



Avrupa Birliđi tarafından
ortak finanse edilmektedir

"Erasmus+ / Avrupa Dayanışma Programı kapsamında Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmektedir. Burada yer alan içerik yazarın görüşlerini yansıtmaktadır ve bu görüşlerden Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı sorumlu tutulamaz."

Tüketicilerin Evsel Pestisit Azaltma Yöntemleri Konusunda Bilinçlendirilmesi



“Çevresel Sürdürülebilirlik için Pestisit Kullanımını Azaltma ve Alternatif Mücadele Yöntemleri Konusunda Çiftçilerin Bilinçlendirilmesi; Tüketici için Güvenli Gıda”

[SafeFoodTR]

2025-1-TR01-KA220-VET-000349539

2026





Avrupa Birliđi tarafından
ortak finanse edilmektedir

"Erasmus+ / Avrupa Dayanışma Programı kapsamında Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmektedir. Burada yer alan içerik yazarın görüşlerini yansıtmaktadır ve bu görüşlerden Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı sorumlu tutulamaz."

Tüketicilerin Evsel Pestisit Azaltma Yöntemleri Konusunda Bilinçlendirilmesi



“Çevresel Sürdürülebilirlik için Pestisit Kullanımını Azaltma ve Alternatif Mücadele Yöntemleri Konusunda Çiftçilerin Bilinçlendirilmesi; Tüketici için Güvenli Gıda”

[SafeFoodTR]

2025-1-TR01-KA220-VET-000349539

Proje Koordinatörü: Gaziantep Üniversitesi (Gaziantep, Türkiye)

Hazırlayanlar: Fahrettin Göğüş, Hatice Neval Özbek, Gaziantep Üniversitesi (Türkiye)

Şubat, 2026

İçindekiler

Sayfa numarası

1. Giriş.....	4
2. Tüketici Perspektifinden Pestisit Kalıntıları	5
2.1. Meyve ve Sebzelerde Pestisit Kalıntıları: Tüketicilerin Karşılaştığı Durum	6
2.2. Evde Yapılan İşlemlerin Önemi	7
3. Evde Kalıntı Giderimini Belirleyen Temel İlkeler	9
3.1. Kalıntı Giderim Etkinliğini Belirleyen Temel Faktörler	9
3.2. Evde Uygulanan Pestisit Giderim İşlemlerinin Etkinliği ve Sınırlılıkları	11
4. Evde Uygulanan Mekanik Yöntemler	13
4.1. Soyma ve Ayıklama Uygulamaları.....	13
4.2. Yıkama ve Durulama Uygulamaları.....	16
5. Bekletme ve Kimyasal Temelli Uygulamalar.....	18
5.1. Suda Bekletme	19
5.2. Evde Hazırlanan Çözeltilerin Kullanımı	20
5.3. Deterjanlar ve Ticari Meyve-Sebze Yıkama Ürünleri.....	23
5.4. Oksitleyici Maddeler	25
6. Evde Uygulanan Isıl İşlemler.....	27
6.1. Haşlama	28
6.2. Kaynatma ve Pişirme.....	29
7. Gıda Grubuna Özgü Rehber.....	31
7.1. Yapraklı Sebzeler	32
7.2. Yapraklı Olmayan Sebzeler ve Meyveler.....	34
7.3. Kök ve Yumru Sebzeler	36
8. Güvenlik, Sürdürülebilirlik ve Tüketici Farkındalığı	38
8.1. Evde Uygulanan İşlemler Sırasında Metabolit Oluşumu	39
8.2. Besin Kaybı ile Kalıntı Giderimi Arasındaki Denge.....	40
8.3. Çevre Dostu ve Güvenli Ev Uygulamaları	42
9. Sonuçlar ve Öneriler	43
10. Kaynaklar.....	44

1. Giriş

Modern tarımda pestisitlerin yaygın kullanımı, gıda üretiminin istikrarlı hâle gelmesine ve meyve ile sebzelerin yıl boyunca erişilebilir olmasına önemli katkılar sağlamıştır. Bununla birlikte, gıda ürünleri üzerindeki pestisit kalıntılarının varlığı, özellikle gıda güvenliği, çevresel sürdürülebilirlik ve uzun vadeli sağlık korunması açısından tüketiciler için giderek artan bir endişe kaynağı hâline gelmiştir. Düzenleyici çerçeveler ve maksimum kalıntı limitleri, üretim ve pazarlama aşamalarında gıda güvenliğini sağlamayı amaçlasa da, tüketiciler gıda zincirinin son halkasını oluşturmakta ve günlük evde uygulanan yöntemler yoluyla potansiyel maruziyetin azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Son yıllarda pestisit kalıntılarına yönelik artan medya ilgisi ve kamuoyu tartışmaları, tüketiciler arasında farkındalığın yükselmesine yol açmıştır. Ancak bu farkındalık çoğu zaman, evsel düzeyde nelerin başarılabilmesine ilişkin belirsizlikler, yanlış algılar ve gerçekçi olmayan beklentilerle birlikte ortaya çıkmaktadır. Birçok tüketici, uzun süreli yıkama, çeşitli çözeltilerde bekletme ya da ticari meyve-sebze yıkama ürünlerinin kullanımı gibi geleneksel veya doğaçlama uygulamalara yönelmekte; ancak bu uygulamaların gerçek etkinliği ve olası sınırlılıkları konusunda bilimsel dayanaklı ve açık bir rehberliğe sahip olmamaktadır. Bu durum, pestisit kalıntılarını azaltmayı amaçlayan evsel uygulamaların kimi zaman etkisiz, gereksiz yere karmaşık veya hatta ters etki yaratabilecek şekilde uygulanmasına neden olabilmektedir.

Bu dijital kitabı, söz konusu boşluğu gidermek amacıyla SafeFoodTR projesi kapsamında geliştirilmiştir ve tüketicilere evde pestisit kalıntısı giderim yöntemleri konusunda açık, pratik ve bilimsel temellere dayalı bir rehber sunmayı hedeflemektedir. İçerik, pestisitlere ilişkin genel bilgiler veya mevzuata odaklanmak yerine, özellikle ev ortamında bilinçli karar verme süreçlerini destekleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu kapsamda, günlük hayatta yaygın olarak tüketilen meyve ve sebzeler ile ev ortamında gerçekçi biçimde uygulanabilir hazırlama yöntemlerine ağırlık verilmiştir.

Bu dijital kitabın yapısı, evde uygulanan işlemlerin çeşitliliğini ve bu uygulamaların etkinliğini etkileyen faktörleri yansıtacak şekilde kurgulanmıştır. Soyma, ayıklama ve yıkama gibi mekanik işlemler; evde hazırlanan çözeltilerin kullanımı ve ısı işlem yöntemleri, sistematik ve tüketici odaklı bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Bununla birlikte, evde uygulanan yöntemlerin sınırlılıklarına da özellikle yer verilerek, gerçekçi beklentilerin ve güvenilir uygulamaların teşvik

edilmesi amaçlanmıştır. Farklı yöntemlerin hem avantajlarını hem de kısıtlarını ortaya koyarak, gereksiz endişe ya da yanıltıcı güven duygusu yaratmadan tüketicilerin güçlendirilmesi hedeflenmektedir.

Ayrıca bu dijital kitap, kimyasalların, suyun ve ticari yıkama ürünlerinin aşırı kullanımını da kapsayacak şekilde, evde yapılan uygulamaların çevresel etkilerini dikkate alan sürdürülebilirlik odaklı bir bakış açısını benimsemektedir. Güvenli gıda tüketimi, yalnızca kalıntıların azaltılmasıyla sınırlı bir konu olarak değil; çevreye duyarlı ve sağlığı gözetilen bir gıda işleme kültürünün parçası olarak ele alınmaktadır.

Sonuç olarak, bu dijital kitap; tüketici farkındalığını artırmayı, evde gerçekleştirilen gıda hazırlama uygulamalarını daha güvenli hâle getirmeyi ve ev ortamında pestisit kalıntılarının azaltılmasına yönelik dengeli ve bilimsel temelli bir anlayışın geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlayan pratik bir eğitim kaynağıdır. Yetişkin öğrenciler, hane halkları ve mesleki eğitim ortamları da dâhil olmak üzere geniş bir hedef kitleye yönelik olarak hazırlanmış olup, SafeFoodTR projesinin bilinçli ve sürdürülebilir tercihler yoluyla tüketiciler için güvenli gıdayı teşvik etme taahhüdünün ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır.

2. Tüketici Perspektifinden Pestisit Kalıntıları

Çoğu tüketici için meyve ve sebzeler, sağlıklı günlük beslenmenin vazgeçilmez bir parçasıdır. Bu ürünler genellikle pazarlardan, marketlerden ya da doğrudan yerel üreticilerden taze olarak satın alınmakta ve çoğu zaman çiğ olarak veya çok az işlemden geçirilerek tüketilmektedir. Ancak tüketiciler, meyve ve sebzeler eve ulaştığında üzerlerinde küçük miktarlarda pestisit kalıntılarının bulunabileceğinin her zaman farkında olmayabilmektedir. Bu kalıntılar, yetiştirme sürecinde uygulanan bitki koruma yöntemlerinden ya da hasat sonrası dönemde kaliteyi korumak ve bozulmayı önlemek amacıyla kullanılan uygulamalardan kaynaklanabilmektedir [1, 2].

Tüketici açısından pestisit kalıntıları, soyut ya da yalnızca teknik bir konu değil; günlük yaşamda karşılaşılan pratik bir endişe alanıdır. “Yıkamak yeterli mi?”, “Bu ürünü soymalı mıyım?” ya da “Bazı meyve ve sebzeler diğerlerine göre daha mı riskli?” gibi sorular sıkça gündeme gelmektedir. Medyada yer alan haberler ve sosyal tartışmalar farkındalığı artırmakla birlikte, çoğu zaman gerçek risk düzeyi ve evde yapılan basit uygulamaların etkinliği konusunda kafa karışıklığına, korkuya ya da yanlış anlamalara da yol açabilmektedir [3]. Bu durum,

tüketicilerin güvenilir bilgiye dayanmaktan ziyade varsayımlara dayalı alışkanlıklar geliştirmesine neden olabilmektedir.

Gıda güvenliğine ilişkin kontrollerin ve düzenlemelerin büyük ölçüde ürünler pazara ulaşmadan önce uygulandığını kabul etmek önemlidir; ancak gıda zincirinin son aşamasını tüketiciler oluşturmaktadır. Mutfakta yapılan işlemler—yıkama, soyma, bekletme veya pişirme—tüketim anında gıda üzerinde kalan pestisit kalıntı düzeylerini etkileyebilmektedir. Evde uygulanan işlemler tüm kalıntıları tamamen ortadan kaldıramasa da, doğru ve gerçekçi şekilde uygulandığında maruziyetin azaltılmasında anlamlı bir rol oynayabilmektedir [2, 3].

2.1. Meyve ve Sebzelerde Pestisit Kalıntıları: Tüketicilerin Karşılaştığı Durum

Tüketiciler açısından pestisit kalıntıları, en çok günlük tüketim için satın alınan taze meyve ve sebzelerle ilişkilendirilmektedir. Bu ürünler çoğu zaman çiğ olarak ya da çok az işlemden geçirilerek tüketildiği için, yüzeyde veya bitki dokuları içinde bulunan kalıntılar doğrudan tüketiciye ulaşabilmektedir. Gıda güvenliği mevzuatı kalıntı düzeylerini belirlenmiş maksimum limitlerin altında tutmayı hedeflese de, izleme çalışmaları piyasada bulunan birçok meyve ve sebze de düşük düzeylerde pestisit kalıntılarının tespit edilebildiğini göstermektedir [1, 2].

Tüketiciler pestisit kalıntılarıyla genellikle dolaylı bir şekilde karşılaşmaktadır. Kalıntılar gözle görülemez, koku ya da tat yoluyla fark edilemez ve yalnızca laboratuvar analizleriyle belirlenebilir. Bu nedenle tüketici algısı çoğu zaman doğrudan gözleme değil; medya haberleri, kamuoyundaki tartışmalar veya kişisel deneyimlere dayanmaktadır. Özellikle yapraklı sebzeler, taze otlar ve kabuğu ile tüketilen meyve ve sebzeler; geniş yüzey alanları ve soyulmadan tüketilmeleri nedeniyle kalıntı endişeleriyle daha sık ilişkilendirilmektedir [3, 4].

Ancak pestisit kalıntılarının varlığı, gıdanın mutlaka güvensiz olduğu anlamına gelmemektedir. Pestisitler iyi tarım uygulamalarına uygun şekilde kullanıldığında dahi hasat sırasında düşük düzeylerde kalıntı bırakabilmektedir. Kullanılan pestisit türü, uygulama ile hasat arasındaki süre, hava koşulları ve hasat sonrası işlemler gibi birçok faktör, ürün tüketiciye ulaştığında üzerinde kalan kalıntı miktarını etkileyebilmektedir [1]. Bu çok yönlü yapı kamuoyuna her zaman açık ve net biçimde aktarılmadığından, tespit edilen her kalıntının ciddi bir sağlık riski oluşturduğu yönünde yaygın bir algı ortaya çıkabilmektedir.

Tüketicilerin sıklıkla karşılaştığı bir diğer konu, farklı gıda grupları arasındaki farkların yeterince bilinmemesidir. Örneğin yapraklı sebzeler, yapıları nedeniyle kalıntıları daha kolay

tutabilirken; meyveler ve yapraklı olmayan sebzelerde kalıntılar çoğunlukla kabuk veya mumsu yüzey tabakalarında birikebilmektedir. Kök ve yumru bitkiler ise toprakla doğrudan temas nedeniyle farklı bir maruziyet yoluna sahiptir. Bu farklılıklar, evde uygulanan basit bir yöntemin (örneğin yalnızca yıkama) bazı ürünlerde etkili olurken bazılarında sınırlı kalmasının temel nedenlerinden biridir [3, 5].

Tüketici endişeleri çoğu zaman üretim sistemlerine ilişkin varsayımlarla da şekillenmektedir. Organik ürünlerin tamamen pestisit kalıntısı içermediği ya da yalnızca yıkamanın tüm kalıntıları ortadan kaldırdığı yönündeki yaygın inanışlar buna örnektir. Oysa bilimsel çalışmalar, organik ürünlerde de zaman zaman kalıntıların tespit edilebildiğini ve yıkamanın genellikle kalıntıların tamamen değil, kısmen azaltılmasını sağladığını göstermektedir [3, 6]. Bu tür yanlış kabuller, evde uygulanan günlük yöntemlere yönelik gerçekçi olmayan beklentilerin oluşmasına yol açmaktadır.

