron

253	Fluopyram	532	Triazamate
254	Fluoxastrobin	533	Tribenuron methyl
255	Fluquinconazole	534	Trichlorfon
256	Fluridone	535	Triclopyr
257	Fluroxypyr	536	Tricyclazole
258	Fluroxypyr-1-methylheptylester	537	Tridemorph
259	Flurpyradifurone	538	Trifloxystrobin
260	Flurtamone	539	Trifloxysulfuron
261	Fluthiacet	540	Triflumizole
262	Fluthiacet-methyl	541	Triflumizole FA 1,1
263	Flutolanil	542	Triflumizole, FM-6-1
264	Flutriafol	543	Triflumuron
265	Fluvalinate (Fluvalinate TAU)	544	Triflusulfuron Metabolite IN-M7222
266	Fluxapyroxad	545	Triflusulfuron-methyl
267	Fomesafen	546	Triforine
268	Fonofos	547	Trinexapac
269	Foramsulfuron	548	Trinexapac-Ethyl
270	Forchlorfenuron	549	Trinexapac-methyl
271	Formetanate(Formetanete Hydrochloride)	550	Triphenyl phosphate (TPP)
272	Fosthiazate	551	Triticonazole
273	Fuberidazole	552	Tritosulfuron
274	Furathiocarb	553	Valifenalate
275	Furmecyclox	554	Vamidothion
276	Halauxifen	555	Vernolate
277	Halauxifen-Methyl	556	Warfarin
278	Halofenozide	557	Zoxamide
279	Halosulfuron-methyl		

Ek 2. Çiçeklerde tespit edilen pestisitler ve kalıntı miktarları

Boscald	Fluopyram	Azoxystrobin	Cyflumetofen	Etoxyzole	Tebufofen	Pyridaben	Terbufos	Bifenazate	Pyraclostrobin	Spinotram	Hexythiazox	Carbendazim	Pyrimethanil	Acetamiprid	Spiromesifen
0.023															
	0.012														
0.1		0.02													
		0.005	0.064	0.049											
0.287			0.170						0.034				0.111	0.164	
0.113	0.039		0.012		0.1	0.049								0.048	
0.131	0.043		0.016		0.155									0.041	
0.157	0.054			0.013				0.083	0.018				0.083		
	0.162												0.353		
0.522	0.117		0.021	0.024				0.021	0.01		0.033		0.251		
	0.102							0.021					0.163		
0.113	0.039														
0.287	0.043		0.170						0.034				0.111	0.164	
0.089				0.044											
										0.017					
0.085							0.311	0.026	0.013	0.010					
							0.162	0.062	0.081	0.080					
	0.070			0.024				0.065							
		0.032													
		0.024													
								0.017							
								0.016							
								0.270			0.081				
	0.067			0.013											
0.396									0.033						
0.058									0.026						
0.006								0.035							
0.007								0.033							
0.006								0.04				0.011			
0.008								0.36							
0.007								0.032				0.029			
0.006								0.044							
0.009								0.039							
0.006								0.038							
0.008								0.042				0.021			
								0.04							
								0.030				0.026			
0.108	0.102								0.023						0.235

0.128								0.370							0.389
								0.120							0.240
0.177	0.063														
				0.74									0.477		
0.223			0.056												
0.312	0.018		0.021												
			0.089	0.056											
0.121			0.077												
0.071														0.047	
0.221	0.017							0.022							
0.111	0.043														
													0.276		
0.023															
0.265	0.198														