Sonuç olarak tüketicilerin karşılaştığı durum, yalnızca meyve ve sebzeler üzerindeki pestisit kalıntılarının varlığı değil; bu kalıntıların anlamı ve ev ortamında maruziyetin nasıl azaltılabileceği konusundaki belirsizliktir. Hangi ürünlerin kalıntı taşıma olasılığının daha yüksek olduğunu ve temel temizlik uygulamalarına rağmen kalıntıların neden tamamen ortadan kalkmayabileceğini anlamak, önemli bir ilk adımdır. Bu farkındalık, evde uygulanan yöntemlerin rolünün tartışılması ve tüketicilerin evde uygulayabileceği pratik ve bilinçli adımların belirlenmesi için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Bu konular, izleyen bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

2.2. Evde Yapılan İşlemlerin Önemi

Evde uygulanan işlemler, tüketicilerin pestisit kalıntılarına maruziyetini azaltmada önemli bir rol oynar; çünkü tüketimden önce gıda güvenliğini etkileme açısından son fırsatı temsil eder. Üretim ve dağıtım aşamalarında mevzuat, izleme programları ve iyi tarım uygulamaları devrede olsa da, meyve ve sebzelerin evde nasıl ele alındığına nihai olarak tüketiciler karar verir. Mutfakta yapılan basit işlemler—yıkama, soyma, bekletme veya pişirme—tüketim anında gıda üzerinde kalan pestisit kalıntı miktarını etkileyebilmektedir [1, 3].

Birçok tüketici için evde uygulanan işlemler, gıda hazırlığının zaten rutin bir parçasıdır. Meyve ve sebzeler genellikle temizlik, lezzet ya da pratiklik gerekçeleriyle yıkanır, ayıklanır veya pişirilir. Ancak bu uygulamalar her zaman pestisit kalıntılarının azaltılması amacıyla

yapılmamaktadır. Bu durum, bazı yöntemlerin (örneğin uzun süreli yıkama) etkisinin abartılmasına ya da diğer bazı yöntemlerin (örneğin soyma veya ısıl işlemler) sağlayabileceği katkının küçümsenmesine yol açabilmektedir. Evde uygulanan yöntemlerin neden önemli olduğunu anlamak, tüketicilerin bu uygulamaları daha etkili ve gerçekçi biçimde kullanmasına yardımcı olur [5].

Bilimsel çalışmalar, evsel işleminin; gıdanın türüne, kullanılan pestisit özelliklerine ve uygulanan yöntemle ilgili olarak kalıntıları farklı düzeylerde azaltabildiğini göstermektedir. Pek çok durumda kalıntılar meyve ve sebzelerin yüzeyinde yoğunlaşır ve bu da yıkama veya soyma gibi mekanik işlemlerle uzaklaştırılmalarını kolaylaştırır. Bazı durumlarda ise kalıntılar dış katmanların altına ya da bitki dokularının içine nüfuz edebilir; bu da basit temizlik uygulamalarının etkinliğini sınırlar [3]. Bu farklılıklar, tek bir yöntemin tüm gıdalar için aynı ölçüde etkili olmamasının temel nedenidir.

Evde uygulanan yöntemlerin sınırlılıklarını anlamak da en az etkinliğini bilmek kadar önemlidir. Evde uygulanan yöntemler pestisit kalıntılarını tamamen ortadan kaldırmak üzere tasarlanmamıştır ve uygun mevzuat ile güvenli tarımsal uygulamaların yerini tutmaz. Bu yöntemlerin temel katkısı, doğru ve yerinde uygulandığında toplam maruziyeti azaltmak ve potansiyel riski düşürmektir. Gerçekçi beklentilerin teşvik edilmesi, gereksiz endişelerin önlenmesi ve gıda kalitesini ya da çevreyi olumsuz etkileyebilecek aşırı veya hatalı uygulamaların önüne geçilmesi açısından önem taşır [2].

Evde uygulanan yöntemlerin önemini artıran bir diğer unsur ise erişilebilirliğidir. Gıda endüstrisinde kullanılan ileri teknolojilerin aksine, evsel yöntemler çoğu mutfakta kolayca bulunabilen araç ve malzemelere dayanır. Bu durum, özellikle kırsal alanlardaki haneler, kendi ürününü tüketen küçük ölçekli üreticiler ve işlenmiş gıdalara erişimi sınırlı bireyler için evde yapılan uygulamaları daha da anlamlı kılar. Basit ve etkili yöntemlere ilişkin açık rehberlik, ev düzeyinde daha güvenli gıda işleme uygulamalarına doğrudan katkı sağlayabilir [1].

Bu bağlamda evsel işleme, tam güvenlik garantisi olarak değil; pratik bir risk azaltma yaklaşımı olarak değerlendirilmelidir. Tüketiciler, bu yöntemlerin neleri başarabileceğini ve hangi noktalarda sınırlı kaldığını bildiklerinde, daha bilinçli tercihler yapabilirler. Bu kitabın izleyen bölümleri; belirli evsel uygulamalar ve gıda grupları üzerinden, tüketicilerin bu

yöntemleri güvenli, etkili ve sürdürülebilir bir şekilde uygulayabilmesine yönelik pratik ve bilimsel temelli rehberlik sunmaktadır.

3. Evde Kalıntı Giderimini Belirleyen Temel İlkeler

Birçok tüketici, yıkama, bekletme veya pişirme gibi evsel uygulamaların tüm meyve ve sebzelerde aynı sonucu vereceğini varsayarak benzer yöntemleri farklı ürünlere aynı şekilde uygular. Oysa evde uygulanan yöntemlerin pestisit kalıntılarını azaltmadaki etkinliği oldukça değişkendir. Bazı uygulamalar belirli gıdalar için etkili sonuçlar verirken, diğer durumlarda sınırlı bir etki göstermektedir. Bu farklılık, tüketicilerin hatalı davranışlarından değil; pestisit kalıntılarının farklı gıdalarla ve evsel işlemlerle etkileşim biçimlerinden kaynaklanmaktadır [3].

Ev ortamında kalıntı giderimini belirleyen temel ilkeleri anlamak, tüketicilerin mutfakta daha bilinçli ve gerçekçi kararlar almasına yardımcı olur. Kalıntının gıda üzerindeki konumu, meyve ve sebzelerin fiziksel yapısı ve uygulanan işlemin türü, elde edilen sonucun belirlenmesinde önemli rol oynar. Örneğin kalıntılar ağırlıklı olarak yüzeyde bulunuyorsa, yıkama veya soyma gibi yöntemlerle daha kolay uzaklaştırılabilir. Buna karşılık, bitki dokularının daha derin katmanlarına nüfuz etmiş kalıntılar, basit temizlik uygulamalarından daha az etkilenmektedir [5].

Ayrıca evsel işleminin, pestisit kalıntılarını tamamen ortadan kaldırmak için değil; maruziyeti azaltmak amacıyla tasarlandığını kabul etmek önemlidir. Bu nedenle evde uygulanan yöntemler, gıda güvenliği mevzuatının ve iyi tarım uygulamalarının yerine geçen çözümler olarak değil; bunları tamamlayan pratik risk azaltma araçları olarak değerlendirilmelidir. Tüketiciler, evde uygulanan yöntemlerin hem güçlü yönlerini hem de sınırlılıklarını anladıklarında, etkisiz uygulamalara bel bağlama ya da gıda kalitesini ve çevreyi olumsuz etkileyebilecek aşırı temizlik önlemlerine başvurma olasılıkları azalır [2].

3.1. Kalıntı Giderim Etkinliğini Etkileyen Temel Faktörler

Evsel uygulamaların pestisit kalıntılarını azaltmadaki etkinliği, tek bir işlemde ziyade birbiriyle etkileşim hâlinde olan birden fazla faktöre bağlıdır. Tüketiciler çoğu zaman, yıkama ya da bekletme gibi aynı yöntemi farklı meyve ve sebzelere uyguladıklarında benzer sonuçlar elde edeceklerini düşünür. Ancak bilimsel bulgular, kalıntı giderim sonuçlarının; gıdanın özelliklerine, kullanılan pestisit yapısına ve evsel işlemin nasıl uygulandığına bağlı olarak büyük farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır [3, 5].

Bu faktörler arasında en belirleyici olanlardan biri, pestisit kalıntılarının gıda üzerindeki konumudur. Kalıntılar ağırlıklı olarak meyve ve sebzelerin yüzeyinde bulunuyorsa, yıkama, durulama veya soyma gibi mekanik işlemlerle uzaklaştırılmaları genellikle daha kolaydır. Bu durum özellikle yapraklı sebzeler ile dış yüzeyi açık olan meyve ve yapraklı olmayan sebzeler için geçerlidir. Buna karşılık, dış katmanların altına ya da bitki dokularının içine nüfuz etmiş kalıntılar, yüzeye yönelik işlemlerden çok daha az etkilenmektedir. Bu nedenle yalnızca yıkama çoğu zaman kalıntıların ancak bir kısmının azaltılmasını sağlar [3, 4].

Kalıntının konumuyla yakından ilişkili bir diğer unsur, gıdanın fiziksel yapısıdır. Marul ve ıspanak gibi yapraklı sebzeler; geniş yüzey alanları, katmanlı yapıları ve kıvrımlı dokuları nedeniyle kalıntıları tutmaya daha elverişlidir. Elma, domates veya salatalık gibi yüzeyi düzgün ya da mumsu tabakaya sahip meyve ve sebzelerde ise kalıntılar çoğunlukla bu yüzey tabakalarında birikebilir; bu durum basit suyla yıkamanın etkinliğini sınırlayabilir. Kök ve yumru bitkiler toprakla doğrudan temas ettikleri için farklı bir maruziyet söz konusudur. Bu ürünlerde soyma etkili bir yöntem olabilse de, yalnızca yıkama pürüzlü veya gözenekli yüzeylere tutunmuş kalıntıları yeterince azaltamayabilir [5, 7].

Kalıntı giderim etkinliğini etkileyen bir diğer kritik faktör, pestisit niteliğidir. Pestisitler; suda çözünürlükleri, yağda çözünürlükleri ve bitki dokularına nüfuz etme kapasiteleri açısından büyük farklılıklar gösterir. Tüketici açısından bu durum, bazı kalıntıların nispeten kolay azaltılabilirken bazılarının daha dirençli olabileceği anlamına gelmektedir. Yüzeyde kalan ve suda daha kolay çözünebilen pestisitler genellikle yıkama veya kısa süreli bekletmeye daha iyi yanıt verir. Buna karşılık, yağda çözünürlüğü yüksek olan ya da sistemik özellik gösteren pestisitler bitki dokularına daha güçlü bağlanabilir veya yüzeyin altına geçebilir; bu da evde yapılan basit uygulamalarla uzaklaştırılmalarını zorlaştırır [3, 8].

Özellikle sistemik pestisitler, evsel kalıntı giderimi açısından ayrı bir zorluk oluşturmaktadır. Bitki tarafından emilerek dokulara dağılan bu maddeler yüzeyle sınırlı olmadığından, yıkama veya bekletme gibi yöntemlerin etkisi sınırlı kalmaktadır. Bu tür durumlarda soyma veya ısıl işlem daha yüksek düzeyde azalma sağlayabilse de, kalıntıların tamamen ortadan kaldırılması yine de beklenmemelidir. Çeşitli çalışmalar, bazı pestisitlerin bitki dokularına yerleştikten sonra yoğun işlemlerle dahi tam olarak giderilemediğini göstermektedir [4, 7]. Bu sınırlılığın

anlaşılması, tüketicilerde gerçekçi olmayan beklentilerin ve gereksiz endişelerin önlenmesi açısından önemlidir.

Uygulanan evsel yöntemin türü de kalıntı gideriminde belirleyicidir. Yıkama gibi mekanik yöntemler, esas olarak gevşek şekilde tutunmuş yüzey kalıntılarının fiziksel olarak uzaklaştırılmasına dayanır. Tuz, sirke veya karbonat gibi evde hazırlanan çözeltilerle yapılan bekletme işlemleri, belirli yüzey kalıntılarında ek bir azalma sağlayabilir; ancak bu etki yine kalıntının konumu ve pestisit özelliğiyle sınırlıdır. Haşlama veya pişirme gibi ısı işlemleri ise kalıntıların parçalanması ya da pişirme suyuna geçmesi yoluyla azalma sağlayabilir; ancak bu yöntemlerin etkinliği süre, sıcaklık ve pestisit ısıya dayanıklılığına bağlı olarak değişir [3, 5].

Son olarak, uygulanan işlemin süresi ve yoğunluğu da etkinliği etkileyen faktörler arasındadır. Daha uzun yıkama süreleri, tekrarlanan durulamalar veya uzatılmış bekletme işlemleri belirli bir noktaya kadar kalıntı azalmasını artırabilir. Ancak bilimsel bulgular, orta düzeyin ötesine geçen işlem yoğunluğunun çoğu zaman sınırlı ek fayda sağladığını; buna karşılık gıda kalitesini, besin içeriğini ve çevresel sürdürülebilirliği olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir [2, 5]. Bu durum, aşırı veya agresif uygulamalar yerine evde uygulanan dengeli ve bilinçli yöntemlerin önemini ortaya koymaktadır.

Tüm bu faktörler birlikte değerlendirildiğinde, tek bir evsel yöntemin her durumda etkili olmayacağı açıkça görülmektedir. Evde kalıntı giderimi; gıdanın özellikleri, pestisit davranışı ve uygulanan işlemin koşullarının birleşik etkisine bağlıdır. Bu temel faktörlerin anlaşılması, tüketicilerin evde gerçekleştirdikleri uygulamaları farklı gıdalara uyarlamasına ve ev ortamında pestisit kalıntılarının azaltılması konusunda gerçekçi beklentiler geliştirmesine yardımcı olur. Bu anlayış, bir sonraki bölümde ele alınacak olan evsel uygulamaların genel etkinliği ve sınırlılıklarının değerlendirilmesi için temel oluşturmaktadır.

3.2. Evde Uygulanan Pestisit Giderim İşlemlerinin Etkinliği ve Sınırlılıkları

Evde uygulanan pestisit giderim yöntemleri; basit, erişilebilir ve günlük gıda hazırlığının doğal bir parçası olmaları nedeniyle yaygın biçimde kullanılmaktadır. Meyve ve sebzelerin yıkanması, dış katmanlarının soyulması ya da temel pişirme yöntemlerinin uygulanması, çoğu zaman pestisit kalıntılarını uzaklaştırmanın etkili yolları olarak algılanmaktadır. Bilimsel çalışmalar, bu uygulamaların kalıntı düzeylerini azaltabildiğini genel olarak doğrulamakla

birlikte, sağlanan azalmanın birçok koşula bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir [9, 10].

Evde yapılan uygulamaların en önemli avantajlarından biri, meyve ve sebzelerin yüzeyinde bulunan kalıntıların azaltılmasında etkili olmalarıdır. Akan su altında yıkama, yüzeyin nazikçe ovulması ve dış katmanların soyulması; gevşek şekilde tutunmuş kalıntıların anlamlı bir bölümünün uzaklaştırılmasını sağlayabilir. Domates gibi yaygın olarak tüketilen ürünler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar, özellikle yüzeyde kalan ve sistemik olmayan pestisitler söz konusu olduğunda, yıkama ve pişirme işlemlerinin kalıntı düzeylerini belirgin biçimde düşürebildiğini ortaya koymuştur [7, 10]. Tüketici açısından bakıldığında, bu bulgular evde gerçekleştirilen temel uygulamaların maruziyeti azaltmada ilk adım olarak kullanılmasının yerinde olduğunu desteklemektedir.

Bununla birlikte, bu uygulamaların sınırlılıklarını da bilmek büyük önem taşır. Evsel yöntemler, tüm pestisit kalıntılarını tamamen ortadan kaldırmak üzere tasarlanmamıştır. Bitki dokularının içine nüfuz etmiş ya da mumsu ve yağlı yüzeylere güçlü biçimde bağlanmış kalıntılar, yıkama veya bekletme gibi işlemlerden çok daha az etkilenmektedir. Çalışmalar, birden fazla evsel uygulama birlikte kullanılsa dahi bazı pestisit kalıntılarının tam olarak giderilmesinin nadiren mümkün olduğunu göstermektedir [9, 10]. Bu durum özellikle sistemik pestisitler ve kabuğuyla tüketilen meyve ve sebzeler açısından önemlidir.

Bir diğer sınırlılık, evsel uygulamaların uygunsuz ya da aşırı kullanımıyla ortaya çıkmaktadır. Bazı tüketiciler daha uzun süre yıkama yapmak, güçlü evsel kimyasallar kullanmak ya da birden fazla yöntemi ardışık olarak uygulamak suretiyle daha güvenli gıda elde edileceğini düşünebilmektedir. Oysa mevcut kanıtlar, aşırı işlemenin çoğu zaman kalıntı gideriminde sınırlı ek fayda sağladığını; buna karşılık su tüketimini artırabildiğini, besin kayıplarına yol açabildiğini ve gıda kalitesini olumsuz etkileyebildiğini göstermektedir [10]. Ayrıca kimyasal temelli yıkama ürünlerinin gereksiz kullanımı, belirgin bir güvenlik avantajı sağlamadan yeni çevresel sorunlar da yaratabilmektedir.

Bu nedenle evde yapılan uygulamalar, kalıntısız gıda garantisi olarak değil; pratik risk azaltma araçları olarak değerlendirilmelidir. Doğru şekilde ve ölçülü olarak uygulandıklarında, beslenme yoluyla maruziyetin azaltılmasına anlamlı katkı sağlarlar. Avrupa dâhil farklı bölgelerden elde edilen izleme verileri, pazarda bulunan meyve ve sebzelerde düşük düzeylerde kalıntıların tespit

edilebildiğini ortaya koymakta; bu durum, tek bir çözüme güvenmek yerine bilinçli tüketici uygulamalarının önemini vurgulamaktadır [11, 12].

Özetle, evsel pestisit giderim uygulamaları yararlıdır; ancak etkileri doğası gereği sınırlıdır. En iyi sonuçlar, bu uygulamalar doğru, ölçülü ve gıdanın türü ile hazırlama yöntemine uygun biçimde kullanıldığında elde edilir. Bu güçlü ve zayıf yönlerin farkında olmak, tüketicilerin gerçekçi kararlar almasına yardımcı olur ve izleyen bölümlerde ele alınacak olan spesifik evsel tekniklerin daha iyi anlaşılması için gerekli zemini hazırlar.

4. Evde Uygulanan Mekanik Yöntemler

Mekanik uygulamalar, meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını azaltmak amacıyla en yaygın kullanılan yöntemler arasındadır. Bu uygulamalar; dış kısımların uzaklaştırılması ya da suyun hareketinden yararlanılması gibi basit fiziksel işlemlere dayanır ve günlük mutfak alışkanlıkları içinde kolaylıkla uygulanabilir. Özel ekipman ya da kimyasal ürün gerektirmemeleri nedeniyle, gıda güvenliğini ev ortamında artırmak isteyen tüketiciler için genellikle ilk tercih edilen yöntemlerdir [3].

Mekanik uygulamaların etkinliği, büyük ölçüde meyve ve sebzelerin yüzeyinde bulunan kalıntıları fiziksel olarak uzaklaştırabilme kapasitesine bağlıdır. Yıkama, durulama, soyma ve ayıklama gibi işlemler; gevşek şekilde tutunmuş yüzey kalıntılarının azaltılmasında etkili olabilir. Ancak bitki dokularının daha derin katmanlarına nüfuz etmiş kalıntılar söz konusu olduğunda bu yöntemlerin etkisi sınırlı kalmaktadır [10]. Bu bölümde, iki temel mekanik uygulama olan soyma ve ayıklama ile yıkama ve durulama ayrıntılı biçimde ele alınacaktır. Bu uygulamaların nasıl işlediği, hangi durumlarda daha etkili olduğu ve hangi noktalarda sınırlı kaldığı açıklanarak, tüketicilerin evde daha bilinçli ve gerçekçi kararlar alması desteklenecektir.

4.1. Soyma ve Ayıklama Uygulamaları

Soyma ve ayıklama, meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını azaltmaya yardımcı olabilecek en basit uygulamalar arasında yer alır. Bu yöntemler, kalıntıların çoğunlukla bulunduğu dış katmanların fiziksel olarak uzaklaştırılmasına dayanır. Özellikle hasada yakın dönemde uygulanan ya da bitkinin yüzeyine püskürtülen pestisitlerin önemli bir bölümü, ürünün kabuğunda veya dış kısımlarında kalabilmektedir. Bu nedenle kabuğun ya da dış yaprakların uzaklaştırılması, tüketilen kısma ulaşan kalıntı miktarını azaltabilir ve soyma ile ayıklamayı

günlük gıda hazırlığında etkili bir adım hâline getirebilir [13, 14]. Soyma işleminin pestisit kalıntılarını azaltmadaki etkisini gösteren seçilmiş literatür örnekleri Tablo 4.1’de sunulmaktadır.

Araştırmalar, pestisit kalıntılarının meyve ve sebzelerin kabuk kısmı ile iç dokusu arasında önemli farklılıklar gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Örneğin domates üzerinde yapılan çalışmalar, kalıntı düzeylerinin genellikle kabukta, iç kısma göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu nedenle kabuğu tüketilmeyen ürünlerde soyma işlemi kalıntı miktarını belirgin biçimde azaltabilmektedir [13, 14]. Benzer bir durum turunçgiller için de geçerlidir. Evde portakal soyulduğunda, kalıntıların büyük bölümü kabukta kalmakta ve soyma işlemi tüketilen kısmın kalıntı düzeyini etkili biçimde düşürmektedir [15].

Tablo 4.1. Soyma İşleminin Meyve ve Sebzelerde Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasına Etkisi

İşlem	Ürün	Kalıntı giderim oranı (%)	Kaynak
Soyma	Patates	91-98	[16]
Soyma	Salatalık	46	[17]
Soyma	Patlıcan	75-85	[4]
Soyma	Mango	100	[18]
Soyma	Trabzon hurması	88	[19]
Soyma	Kavun	>50	[20]

Ayıklama işlemi, temel olarak soyma ile aynı prensibe dayanmakla birlikte, özellikle ürünün belirli kısımlarının uzaklaştırıldığı durumlarda önem kazanmaktadır. Yapraklı sebzelerde ve taze otlarda ayıklama; dış veya zarar görmüş yaprakların atılmasını ve gözle kirli görünen bölümlerin kesilmesini içerebilir. Lahana benzeri katmanlı sebzelerde dış yaprakların uzaklaştırılması, yüzeyde yoğunlaşmış kalıntıların azaltılmasına katkı sağlayabilir. Sap, çanak yaprak veya çiçek ucu bulunan ürünlerde (örneğin çilek, biber ve bazı kök sebzeler) bu kısımların kesilmesi de hem kir birikiminin hem de kalıntıların azaltılmasına yardımcı olabilir. Ayıklama tek başına kalıntısız gıda garantisi sunmasa da, özellikle uygun yıkama ve durulama işlemleriyle birlikte uygulandığında kalıntı düzeyinin azaltılmasına ek katkı sağlayabilir [3, 5].

En iyi sonucu elde etmek için, tüketicilerin meyve ve sebzeleri soyma veya ayıklama işleminden önce yıkamaları önerilir. İlk yıkama, gevşek kirleri ve yüzeyde bulunan bazı

kalıntıları uzaklaştırarak, kesme işlemi sırasında bu kalıntıların yenilebilir kısma taşınmasını önlemeye yardımcı olur. Soyma ve ayıklama sonrasında ise ellerin, kullanılan bıçakların ve kesme tahtalarının yıkanması; hazırlanan diğer gıdalarla çapraz bulaşmanın önlenmesi açısından önemlidir. Bu basit mutfak uygulamaları yalnızca pestisit kalıntılarının azaltılmasına katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ev ortamında genel hijyen ve gıda güvenliğini de destekler [10].

Bununla birlikte, soyma işleminin besin değerine etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Lif ve bazı vitaminler gibi yararlı besin öğelerinin önemli bir kısmı kabukta veya kabuğa yakın bölgelerde bulunur. Bu nedenle soyma işlemi, bu besin öğelerinin kaybına yol açabilir [21]. Bu durum, özellikle kabuğuyla tüketilen ancak nispeten daha yüksek kalıntı düzeyleriyle ilişkilendirilen ürünlerde dikkatle değerlendirilmelidir. Kabukları genellikle tüketilmeyen turunçgiller gibi ürünlerde soyma doğal ve etkili bir adımdır. Elma, salatalık ve domates gibi kabuğuyla yenilebilen ürünlerde ise tüketiciler; kalıntı azaltımı ile besin değerini dengelemek amacıyla iyi bir yıkama, gerektiğinde seçici ayıklama ve yalnızca gerekli durumlarda soyma gibi kombine bir yaklaşım benimseyebilirler [15, 22]. Farklı ürün gruplarında soyma ve ayıklamanın hangi durumlarda daha yararlı olabileceğine ilişkin örnekler Tablo 4.2’de özetlenmiştir. Bu tabloda, genellikle hangi kısımların uzaklaştırıldığı, bu işlemlerin neden etkili olduğu ve tüketicilerin ev ortamında güvenli ve gerçekçi kararlar almasını destekleyen pratik öneriler yer almaktadır.

Tablo 4.2. Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasında Soyma veya Ayıklamanın Özellikle Yararlı Olduğu Durumlar

Ürün grubu	Uzaklaştırılması önerilen kısım	Bu işlemin neden yararlı olduğu	Olası dezavantaj	Tüketiciler için pratik öneri
Turunçgiller (portakal, limon, mandalina)	Kabuk	Pestisit kalıntıları çoğunlukla dış kabukta bulunur	Besin kaybı minimaldir (kabuk genellikle tüketilmez)	Soymadan önce yıkayarak kalıntıların iç kısma taşınmasını önleyin
Yapraksız sebzeler (domates, salatalık, biber)	Kabuk veya sap kısmı	Kalıntılar genellikle kabukta veya sap çevresinde yoğunlaşır	Kabukta bulunan lif ve bazı vitaminlerde kayıp	Önce yıkayın, ardından temiz bir bıçakla soyun veya ayıklayın
Sert çekirdekli	Gerektiğinde	Kalıntılar	Lif ve antioksidan	Çocuklar için

meyveler (elma, armut)	kabuk	mumsu kabukta birikebilir	alımında azalma	soyma tercih edilebilir; yetişkinlerde iyi yıkama ile birlikte değerlendirin
Yapraklı sebzeler (marul, ıspanak, lahana)	Dış yapraklar, hasarlı kısımlar	Dış yapraklar pestisitlere en fazla maruz kalan bölümlerdir	Gıda kaybı artabilir	Önce dış yaprakları uzaklaştırın, ardından kalan yaprakları iyice yıkayın
Kök ve yumru bitkiler (patates, havuç)	Kabuk, uç kısımlar	Toprak teması dış katmanlarda kalıntı birikimine yol açabilir	Kabuk altındaki besin öğelerinde kayıp	Soymadan önce fırçalayarak yıkayın, böylece çapraz bulaşmayı önleyin
Taze otlar (maydanoz, dereotu, kişniş)	Hasarlı veya aşırı kirli kısımlar	İnce yaprak ve saplar kalıntı tutabilir	İç dokudaki kalıntılar için sınırlı etki	Görünür kirli kısımları ayıklayın, ardından nazikçe akan su altında yıkayın

4.2. Yıkama ve Durulama Uygulamaları

Akan su altında yıkama ve durulama, tüketicilerin meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını azaltmak amacıyla en sık başvurduğu uygulamalardır. Bu yöntemler temel olarak, ürünün yüzeyine gevşek şekilde tutunmuş kalıntıların fiziksel olarak uzaklaştırılmasına dayanır. Bu nedenle yıkamanın etkinliği büyük ölçüde kalıntının gıda üzerindeki konumuna ve ürünün yüzey özelliklerine bağlıdır [3]. Ev koşullarında yıkama ve durulamanın kalıntı azaltmadaki etkisini gösteren seçilmiş literatür örnekleri Tablo 4.3'te sunulmaktadır.

Bilimsel çalışmalar, özellikle kalıntılar yüzeyde yoğunlaşmışsa, yıkama ve durulamanın belirli ölçüde azalma sağlayabildiğini göstermektedir. Örneğin Soliman, patateslerdeki pestisit kalıntılarını incelediği çalışmada, akan su altında yıkamanın kalıntı düzeylerinde belirgin bir azalma sağladığını, ancak bu azalmanın kullanılan pestisit türüne göre değiştiğini bildirmiştir [7]. Benzer şekilde Abou-Arab, domateslerde yapılan yıkama işleminin, özellikle yüzeyde bulunan pestisitlerde anlamlı bir azalma sağladığını ortaya koymuştur [8]. Akan musluk suyu altında yıkama, durgun suda bekletmeye kıyasla genellikle daha etkilidir; çünkü suyun sürekli akışı, yüzeyden ayrılan kalıntıların uzaklaştırılmasına yardımcı olur. El ile nazikçe ovma işlemi de özellikle elma, domates ve salatalık gibi yüzeyi düzgün ürünlerde kalıntı uzaklaştırmayı

artırabilir [10]. Bununla birlikte, yıkamanın etkinliği ürünün türüne ve pestisit özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Yapraklı sebzelerde yıkama ve durulama özellikle önemlidir; çünkü geniş yüzey alanları ve yaprak kıvrımları kalıntıların tutulmasına elverişli ortamlardır. Yaprakların tek tek ayrılarak akan su altında yıkanması, bütün hâlde yıkamaya göre daha etkili olabilir. Kök ve yumru bitkilerde ise yıkama çoğunlukla toprağın ve yüzey kirlerinin uzaklaştırılmasına katkı sağlar; ancak kabuğa güçlü şekilde tutunmuş kalıntılar üzerindeki etkisi sınırlı kalabilir. Bu örnekler, yıkama işleminin tüm ürünlere aynı şekilde uygulanmaması, ürünün yapısına göre uyarlanması gerektiğini göstermektedir [5].

Tablo 4.3. Yıkama ve Durulama Uygulamalarının Meyve ve Sebzelerde Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasına Etkisi

İşlem	Ürün	Kalıntı giderim oranı (%)	Kaynak
Akan musluk suyu altında yıkama (5 dk.)	Yapraklı sebzeler (marul, perilla yaprağı, ıspanak, taç papatya, ssamchoo)	60–88	[23]
Musluk suyu ile yıkama ve durulama (30 sn.)	Karnabahar	25-27	[4]
Yıkama	Mango	21-68	[18]
Akan su altında yıkama (30 sn.)	Üzüm	20-49	[24]
Yıkama (3 dk.)	Şeftali	40	[25]
Yıkama (3 dk.)	Brokoli	33-44	[26]
Yıkama	Elma	7-67	[27]

Yıkamanın sağladığı faydalara rağmen belirgin sınırlılıkları da vardır. Bitki dokularının içine nüfuz etmiş kalıntılar yüzey yıkamasıyla kolayca uzaklaştırılmaz. Benzer şekilde mumsu yüzeylere güçlü şekilde bağlanmış veya sistemik özellik gösteren pestisitler yıkama sonrasında yalnızca sınırlı düzeyde azalabilir. Çeşitli derleme çalışmaları, yıkamanın kalıntı düzeylerini düşürebildiğini ancak nadiren tamamen ortadan kaldırdığını göstermektedir [3, 10]. Bu durum, yıkama yöntemine ilişkin gerçekçi beklentilerin önemini vurgulamaktadır.

Bir diğerk önemli nokta ise yıkama işleminin doğru uygulanmasıdır. Çok uzun süre yıkamak ya da aşırı basınçlı su kullanmak her zaman daha fazla kalıntı azalması anlamına gelmez; aksine hassas ürünlerde fiziksel zarara ve gereksiz su tüketimine yol açabilir. Sabun veya deterjan kullanımı önerilmez; çünkü bu ürünler gıda için tasarlanmamıştır ve istenmeyen kalıntılar bırakabilir. Günlük evsel kullanım için temiz, içilebilir su ve orta düzeyde mekanik etki genellikle yeterlidir [2].

Özetle, yıkama ve durulama işlemleri yüzeyde bulunan pestisit kalıntılarının azaltılmasında ve genel gıda hijyeninin sağlanmasında etkili ilk basamak uygulamalarıdır. Bu yöntemler, doğru şekilde uygulandığında ve gerektiğinde ayıklama ya da soyma gibi diğerk uygun işlemlerle birlikte kullanıldığında daha başarılı sonuç verir. Yıkamanın hem güçlü yönlerini hem de sınırlılıklarını bilmek, tüketicilerin bu yöntemi bilinçli ve etkili biçimde kullanmalarını sağlar; ancak tek başına tüm kalıntıları tamamen ortadan kaldıracak bir çözüm olarak görülmemelidir.

5. Bekletme ve Kimyasal Temelli Evde Yapılan Uygulamalar

Mekanik uygulamalara ek olarak, birçok tüketici meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını daha da azaltmak amacıyla bekletme ve farklı çözeltilerle temelli yöntemlere başvurmaktadır. Bu uygulamalar, yalnızca fiziksel hareketten ziyade, gıdanın su veya su bazlı çözeltilerle daha uzun süre temas etmesine dayanır. Bekletme işlemi çoğu zaman yıkamanın basit bir uzantısı olarak görülse de, işleyiş mekanizmaları ve elde edilen sonuçlar önemli ölçüde farklı olabilir. Bu bölümde ele alınan başlıca bekletme ve kimyasal temelli evsel uygulamaların genel bir özeti Şekil 5.1’de sunulmuştur.

Bekletme ve kimyasal temelli uygulamalar, özellikle suya daha kolay geçen veya yüzeye gevşek şekilde tutunmuş kalıntılar söz konusu olduğunda, bazı durumlarda ek bir azalma sağlayabilir. Ancak bu yöntemlerin etkinliği; ürünün türüne, kullanılan pestisit özelliklerine, hazırlanan çözeltilerin bileşimine ve uygulama süresine bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterir. Bazı durumlarda bu uygulamalar sınırlı fayda sağlayabilir ya da gıda kalitesi, besin ögesi kaybı ve evde kullanılan kimyasalların hatalı kullanımı gibi yeni riskler doğurabilir. Şekil 5.1’de özetlenen farklı yaklaşımlar, bu yöntemlerin hem potansiyel yararlarını hem de dikkat edilmesi gereken noktaları ortaya koymaktadır.



Şekil 5.1. Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasında Bekletme ve Kimyasal Temelli Evde Yapılan Uygulamalara Genel Bakış. Kaynak: ChatGPT (DALL·E) kullanılarak oluşturulmuş ve yazarlar tarafından Microsoft PowerPoint programı ile düzenlenmiştir (2026).

5.1. Suda Bekletme

Suda bekletme, meyve ve sebzelerin belirli bir süre boyunca bol miktarda su içinde tutulması işlemidir. Ev uygulamalarında bekletme çoğu zaman yıkama veya durulama ile benzer kabul edilir. Ancak akan su altında yıkamadan farklı olarak, bekletme sırasında belirgin bir mekanik etki bulunmaz; esas etki, ürünün su ile daha uzun süre temas etmesine dayanır. Bu nedenle, bekletme sırasında kalıntı uzaklaştırma mekanizması yıkamadan farklıdır [3]. Literatürde yer alan ve suda bekletmenin pestisit kalıntılarını azaltmadaki etkisini gösteren seçilmiş örnekler Tablo 5.1’de sunulmuştur.

Genel olarak suda bekletmenin etkinliği, pestisit su içinde ne kadar kolay çözünebildiğine ve yüzeyden uzaklaşabildiğine bağlıdır. Literatürde bildirilen çalışmalar, suya daha kolay geçen pestisitlerin bekletme sırasında daha yüksek oranda azalabildiğini göstermektedir [28]. Bununla

birlikte, tüm pestisitler bekletmeye aynı şekilde yanıt vermez. Ling ve ark. (2011), sebze örneklerinde bekletme süresinin uzatılmasının klorpirifos kalıntılarının giderilmesini anlamlı düzeyde artırmadığını bildirmiştir; bu durum, su ile temas süresinin uzamasının her zaman daha fazla azalma sağlamadığını göstermektedir [29]. Benzer şekilde Zhang ve ark. (2007), lahanada bekletme süresinin birkaç dakikanın ötesine uzatılmasının yalnızca sınırlı ek azalma sağladığını göstermiştir [30]. Bu bulgular, bekletme işleminde “azalan getiri” etkisini ortaya koymaktadır; yani elde edilebilecek azalmanın büyük kısmı ilk dakikalarda gerçekleşmekte, daha uzun süreli bekletme ise çoğu durumda kayda değer ek fayda sağlamamaktadır. Sonuç olarak, suda bekletmenin etkisi büyük ölçüde pestisite özgüdür ve farklı bileşikler ya da gıda türleri için uzun süreli bekletmenin her zaman belirgin ve tutarlı bir iyileşme sağlayacağı varsayılmamalıdır.

Tablo 5.1. Suda bekletmenin meyve ve sebzelerde pestisit kalıntılarının azaltılmasına etkisi

İşlem	Ürün	Kalıntı giderim oranı (%)	Kaynak
Suda bekletme (5-60 dk.)	Hurma	37-52	[28]
Suda bekletme (10-30 dk.)	Lahana, patlıcan, domates, salatalık, sarımsak	0,23-47	[29]
Suda bekletme (20 dk.)	Lahana	15-19	[30]
Suda bekletme (10-30 dk.)	Salatalık, çilek	10-20	[31]
Suda bekletme (10 dk.)	Elma	33-52	[32]

5.2. Evde Hazırlanan Çözeltilerin Kullanımı

Tuzlu su, sirke, karbonat ve sitrik asit bazlı çözeltiler gibi evde kolayca hazırlanabilen karışımlar, meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını azaltmak amacıyla tüketiciler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, kullanılan malzemelerin evde kolay bulunabilir olması ve “doğal” ya da “güvenli” olarak algılanması nedeniyle tercih edilmektedir. Sadece suda bekletmeden farklı olarak, bu çözeltiler bazı durumlarda pestisit kalıntılarıyla kimyasal etkileşime girebilir ve belirli koşullarda uzaklaştırmayı artırabilir. Bununla birlikte, bilimsel çalışmalar bu yöntemlerin etkinliğinin; kullanılan çözeltinin türüne, pestisitinin özelliklerine ve ürünün yapısına bağlı olarak büyük ölçüde değiştiğini göstermektedir. Hangi çözeltinin hangi durumlarda daha uygun olabileceği, temel sınırlılıkları ve güvenli kullanım önerileri Tablo 5.2’de sunulmuştur.

Tablo 5.2. Evde Hazırlanan ve Yaygın olarak Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasında Kullanılan Çözeltiler ve Pratik Kullanımları

Çözelti	Daha Uygun Olabileceği Ürünler	Pestisit Kalıntıları Üzerindeki Temel Etki	Başlıca Sınırlılıklar	Evde Pratik Uygulama Önerisi
Tuzlu su	Yapraklı sebzeler (marul, ıspanak), taze otlar	Yüzeğe gevşek tutunmuş kalıntıların uzaklaştırılmasına yardımcı olur	Sadece sudan her zaman daha etkili değildir; iç kısımlara geçmiş kalıntılara etkisi sınırlıdır	Kısa süre (5–10 dk) bekletin, ardından akan su altında iyice durulayın
Sirke (asetik asit çözeltisi)	Pürüzsüz yüzeyle meyve ve sebzeler (elma, domates, salatalık)	Bazı yüzey kalıntılarında kısmi çözünme veya kimyasal kararsızlık yoluyla azalma	Etki pestisite özgüdür; yüksek konsantrasyon tat ve kaliteyi etkileyebilir	Seyreltilmiş sirke içinde kısa süre bekletin, ardından temiz suyla mutlaka durulayın
Karbonat (sodyum bikarbonat)	Kabuğu yenilebilen meyveler (elma, armut)	Bazı yüzey kalıntılarının parçalanmasını artırabilir	Kabuğun altındaki kalıntılarda etkisi sınırlıdır; aşırı kullanım dokuya zarar verebilir	Seyraltık çözelti kullanın, kısa süre bekletin ve iyice durulayın
Sitrik asit bazlı çözeltiler	Küçük meyve ve sebzeler; yüzey uygulamaları	Asidik çözünme yoluyla bazı yüzey kalıntılarında azalma sağlayabilir	Etkinlik değişkendir; suya göre her zaman üstün değildir	Kısa süreli yüzey uygulaması yapın, ardından mutlaka bol suyla durulayın

Tuzlu su, özellikle yapraklı sebzelerin bekletilmesinde sıkça tercih edilmektedir. Araştırmalar, tuzlu suyun yüzeğe gevşek şekilde tutunmuş kalıntıların bekletme suyuna geçişini kolaylaştırabileceğini göstermektedir. Ancak tuzlu su her zaman sade sudan daha etkili değildir ve genellikle yalnızca yüzey kalıntıları üzerinde sınırlı bir etkiye sahiptir [3, 10]. Bu nedenle kısa süreli bekletme ve ardından akan su altında iyice durulama önerilir. Uzun süreli bekletme ise ek bir fayda sağlamadığı gibi ürünün dokusunu olumsuz etkileyebilir.

Sirke, asidik yapısı nedeniyle pestisitleri parçalayabileceği düşüncesiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmalar, sirkenin bazı pestisit kalıntılarını kısmen çözündürme veya kimyasal olarak daha kararsız hâle getirme yoluyla yüzeyde azaltabildiğini göstermektedir. Ancak bu etki genellikle sınırlıdır ve pestisit türüne bağlı olarak değişir. Sirke, elma, domates ve salatalık gibi pürüzsüz yüzeyli ürünlerde daha uygun olabilir. Bitki dokusuna nüfuz etmiş kalıntılar üzerinde ise etkisi sınırlıdır. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda kullanımı tat ve kalite üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir [3, 8].

Karbonat (sodyum bikarbonat) bazı çalışmalarda daha umut verici sonuçlar göstermiştir. Yang ve ark. (2017), karbonat çözeltisinde bekletilen elmalarda bazı pestisit kalıntılarının sadece suya kıyasla daha yüksek oranda azaldığını bildirmiştir. Bu etkinin, bazı pestisitlerin meyve yüzeyinde daha hızlı parçalanmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [33]. Karbonat çözeltisi, kabuğu yenilebilen elma ve armut gibi meyvelerde yüzey kalıntılarının azaltılmasında daha etkili olabilir. Bununla birlikte, etkinlik yine pestisit türüne bağlıdır; kabuğun altına veya meyve etine geçmiş kalıntılar üzerinde sınırlı etki gösterir. Doku ve tat değişimini önlemek için orta düzeyde konsantrasyon ve kısa süreli uygulama önerilmektedir.

Sitrik asit bazlı çözeltiler, limon suyunun temel asidik bileşenini temsil etmekte olup, evde uygulanan yöntemler arasında yer almaktadır. Mevcut çalışmalar, sitrik asit çözeltilerinin bazı pestisit kalıntılarının azaltılmasına katkı sağlayabildiğini; bu etkinin genellikle bileşiklerin asidik ortamda çözünmesi veya kimyasal olarak daha kararsız hâle gelmesi yoluyla gerçekleştiğini göstermektedir. Bununla birlikte, bildirilen etkiler pestisit türüne ve ürünün yapısına bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermekte; mevcut bilimsel kanıtlar, sitrik asit çözeltilerinin suya dayalı uygulamalara veya diğer hafif asidik işlemlere kıyasla tutarlı ve her durumda üstün bir etki sağladığını desteklememektedir [3, 5]. Evde yaygın kullanılan çözeltilerle elde edilen kalıntı azalım yüzdelerine ilişkin seçilmiş literatür örnekleri Tablo 5.3'te sunulmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, evde hazırlanan çözeltiler belirli durumlarda yüzeyde bulunan pestisit kalıntılarının azaltılmasına ek katkı sağlayabilir; ancak bu yöntemlerin hiçbiri evrensel ya da tamamen etkili bir çözüm sunmaz. Etkinlik, doğru çözeltilinin doğru ürünle eşleştirilmesine ve uygulamanın uygun şekilde yapılmasına bağlıdır. Çoğu tüketici için bu çözeltiler zorunlu adımlar değil, isteğe bağlı destekleyici uygulamalar olarak görülmelidir.

Ayrıca, yüzeyden ayrılan kalıntıların ve çözeltinin geride kalabilecek artıklarının uzaklaştırılması için uygulama sonrasında mutlaka temiz suyla iyice durulama yapılmalıdır.

Tablo 5.3. Evde Hazırlanan Çözeltilerin Meyve ve Sebzelerde Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasına Etkisi

İşlem	Ürün	Kalıntı giderim oranı (%)	Kaynak
5% sodyum bikarbonat (30 dk. bekletme)	Dolmalık biber	60-81	[34]
10% sodyum bikarbonat (20 dk. bekletme)	Domates	2-71	[35]
0,9% NaCl (15 dk. bekletme)	Fasulye	49-95	[36]
10% NaCl (20 dk. bekletme)	Lahana	65-74	[30]
9% sitrik asit çözeltisi (5 dk. Bekletme)	Salatalık Dolmalık biber	94 72	[37]
9% sitrik asit çözeltisi (5 dk. bekletme)	Kapya biber	36-78	[38]
Üzüm sirkesi (%4 asetik asit) (10 dk. bekletme)	Marul	26-92	[39]
% 1 ve %2 asetik asit (5-60 dk. Bekletme)	Hurma	87-99	[28]

5.3. Deterjanlar ve Ticari Meyve-Sebze Yıkama Ürünleri

Su ve evde hazırlanan çözeltilere ek olarak, bazı tüketiciler meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını daha etkili biçimde uzaklaştırmak amacıyla deterjan veya piyasada satılan ticari yıkama ürünlerini kullanmaktadır. Bu ürünler genellikle suya kıyasla daha etkili oldukları iddiasıyla pazarlanmakta ve kir, mum tabakası ve kimyasal kalıntıları uzaklaştırma özellikleri vurgulanmaktadır. Ancak bu ürünlerin etkinliği ve güvenliği konusunda mevcut bilimsel kanıtlar sınırlı ve tutarsızdır.

Ev deterjanlarının kullanımını değerlendiren çalışmalar, deterjanların yüzey aktif özellikleri sayesinde yüzeydeki bazı kir ve kalıntıların uzaklaştırılmasını artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte, deterjanlar gıda için özel olarak tasarlanmış ürünler değildir. Yüzey gerilimini

azaltarak kalıntıların yüzeyden ayrılmasına yardımcı olabilirler; ancak yeterince durulanmadıkları takdirde kendi kimyasal kalıntılarını bırakma riski de taşırlar. Ayrıca, deterjanların gıdalarda kullanılması, bu ürünlerin gıda ile ilgili uygulamalar için değil, gıda dışı yüzeyleri temizlemek için formüle edilmiş olması nedeniyle güvenlik endişelerine yol açmaktadır [40].

Ticari yıkama ürünleri ise genellikle gıda ile temas edebilecek şekilde formüle edilmekte ve hafif yüzey aktif maddeler ile organik asitler veya bitkisel kaynaklı bileşenler içerebilmektedir. Karşılaştırmalı çalışmalar, bazı ticari yıkama ürünlerinin özellikle pürüzsüz yüzeyli meyve ve sebzelerde, sade suya kıyasla belirli yüzey kalıntılarında ek bir azalma sağlayabildiğini göstermektedir. Ancak bu artış çoğu zaman sınırlıdır ve pestisit türüne, ürünün yüzey özelliklerine ve kalıntının yüzey altına nüfuz edip etmediğine bağlı olarak değişmektedir [33, 41]. Deterjanlar ve ticari yıkama ürünleri ile elde edilen kalıntı azalma yüzdelerine ilişkin seçilmiş literatür örnekleri Tablo 5.4'te sunulmuştur.

Tablo 5.4. Deterjanlar ve Ticari Yıkama Ürünlerinin Meyve ve Sebzelerde Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasına Etkisi

İşlem	Ürün	Kalıntı giderim oranı (%)	Kaynak
Sebze deterjanı ile yıkama (5 dk. bekletme)	Marul	58	[23]
	Perilla yaprağı	46	
	Ispanak	44	
	Taç papatya	39	
	Ssamchoo	33	
Ticari yıkama ürünü ile yıkama (5 dk. bekletme)	Elma	86	[41]
	Üzüm	98	
	Limon	98	
	Çilek	88	
Mutfakta yaygın kullanılan iki bulaşık deterjanı ile yıkama (20 dk. bekletme)	Çeri domates	42-80	[42]
Ticari sebze deterjanı ile yıkama (3 dk. bekletme)	Çilek	45-60	[43]
Ticari deterjan ile yıkama	Salatalık	52-55	[44]
Ticari sebze deterjanı ile yıkama	Domates	58	[45]

Önemle belirtmek gerekir ki, ticari yıkama ürünlerinin meyve ve sebzelerin iç dokularına nüfuz etmiş pestisit kalıntılarını uzaklaştırabildiğine dair tutarlı bir kanıt bulunmamaktadır. Diğer evde yapılan uygulamalarda olduğu gibi, etkileri büyük ölçüde yüzey kalıntıları ile sınırlıdır. Ayrıca aşırı kullanım veya yetersiz durulama gibi hatalı uygulamalar, gıda kalitesini olumsuz etkileyebilir ya da ürün üzerinde istenmeyen kimyasal artıkların kalmasına neden olabilir.

Tüketici açısından değerlendirildiğinde, güvenlik gerekçeleriyle deterjanların meyve ve sebze temizliğinde kullanılmaması önerilir. Ticari yıkama ürünleri isteğe bağlı destekleyici ürünler olarak kullanılabilir; ancak bunlar temiz akan suyla yapılan uygun yıkamadan daha önemli veya çok daha üstün olarak görülmemelidir. Bu tür ürünler kullanıldığında, hem gevşemiş pestisit kalıntılarının hem de yıkama maddesi artıklarının uzaklaştırılması için mutlaka bol temiz su ile iyice durulama yapılmalıdır. Genel olarak, pestisit kalıntılarının giderilmesi konusunda yanlış bir güvenlik algısı yaratmamak için bilinçli ve dikkatli kullanım çok önemlidir.

5.4. Oksitleyici Maddeler

Oksitleyici maddeler, meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını azaltmak amacıyla güçlü kimyasal reaksiyonlara dayanan ayrı bir uygulama grubunu oluşturur. Su, evde hazırlanan çözeltiler veya deterjanlardan farklı olarak bu maddeler, pestisit moleküllerini kimyasal olarak dönüştürerek daha az kalıcı bileşiklere parçalama prensibiyle etki gösterir. Ev ortamında en sık kullanılan oksitleyici maddeler arasında klor bazlı çözeltiler, ozon ve hidrojen peroksit yer almaktadır. Oksitleyici maddelerle elde edilen kalıntı azalım yüzdelerine ilişkin seçilmiş literatür örnekleri Tablo 5.5'te sunulmuştur.

Klor bazlı çözeltiler (örneğin seyreltilmiş sodyum hipoklorit), uzun yıllardır özellikle mikrobiyal kontrol amacıyla gıda sanitasyonunda kullanılmaktadır. Çalışmalar, klorun meyve ve sebzelerin yüzeyinde bulunan bazı pestisit kalıntılarının azaltılmasına da katkı sağlayabildiğini göstermektedir. Ancak bu etkinlik büyük ölçüde pestisit türüne bağlıdır ve çoğunlukla yüzey kalıntılarıyla sınırlıdır. Ayrıca kimyasal kalıntılar, yan ürünlerin meydana gelmesi, yanlış konsantrasyon kullanımı ve ürün kalitesinde (renk, doku ve tat gibi) olumsuz değişikliklere yol açabilmesi gibi nedenlerle, klorun evde pestisit giderimi amacıyla kullanımı genellikle önerilmemektedir [33, 46, 47].

Tablo 5.5. Oksitleyici Maddelerin Meyve ve Sebzelere Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasına Etkisi

İşlem	Ürün	Kalıntı giderim oranı (%)	Kaynak
% 1 sodyum hipoklorit ile yıkama (30 dk.)	Domates	30-55	[46]
Sulu klor dioksit çözeltisi (20 mg/L, 20 dk.)	Marul	45-70	[47]
Gaz ve sulu formda ozon uygulaması	Havuç	51-98	[48]
Sulu ozon çözeltisi uygulaması	Patates	70-76	[49]
100 mg/L hidrojen peroksit çözeltisinde bekletme (20 dk)	Karnabahar	72-75	[51]
100 mg/L hidrojen peroksit çözeltisinde bekletme (20 dk)	Domates	65	[52]

Ozon, güçlü oksidasyon kapasitesi, oksijene hızlı ayrışması ve kimyasal kalıntı bırakmaması nedeniyle alternatif bir oksidasyon maddesi olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir. Deneysel çalışmalar, sulu veya gaz halindeki ozon uygulamalarının meyve ve sebzelerdeki bazı pestisit kalıntılarını önemli ölçüde azaltabileceğini göstermiştir [48, 49]. Bununla birlikte, ozonlama ile etkili bir kalıntı azaltımı sağlamak kolay değildir. Uygulamanın başarısı; ozonun fiziksel formuna (sulu ya da gaz), kullanılan doza, temas süresine, sıcaklığa, pH değerine ve gıdanın yüzey özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca ozon konsantrasyonunun uygun şekilde kontrol edilmemesi, ürünün renk, doku ve duyu özelliklerini olumsuz etkileyebileceği gibi, özellikle doz ve maruz kalma koşullarının hassas biçimde ayarlanmadığı ortamlarda güvenlik açısından risk oluşturabilir [50].

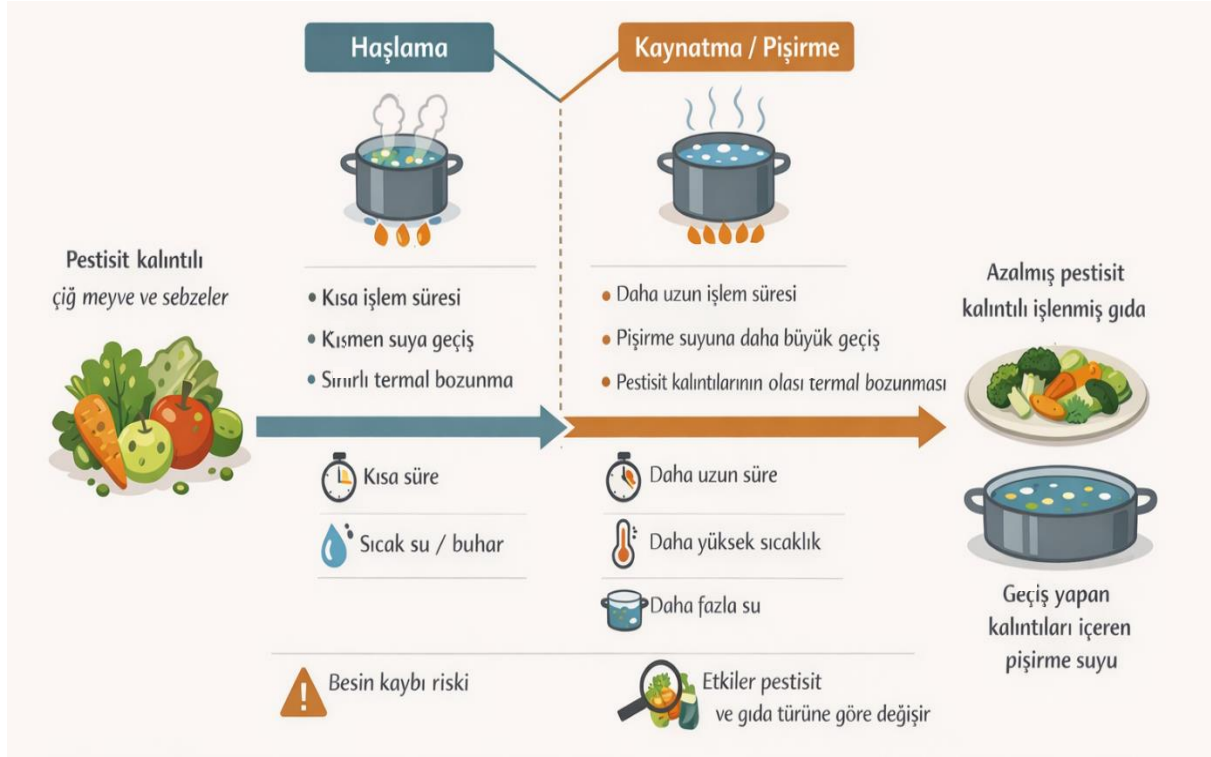
Hidrojen peroksit de zaman zaman meyve ve sebze yıkama bağlamında gündeme gelen bir diğer oksitleyici maddedir. Hidrojen peroksit bazı pestisit kalıntılarını oksitleyebilmekle birlikte, mevcut çalışmalar etkinliğinin değişken olduğunu ve genellikle yüzey kalıntılarıyla sınırlı kaldığını göstermektedir. Ayrıca uygun olmayan konsantrasyonlarda kullanımı ürünün renk ve doku özelliklerini olumsuz etkileyebilir ve yanlış kullanım durumunda güvenlik açısından risk oluşturabilir [9, 51, 52].

Genel olarak değerlendirildiğinde, oksitleyici maddeler kontrollü koşullarda sade yıkama veya bekletmeye kıyasla daha yüksek kalıntı azalması sağlayabilir. Ancak ev ortamında kullanımları dikkat gerektirir. Bu maddelerin etkinliği doğru uygulama parametrelerine büyük ölçüde bağlıdır ve yanlış kullanım yeni güvenlik ya da kalite sorunlarına yol açabilir. Bu nedenle çoğu tüketici için oksitleyici maddeler, rutin ev uygulamaları yerine daha özel veya isteğe bağlı yöntemler olarak değerlendirilmelidir.

6. Evde Uygulanan Isıl İşlemler

Isıl ev işlemleri; meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını azaltmak amacıyla gıda hazırlama sırasında ısı kullanımını ifade eder. Haşlama (blanching), kaynatma ve pişirme gibi uygulamalar bu gruba girer. Yıkama veya bekletme yöntemleri çoğunlukla yüzey kalıntıları üzerinde etkili olurken, ısıl işlemler hem ısı etkisi hem de su ile temas sayesinde kalıntıları farklı mekanizmalarla etkileyebilir. Bu süreçler, bazı pestisitlerin kısmen parçalanmasına ya da pişirme suyuna geçmesine yol açabilir. Ancak etkinlik; pestisit türüne, gıdanın yapısına ve uygulanan işlem koşullarına büyük ölçüde bağlıdır.

Bu bölümde evde yaygın olarak uygulanan ısı temelli yöntemler ele alınmakta; haşlama ve pişirme işlemlerinin pestisit kalıntılarının azaltılmasına nasıl katkı sağlayabileceği, günlük gıda hazırlama sürecindeki olası yararları ve sınırlılıklarıyla birlikte açıklanmaktadır. Evde yaygın olarak uygulanan ısıl işlemler ve bunların pestisit kalıntılarının azaltılmasına etkileri Şekil 6.1’de özetlenmiştir.



Şekil 6.1. Evde Kullanılan Isıl İşlemler Yöntemlerine Genel Bakış ve Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasındaki Rollerini. Kaynak: ChatGPT (DALL·E) kullanılarak oluşturulmuş ve yazarlar tarafından Microsoft PowerPoint programı ile düzenlenmiştir (2026).

6.1. Haşlama

Haşlama, meyve ve sebzelerin kısa süreyle sıcak suya veya buhara maruz bırakılması ve ardından hızlı bir şekilde soğutulması işlemidir. Geleneksel olarak dondurma veya pişirme öncesinde renk, doku ve kaliteyi korumak amacıyla uygulanan bu yöntem, aynı zamanda pestisit kalıntılarının azaltılmasına da katkı sağlayabilir. Bu süreçte temel mekanizmalar; kalıntıların sıcak suya geçmesi (çözünme ve difüzyon yoluyla) ve daha az ölçüde, ısıya duyarlı bazı pestisitlerin parçalanmasıdır [53, 54].

Çeşitli çalışmalar, haşlamanın özellikle suya daha kolay geçen ve ürünün yüzeyinde ya da yüzeye yakın bölgelerde bulunan kalıntılarda ölçülebilir düzeyde azalma sağlayabildiğini göstermektedir. Haşlamanın pestisit kalıntılarını azaltmadaki etkisini ortaya koyan seçilmiş literatür örnekleri Tablo 6.1’de sunulmuştur. Haşlama sırasında yüksek sıcaklık ve su teması birlikte etki göstererek pestisit kalıntılarının bitki dokusundan çevredeki suya geçişini

kolaylaştırır. Bu etki çoğu zaman sadece yıkamaya göre daha belirgindir; çünkü ısı, bitki dokularının geçirgenliğini artırabilir ve difüzyon süreçlerini hızlandırabilir [5, 54, 55].

Bununla birlikte, haşlamanın etkinliği pestisit türüne, ürünün yapısına ve uygulama koşullarına bağlı olarak önemli ölçüde değişir. Kısa süreli haşlama yalnızca kısmi bir kalıntı azalması sağlayabilirken, sürenin uzatılması uzaklaşan kalıntı miktarını artırabilir; ancak bu durum aynı zamanda besin ögesi kayıpları ve kalite değişimleri riskini de beraberinde getirir. Yapraklı sebzeler, baklagiller ve bazı kök sebzeler üzerinde yapılan çalışmalar, haşlamanın belirli pestisit kalıntılarında anlamlı azalma sağlayabildiğini; ancak azalmanın pestisite özgü olduğunu göstermektedir [5, 9, 54].

Ayrıca haşlamanın etkisi çoğunlukla suya daha kolay geçen veya yüzeye gevşek şekilde bağlı kalıntılarla sınırlıdır. Yağda çözünen (lipofilik) özellikte olan ya da bitki dokusunun daha derin katmanlarına nüfuz etmiş pestisitler, kısa süreli ısı işlemlere daha az duyarlıdır. Bu nedenle haşlama, pestisit kalıntılarını tamamen ortadan kaldıran evrensel bir çözüm olarak değil; öncesinde yapılan yıkama veya ayıklama işlemleriyle birlikte uygulandığında toplam kalıntı azalmasını artıracak tamamlayıcı bir adım olarak değerlendirilmelidir [5, 9].

Ev uygulamaları açısından bakıldığında haşlama, etkinlik ile pratiklik arasında bir denge sunar. Yeterli su kullanımı, kontrollü sıcaklık ve kısa işlem süresi ile uygulandığında bazı pestisit kalıntılarını azaltabilirken kabul edilebilir gıda kalitesini koruyabilir. Ancak ısıya duyarlı bazı besin öğelerinde kayıplara yol açabileceği unutulmamalıdır. Ayrıca haşlama suyu kalıntı içerebileceğinden mutlaka dökülmelidir. Genel olarak haşlama, ısı ev işlemleri içinde yararlı ancak koşullara bağlı bir kalıntı azaltma stratejisi olarak değerlendirilebilir.

6.2. Kaynatma ve Pişirme

Kaynatma ve günlük pişirme yöntemleri (örneğin kısık ateşte pişirme, buharda pişirme veya soteleme), yalnızca yıkama ile sağlanabilecek azalmaya ek olarak pestisit kalıntılarında daha fazla düşüş sağlayabilir. Bunun temel nedeni, ısı işlemlerin yüksek sıcaklık, daha uzun temas süresi ve çoğu zaman su veya yağ gibi bir işlem ortamını bir araya getirmesidir. Bu koşullar, kalıntılarının farklı mekanizmalar yoluyla azalmasına katkıda bulunabilir. Meyve ve sebzelerin işlenmesine ilişkin geniş kapsamlı bir meta-analiz, kaynatma ve benzeri ev tipi pişirme

işlemlerinin genellikle kalıntı düzeylerini azalttığını; ancak azalmanın büyüklüğünün pestisit türüne ve gıdanın yapısına bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir [5, 9].

Kaynatma sırasında en önemli mekanizmalardan biri, kalıntıların pişirme suyuna geçmesidir. Sebzeler kaynatıldığında, suya daha kolay geçen veya yüzeğe gevşek şekilde bağlı kalıntılar bitki yüzeyinden (ve bazı durumlarda yüzeğe yakın dokulardan) pişirme suyuna geçebilir. Bu nedenle, pişirme suyunun dökülmesi, belirli pestisit-ürün kombinasyonlarında maruziyetin azaltılmasında önemli bir adım olabilir. Ancak tüm pestisitler aynı şekilde davranmaz. Bitki dokusuna daha derin nüfuz etmiş, suya daha az geçen veya güçlü şekilde bağlanmış bileşiklerde azalma daha sınırlı olabilir. İncelemeler, sonucun pestisit fizikokimyasal özelliklerine, ürünün yapısına (örneğin yapraklı yüzeyler ile mumsu yüzeyler arasındaki farklara) ve işlem koşullarına (süre, sıcaklık ve suyun değiştirilip değiştirilmemesi gibi) bağlı olduğunu vurgulamaktadır [5, 9].

Kontrollü deneysel çalışmalar bu genel eğilimleri desteklemektedir. Örneğin, yaygın olarak tüketilen bazı sebzeler (Çin brokolisi ve uzun Çin fasulyesi) üzerinde yapılan bir çalışmada, ev tipi pişirme işlemlerinden sonra tespit edilen pestisit kalıntılarında belirgin azalmalar rapor edilmiştir. Kaynatma işlemi birçok bileşik için anlamlı düşüşler sağlamış; ancak azalmanın derecesi hem pestisite hem de sebze türüne göre farklılık göstermiştir [55]. Sebzeler dışındaki gıdalarda da benzer değişkenlik gözlenmektedir. Kaynatma ve pişirme yöntemleriyle hazırlanan pirinç üzerinde yapılan bir çalışmada, birçok pestisit için kalıntı düzeylerinde azalma saptanmış; bu azalmanın buharlaşma, hidroliz ve ısı parçalanma gibi mekanizmaların birleşiminden kaynaklandığı belirtilmiştir [57]. Kaynatma ve pişirmenin pestisit kalıntılarının azaltılmasına etkisini gösteren seçilmiş literatür örnekleri Tablo 6.1’de sunulmuştur.

Bununla birlikte, pişirme her zaman büyük oranlarda kalıntı azalması anlamına gelmez. Bazı pestisitler tipik pişirme sıcaklıklarında nispeten kararlı olabilir ya da gıda matrisi tarafından korunabilir. Ayrıca yüksek nem kaybının olduğu bazı pişirme yöntemlerinde, kalıntı miktarı artmamasına rağmen görece yoğunlaşma etkisi görülebilir. Bu nedenle kaynatma ve pişirme, tek başına yeterli çözümler olarak değil, çok aşamalı bir ev yaklaşımının destekleyici adımları olarak değerlendirilmelidir. Uygulamada, önce iyi bir yıkama yapılması, ardından kaynatma ve pişirme suyunun dökülmesi, birçok sebze için yalnızca yıkamaya kıyasla maruziyeti daha etkili biçimde azaltabilir. Ancak uzun süreli pişirme işlemleri ürünün yumuşamasına ve bazı ısıya duyarlı besin

öğelerinin azalmasına yol açabileceğinden, kalıntı azalımı ile gıda kalitesi ve besin değeri arasında dengeli bir yaklaşım benimsenmelidir.

Tablo 6.1. Evde Uygulanan Isıl İşlemlerin Meyve ve Sebzelerde Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasına Etkisi

İşlem	Ürün	Kalıntı giderim oranı (%)	Kaynak
Haşlama Kızartma	Patates	23-47 30-53	[7]
Kızartma (1-5 dk.)	Lahana Sarımsak Domates Salatalık Patlıcan	93 8 10 5 63	[29]
Soteleme (5 dk.)	Lahana	68-87	[30]
Sıcak suda (80 °C) haşlama (2 dk.)	Ispanak	4-41	[54]
Kaynayan suda haşlama (2 dk.) Kaynatma (10 dk.) Soteleme (3 dk.)	Çin brokolisi	36-100 18-71 25-60	[55]
Kaynayan suda haşlama (2 dk.) Kaynatma (10 dk.) Soteleme (3 dk.)	Uzun Çin fasulyesi	27-28 38-100 35-63	[55]
Kaynayan suda haşlama (5 dk.)	Biber Patlıcan	46-100 27-100	[56]
Soteleme (30 sn.–5 dk.) Kaynatma (1–20 dk.) Fırınlama (5–20 dk.)	Taze soğan	40-63 80-91 51-77	[58]
Buharda pişirme (5–20 dk.) Kaynatma (1–5 dk.) Soteleme (3–8 dk.)	Börülce	39-89 52-92 45-88	[59]

7. Gıda Grubuna Özgü Rehber

Evde yapılan uygulamaların pestisit kalıntılarını azaltmadaki etkinliği, gıdanın türüne bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Yüzey yapısı, su içeriği, kabuk özellikleri ve ürünün genellikle nasıl hazırlandığı gibi faktörler; kalıntıların yıkama, bekletme veya pişirme sırasında nasıl davrandığını doğrudan etkiler. Bu nedenle tek bir ev uygulamasının tüm meyve ve sebzeler için

aynı düzeyde etkili olması beklenmemelidir. Bu bölümde, önceki kısımlarda ele alınan genel ilkeler gıda gruplarına göre somutlaştırılmakta ve yapraklı sebzeler, yapraklı olmayan sebze ve meyveler ile kök ve yumru bitkiler için ayrı ayrı pratik öneriler sunulmaktadır. Amaç, tüketicilerin ev ortamında bilinçli ve gerçekçi kararlar almasını desteklemektir.

7.1. Yapraklı Sebzeler

Marul, ıspanak, maydanoz, roka ve lahana gibi yapraklı sebzeler, pestisit kalıntıları konusunda en sık gündeme gelen gıda grupları arasında yer almaktadır. Geniş yüzey alanları, ince dokuları ve kıvrımlı yaprak yapıları; pestisit kalıntılarının tutunabileceği veya birikebileceği çok sayıda alan oluşturur. Ayrıca bu sebzeler çoğu zaman çiğ ya da çok az işlem görmüş şekilde tüketildiğinden, evde uygulanacak doğru hazırlama yöntemleri maruziyetin azaltılması açısından daha da önem kazanmaktadır [23]. Yapraklı sebzeler için önerilen ev hazırlama adımları Şekil 7.1’de sunulmuştur.

Evde yapılan uygulamalar arasında, akan su altında yıkama yapraklı sebzeler için en temel ve en önemli ilk adımdır. Yaprakların nazikçe ayrılarak tek tek yıkanması; toprak, kir ve yüzeye gevşek şekilde tutunmuş kalıntıların uzaklaştırılmasına yardımcı olur. Kalıntıların önemli bir kısmı dış yapraklarda bulunabildiği için, yıkama öncesinde dış veya zarar görmüş yaprakların ayrılması kalıntı düzeyini azaltabilir. Çeşitli çalışmalar, yıkamanın yüzey kalıntılarının bir bölümünü uzaklaştırmada etkili olduğunu; ancak etkinliğin pestisit türüne ve uygulama şekline bağlı olarak değiştiğini göstermektedir [23, 60].

Yapraklı sebzelerin uzun süre suda bekletilmesi ise genellikle doğru ve yeterli bir yıkamaya kıyasla sınırlı ek fayda sağlar. Daha önce de belirtildiği gibi, bekletme süresinin uzatılması her zaman daha fazla kalıntı azalması anlamına gelmez ve su emilimini artırarak ürün kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, özellikle yeterli ve dikkatli bir yıkama yapılmışsa, bekletme yapraklı sebzeler için temel bir strateji olarak görülmemelidir [3, 23].

Ispanak veya bazı lahana türleri gibi genellikle pişirilerek tüketilen yapraklı sebzelerde ise ısı işlemler daha belirgin bir rol oynayabilir. Haşlama veya kaynatma, özellikle suya daha kolay geçen pestisitler için, kalıntıların pişirme suyuna geçmesi yoluyla ek bir azalma sağlayabilir. Bu nedenle pişirme suyunun dökülmesi önemlidir. Ancak azalma düzeyi pestisite göre önemli ölçüde

değişebilir ve uzun süreli pişirme ısıya duyarlı besin öğelerinde kayıplara ve doku değişikliklerine yol açabilir [20, 55].



Şekil 7.1. Yapraklı Sebzelerde Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasına Yönelik Uygulamalar. Kaynak: ChatGPT (DALL·E) kullanılarak oluşturulmuş ve yazarlar tarafından Microsoft PowerPoint programı ile düzenlenmiştir (2026).

Kimyasal temelli ev uygulamaları, özellikle deterjanlar veya güçlü oksitleyici maddeler, yapraklı sebzelerde rutin kullanım için önerilmemektedir. Yapraklı sebzelerin kıvrımlı ve girintili

yüzey yapısı, bu tür maddelerin tamamen uzaklaştırılmasını zorlaştırabilir ve temizlik maddesi kalıntılarının yaprak üzerinde kalma riskini artırabilir. Ticari sebze yıkama ürünleri bazı yüzey kalıntılarının giderilmesinde sınırlı düzeyde ek katkı sağlayabilse de, bunlar zorunlu uygulamalar olarak görülmemeli ve kullanıldıklarında mutlaka bol temiz su ile durulama yapılmalıdır [23, 61].

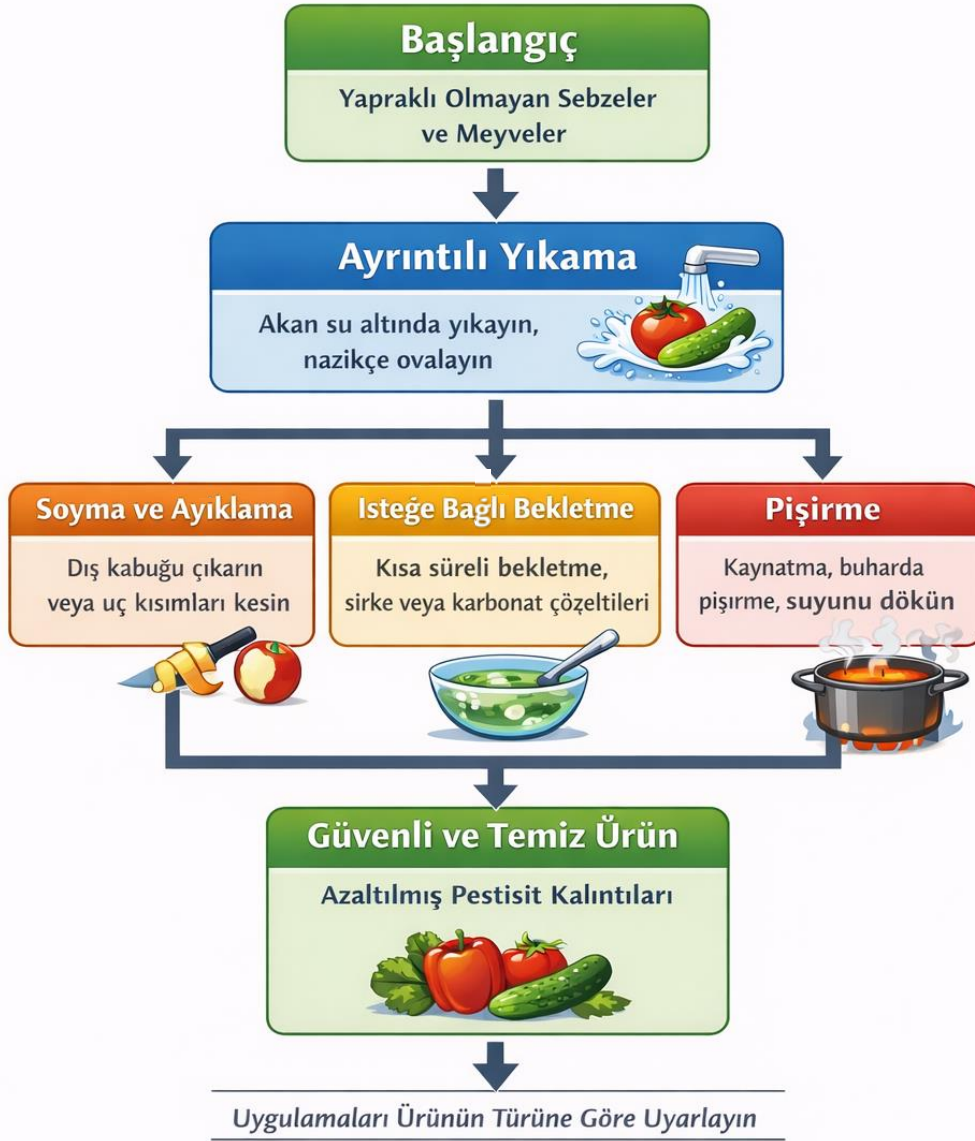
Uygulamada, yapraklı sebzeler için en etkili yaklaşım; dış veya zarar görmüş yaprakların uzaklaştırılması, yaprakların tek tek ayrılarak akan su altında nazikçe yıkanması ve sebzenin tüketim şekline bağlı olarak haşlama ya da pişirme işleminin uygulanması gibi basit ve düşük riskli adımların birlikte kullanılmasıdır. Bu bütüncül yaklaşım, gıda kalitesi ve besin değerini korurken anlamlı düzeyde kalıntı azalımı sağlayabilir [23, 55].

7.2. Yapraklı Olmayan Sebzeler ve Meyveler

Domates, salatalık, biber, elma, armut ve çilek gibi yapraklı olmayan sebze ve meyveler; yüzey özellikleri, doku yapıları ve tüketim biçimleri bakımından yapraklı sebzelerden farklılık gösterir. Bu ürünlerin çoğu daha düzgün yüzeyli ve daha sert dokuludur; bazıları ise doğal bir kabuk ya da ince bir dış zar ile korunmaktadır. Bu nedenle pestisit kalıntıları çoğunlukla dış yüzeyde yoğunlaşır ve yüzey odaklı evde yapılan uygulamalar bu gıda grubu için özellikle önem taşır [3, 9]. Yapraklı olmayan sebze ve meyveler için önerilen evde hazırlama adımları Şekil 7.2’de sunulmuştur.

Akan su altında yıkama, yapraklı olmayan sebze ve meyveler için en temel ve en yaygın uygulanabilir yöntemdir. Yıkama sırasında yüzeyin elle hafifçe ovalanması, özellikle pürüzsüz kabuklu ürünlerde, gevşek bağlı kalıntıların ve yüzey kirlerinin uzaklaştırılmasına yardımcı olur. Elma, domates ve salatalık gibi kabuğuyla tüketilen ürünlerde, dikkatli ve yeterli süreyle yıkama, gıda kalitesini etkilemeden anlamlı düzeyde kalıntı azalımı sağlayabilir [33, 61].

Soyma ve ayıklama işlemleri, özellikle kalıntıların dış tabakalarda yoğunlaştığı ürünlerde ek bir azalma sağlayabilir. Turunçgiller ve bazı kavun türleri gibi kalın kabuklu ve kabuğu tüketilmeyen ürünlerde soyma oldukça etkilidir. Kabuğuyla tüketilen ürünlerde ise, kalıntı endişesinin yüksek olduğu durumlarda veya hassas gruplar için hazırlık yapılırken seçici soyma ya da sap kısmının uzaklaştırılması tercih edilebilir. Ancak kabuğa yakın bölgelerde lif ve bazı vitaminler yoğunlaştığı için soyma işlemi rutin bir uygulama olarak değil, duruma göre değerlendirilerek yapılmalıdır [5, 9].



Şekil 7.2. Yapraklı Olmayan Sebzelerde ve Meyvelerde Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasına Yönelik Uygulamalar. Kaynak: ChatGPT (DALL•E) kullanılarak oluşturulmuş ve yazarlar tarafından Microsoft PowerPoint programı ile düzenlenmiştir (2026).

Suda bekletme ve evde hazırlanan çözeltiler, yapraklı olmayan sebze ve meyvelerde sınırlı düzeyde ek fayda sağlayabilir. Kısa süreli suda bekletme, bazı yüzey kalıntılarının gevşemesine yardımcı olabilir; ancak uygun şekilde yapılan yıkamaya kıyasla uzun süreli bekletme genellikle giderek azalan bir katkı sağlar. Evde hazırlanan sirke, karbonat veya sitrik asit bazlı çözeltiler, belirli koşullarda bazı yüzey kalıntılarının uzaklaştırılmasını artırabilir; ancak etkinlikleri ürün

türüne ve pestisitlerin özelliklerine bağlı olarak büyük ölçüde değişir. Bu nedenle bu yöntemler temel değil, isteğe bağlı ve destekleyici uygulamalar olarak değerlendirilmelidir [3, 33].

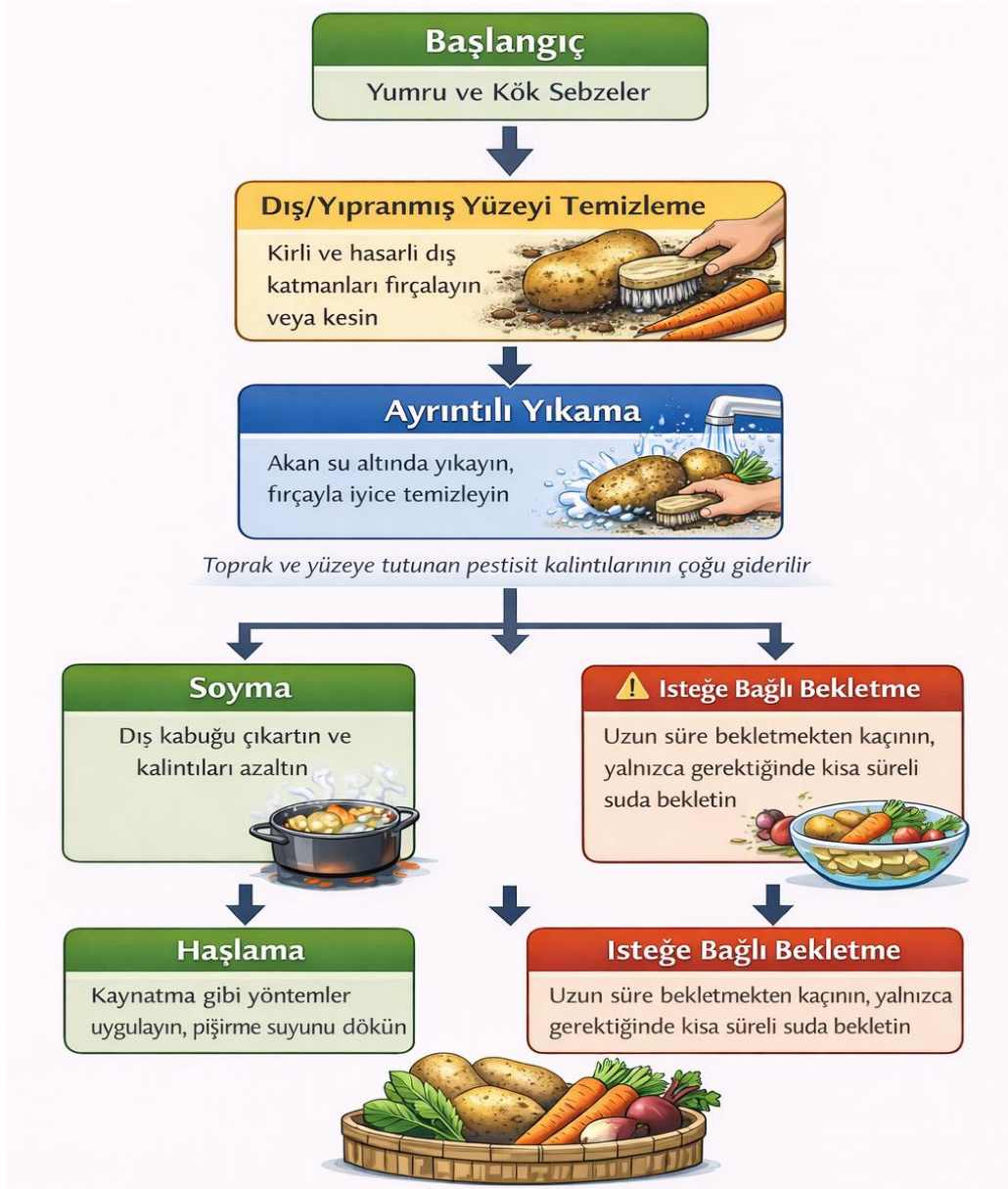
Genellikle pişirilerek tüketilen yapraklı olmayan sebze ve meyvelerde ısı işlem kalıntı düzeylerinin daha da azalmasına katkı sağlayabilir. Haşlama veya pişirme sırasında bazı pestisit kalıntıları pişirme suyuna geçebilir ya da ısıya duyarlı bileşiklerde kısmi parçalanma meydana gelebilir. Diğer gıda gruplarında olduğu gibi, pişirme suyunun dökülmesi yeniden maruziyeti önlemek açısından önemlidir. Bununla birlikte, pişirme evrensel bir çözüm değildir; etkinlik, pestisitlerin özelliklerine ve kullanılan pişirme yöntemine bağlı olarak değişmektedir [5, 55].

Sonuç olarak, yapraklı olmayan sebze ve meyveler için en etkili yaklaşım, esnek ve ürüne özel bir yaklaşımdır. Akan su altında iyice yıkama temel uygulama olmalıdır; gerektiğinde soyma, ayıklama veya pişirme gibi yöntemlerle desteklenmelidir. Evde yapılan uygulamaların, her meyve veya sebzeyin yapısal özelliklerine göre uyarlanması, besin değerini ve gıda kalitesini koruyarak anlamlı bir kalıntı azalımı sağlayabilir [9, 61].

7.3. Yumru ve Kök Sebzeler

Patates, havuç, pancar, turp ve şalgam gibi kök ve yumru sebzeler, yenilebilir kısmın toprak altında gelişmesi nedeniyle diğer sebze gruplarından farklılık gösterir. Bu durum, hem toprak kaynaklı bulaşma hem de yüzeyde veya dış doku katmanlarında bulunabilecek pestisit kalıntıları açısından özel bir değerlendirme gerektirir. Ayrıca bu ürünler nadiren çiğ tüketilir; çoğu zaman soyularak ve pişirilerek hazırlanır. Bu da evde yapılan uygulamaların kalıntı azaltımındaki rolünü daha belirgin hâle getirir [3, 9]. Kök ve yumru sebzeler için önerilen evde hazırlama adımları Şekil 7.3'te sunulmuştur.

Akan su altında yıkama, kök ve yumru sebzeler için temel ve vazgeçilmez ilk adımdır. Özellikle patates ve havuç gibi yüzeyi düzensiz olan ürünlerde fırça ile fiziksel ovma, toprağın ve yüzeye tutunmuş kalıntıların uzaklaştırılmasında oldukça etkilidir. Yıkama işlemi, doku içine nüfuz etmiş kalıntıları tamamen ortadan kaldırmasa da, yüzeydeki kalıntı yükünü önemli ölçüde azaltabilir ve sonraki işlemlerin etkinliğini artırabilir [3, 9].



Şekil 7.3. Yumru ve Kök Sebzelerde Pestisit Kalıntılarının Azaltılmasına Yönelik Uygulamalar. Kaynak: ChatGPT (DALL•E) kullanılarak oluşturulmuş ve yazarlar tarafından Microsoft PowerPoint programı ile düzenlenmiştir (2026).

Soyma işlemi, kök ve yumru sebzelerde pestisit kalıntılarının azaltılmasında önemli bir rol oynar; çünkü birçok kalıntı kabukta veya kabuğun hemen altındaki dış dokularda yoğunlaşır. Patates ve havuç gibi ürünlerde yapılan çalışmalar, soyma işleminin kalıntı düzeylerinde belirgin azalmalar sağladığını tutarlı biçimde göstermektedir. Bununla birlikte soyma, kabuğa yakın

bölgelerde bulunan diyet lifi ve bazı mikro besin öğelerinin de uzaklaştırılmasına neden olur. Bu nedenle soyma işlemi, kalıntı azalımı ile besin değeri arasında bir denge gerektirir [5, 9].

Kök ve yumru sebzeler genellikle pişirilerek tüketildiği için ısı işlem de kalıntı azaltımına ek katkı sağlar. Özellikle haşlama, bazı kalıntıların pişirme suyuna geçmesi ve ısıya duyarlı bileşiklerin kısmen parçalanması yoluyla kalıntı düzeylerini azaltabilir. Bu nedenle pişirme suyunun dökülmesi, suya geçen kalıntılar açısından önemlidir. Bununla birlikte azalım düzeyi, pestisit fizikokimyasal özelliklerine ve uygulanan pişirme koşullarına bağlı olarak değişir; bu nedenle tam bir uzaklaştırma beklenmemelidir [5, 55].

Genel olarak kök ve yumru sebzeler için en etkili evsel yaklaşım, yaygın hazırlama alışkanlıklarını yansıtan aşamalı bir stratejidir: önce toprağı uzaklaştırmak için iyice yıkama, ardından gerekirse soyma ve son olarak uygun pişirme yöntemi uygulama. Bu bütüncül yaklaşım, birçok pestisit–ürün kombinasyonunda anlamlı düzeyde kalıntı azalımı sağlarken, gıda güvenliği, besin değeri ve hazırlama kolaylığı arasında dengeli bir çözüm sunar [3, 9].

8. Güvenlik, Sürdürülebilirlik ve Tüketici Bilinci

Evde uygulanan yöntemler meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını azaltmada önemli bir rol oynayabilir, ancak bu yöntemlerin uygulanmasında güvenlik, besin değeri ve çevresel sürdürülebilirlik hususları göz önünde bulundurulmalıdır. Kalıntı düzeylerini düşürmede etkili görünen bazı yöntemler, yanlış ya da aşırı uygulandığında yan ürünlerin oluşmasına, değerli besin öğelerinin kaybına veya istenmeyen başka kimyasallara maruziyete yol açabilir. Bu nedenle pestisit kalıntılarının azaltılması tek başına bir amaç olarak değil; etkinlik, gıda kalitesi ve beslenme ile güvenlik ve sürdürülebilirlik arasındaki dengeyi gözeterek bütüncül bir yaklaşımın parçası olarak ele alınmalıdır. Evde kalıntı azaltılmasında söz konusu temel denge noktaları—etkinlik ile gıda kalitesi ve besin değeri; güvenlik ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiler—Şekil 8.1’de özetlenmiştir.



Şekil 8.1. Evde Kalıntı Azaltımı, Gıda Kalitesi ve Güvenlik Arasındaki Dengenin Kurulması. Kaynak: ChatGPT (DALL•E) kullanılarak oluşturulmuş ve yazarlar tarafından Microsoft PowerPoint programı ile düzenlenmiştir (2026).

8.1. Evde Uygulanan İşlemler Sırasında Metabolit Oluşumu

Evde uygulanan hazırlama yöntemleri pestisit kalıntılarını azaltabilir; ancak bu işlemler kalıntılarının yalnızca miktarını değil, kimyasal formunu da değiştirebilir. Bazı pestisitler tamamen uzaklaştırılmak yerine yıkama, ısıl işlem veya oksitleyici koşullara maruz kalma sırasında kimyasal dönüşüme uğrayabilir. Bu nedenle evde yapılan işlemler sonrasında gıdadaki kalıntı profili, ham üründekinden farklı olabilir ve gıda güvenliği değerlendirilirken hem ana pestisit bileşiği hem de olası dönüşüm ürünleri birlikte dikkate alınmalıdır [3, 9].

Deneysel çalışmalar, evsel işlemlerin yalnızca ana pestisit düzeyini değil, aynı zamanda metabolitlerin varlığını ve davranışını da etkileyebileceğini göstermektedir. Örneğin Ling ve arkadaşları, sebzelerde klorpirifos üzerine yıkama ve pişirme işlemlerinin etkilerini incelemiş ve

ev tipi hazırlama sonrasında hem ana bileşikte hem de bazı toksik metabolitlerde değişiklikler gözlemlenmiştir. Bu bulgu, yalnızca ana pestisitteki azalmanın değerlendirilmesinin yeterli olmadığını; çünkü işlem sırasında oluşan veya kalan metabolitlerin farklı davranış gösterebileceğini ortaya koymaktadır [29].

Pestisitlerin metabolitlere dönüşmesi, özellikle biyolojik olarak aktif başka maddelere parçalanabilen bileşikler açısından önem taşır. İyi bilinen örneklerden biri, tiyofanat-metil karbendazime dönüşebilmesidir. Ev tipi domates işleme süreçlerini inceleyen Liu ve arkadaşları, yıkama, soyma ve ısıl işlem sırasında hem tiyofanat-metil hem de karbendazim düzeylerini takip etmiştir. Elde edilen sonuçlar, evde yapılan işlemlerin yalnızca ana pestisit miktarını değil, aynı zamanda metabolitin dağılımını ve düzeyini de etkilediğini göstermiştir. Bu durum, kalıntı değerlendirmelerinde tek bir bileşiğe odaklanmak yerine, tüm kalıntı profilinin dikkate alınmasının önemini ortaya koymaktadır [62].

Yan ürünlerin oluşumu, güçlü oksitleyici uygulamalar sırasında da meydana gelebilir. Ozon temelli kalıntı azaltım yöntemlerini inceleyen derlemeler, oksidasyonun pestisitleri parçalayabildiğini; ancak bu sürecin sonuçlarının doz, temas süresi ve gıda yapısı gibi işlem koşullarına güçlü biçimde bağlı olduğunu bildirmektedir. Bu çalışmalar, oksitleyici uygulamaların dikkatli şekilde kontrol edilmesi gerektiğini; aksi takdirde basit bir kalıntı uzaklaştırma yerine öngörülemeyen kimyasal dönüşümlerin ortaya çıkabileceğini vurgulamaktadır [50].

Tüketici açısından bakıldığında, metabolit oluşum olasılığı evde yapılan işlemlerin güvensiz olduğu anlamına gelmez; ancak uygulamaların ölçülü ve bilinçli şekilde yapılması gerektiğini gösterir. Akan su altında dikkatli yıkama, uygun durumlarda soyma ve haşlama sonrasında pişirme suyunun dökülmesi gibi fiziksel uzaklaştırmaya dayalı basit yöntemler, kimyasal dönüşüm belirsizlikleri açısından genellikle daha düşük risk taşır. Bu nedenle evde kalıntı azaltım stratejileri, gereksiz derecede agresif uygulamalardan kaçınarak hem etkili hem de güvenli yöntemleri önceliklendirmelidir [3].

8.2. Besin Kaybı ile Kalıntı Giderimi Arasındaki Denge

Pestisit kalıntılarını azaltmaya yönelik evde yapılan uygulamalar, bazı durumlarda meyve ve sebzelerin besin değerini de etkileyebilir. Bu nedenle kalıntı giderimi ile besin öğelerinin

korunması arasında dengeli bir yaklaşım benimsenmelidir. Genel olarak temiz akan su altında yıkama, düşük riskli bir yöntemdir: yüzey kalıntılarını azaltabilirken, gıdanın iç kısımlarında bulunan vitamin, mineral ve lif gibi besin öğeleri üzerinde sınırlı etkiye sahiptir; çünkü kısa süreli durulama bu bileşenleri önemli ölçüde uzaklaştırmaz [3]. Buna karşılık, dış tabakaların uzaklaştırılması ya da güçlü şekilde etkilenmesiyle sonuçlanan uygulamalar—örneğin soyma, uzun süreli bekletme veya yoğun ısı işlemler—bazı pestisit-ürün kombinasyonlarında daha yüksek kalıntı azalımı sağlayabilir; ancak aynı zamanda besin kayıplarına da yol açabilir [9].

Soyma işlemi bu dengeye iyi bir örnektir. Birçok pestisit kalıntısı yüzeye veya kabuğa yakın bölgelerde yoğunlaştığından, kabuğun uzaklaştırılması kalıntı düzeylerini belirgin biçimde azaltabilir. Ancak kabuk ve kabuğa yakın kısımlar; diyet lifi, çeşitli fitokimyasallar ve bazı vitaminler ile antioksidanlar açısından da zengindir. Bu nedenle soyma işlemi, kalıntı endişesinin yüksek olduğu durumlarda veya hassas gruplar için hazırlık yapılırken mantıklı bir seçenek olabilir; ancak tüm ürünler için otomatik bir uygulama hâline getirilmemelidir. Özellikle dikkatli yıkama ve gerektiğinde ayıklama yeterli olabilecek durumlarda, gereksiz soyma besin kaybına yol açabilir [3, 9].

Isıl işlemler (haşlama, kaynatma ve pişirme) de kalıntı giderimine katkı sağlayabilir; çünkü bazı pestisitler pişirme suyuna geçebilir veya ısıya duyarlı bileşikler kısmen parçalanabilir. Ancak bu işlemler, özellikle suda çözünen ve ısıya duyarlı besin öğeleri üzerinde olumsuz etki yaratabilir. C vitamini ve bazı B vitaminleri, ısı işlem ve kaynatma sırasında hem parçalanma hem de suya geçiş nedeniyle en hassas bileşenler arasında yer alır [21, 63]. Bununla birlikte besin değişimleri her üründe aynı değildir; kayıp düzeyi gıdanın türüne, kullanılan pişirme yöntemine ve süresine bağlıdır. Sebzelerde haşlama ve dondurma öncesi işlemleri inceleyen çalışmalar, bazı biyoaktif bileşiklerin nispeten etkilenmeden kalabildiğini, bazılarının ise işlem koşullarına daha duyarlı olduğunu göstermektedir [53].

Evde karar verme açısından temel mesaj “en basit ama aynı zamanda etkili yöntemi kullanmak” olmalıdır. İlk adım olarak dikkatli yıkama tercih edilmeli; soyma veya pişirme gibi daha güçlü işlemler yalnızca ürünün özellikleri ve hazırlama amacına uygun olduğunda uygulanmalıdır. Kaynatma yapıldığında, pişirme süresinin gereğinden fazla uzatılmaması ve gereksiz bekletmeden kaçınılması besin kaybını sınırlamaya yardımcı olabilir. Pişirme suyunun dökülmesi pestisit maruziyetini azaltabilir; ancak suya geçen bazı besin öğelerinin de kaybına yol

açabilir. Bu nedenle seçim, yemeğin amacı ve tüketicinin öncelikleri doğrultusunda yapılmalıdır [9, 64]. Sonuç olarak en iyi evsel strateji, en agresif yöntem değil; anlamlı düzeyde kalıntı giderimi sağlarken gıda kalitesini ve besin değerini mümkün olduğunca koruyan dengeli yaklaşımdır.

8.3. Çevre Dostu ve Güvenli Ev Uygulamaları

Pestisit kalıntılarını azaltmaya yönelik evde yapılan uygulamalar yalnızca etkinlik açısından değil, aynı zamanda çevresel etkileri ve tüketici güvenliği bakımından da değerlendirilmelidir. Yıkama, soyma ve pişirme gibi yaygın önerilen yöntemler; basit, düşük maliyetli ve büyük ölçüde fiziksel uzaklaştırma prensibine dayalıdır. Uygun şekilde uygulandığında bu yöntemler hem tüketici hem de çevre açısından genellikle düşük risk taşır ve bu nedenle ilk tercih edilmesi gereken evsel uygulamalar olarak değerlendirilebilir [3, 9].

Buna karşılık, kimyasal temelli uygulamaların ev ortamında kullanımı sürdürülebilirlik ve güvenlik açısından bazı soru işaretleri doğurabilir. Deterjanların, güçlü asitlerin veya oksitleyici ajanların gereğinden fazla kullanımı, atık suya gereksiz kimyasal yük bindirebilir ve yeterli durulama yapılmadığında temizlik maddesi kalıntılarının gıda üzerinde kalmasına yol açabilir. İncelemeler, bu tür uygulamaların çoğu zaman yalnızca suyla yıkamaya kıyasla sınırlı ek fayda sağladığını; buna karşılık yanlış kullanım ve aşırı uygulama riskini artırdığını vurgulamaktadır [3, 9].

Çevresel açıdan su tüketimi ve atık oluşumu da göz önünde bulundurulmalıdır. Uzun süreli bekletme veya tekrar tekrar yıkama işlemleri, her zaman orantılı bir kalıntı azalımı sağlamadan su tüketimini artırabilir. Benzer şekilde, yüksek enerji gerektiren veya kirlenmiş atık su oluşumuna yol açan agresif işlemler sürdürülebilirlik hedefleriyle çelişebilir. Ev ve küçük ölçekli işleme uygulamalarını değerlendiren çalışmalar, kabul edilebilir düzeyde kalıntı giderimi sağlarken kaynak kullanımını en aza indiren, hedefe yönelik ve ölçülü uygulamaların önceliklendirilmesini önermektedir [5].

Çevre dostu ve güvenli evsel uygulamaların yaygınlaşması, büyük ölçüde tüketici farkındalığına ve bilinçli karar verme süreçlerine bağlıdır. Karmaşık veya yoğun kimyasal içeren yöntemler yerine; akan su altında yıkama, gerektiğinde soyma ve alışılmış tüketim biçimine uygun pişirme gibi pratik ve dengeli stratejiler ön plana çıkarılmalıdır. Tüketiciler farklı

yöntemlerin güçlü ve zayıf yönlerini anladıklarında, hem gıda güvenliğini koruyan hem de çevresel sürdürülebilirliği ve uzun vadeli halk sağlığını destekleyen seçimler yapabilirler [3, 64]. Şekil 8.1, evsel uygulamalarda dengeli bir yaklaşımın önemini vurgulamaktadır. Amaç yalnızca kalıntı giderimi değil, aynı zamanda besin değerinin korunması ve güvenlik ile çevresel risklerin en aza indirilmesidir.

9. Sonuçlar ve Öneriler

Evde yapılan uygulamalar, doğru ve gerçekçi beklentilerle uygulandığında, meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarının azaltılmasına anlamlı katkı sağlayabilir. Bu dijital kitap boyunca da gösterildiği üzere, tek bir evsel yöntem tüm kalıntıları tamamen ve her koşulda ortadan kaldıramaz. Kalıntı gideriminin etkinliği; gıdanın türüne, pestisit özelliklerine ve uygulanan hazırlama yöntemine bağlı olarak değişmektedir. Bu etkileşimlerin anlaşılması, ev ortamında bilinçli ve güvenli kararlar alınmasının temelini oluşturur.

Fiziksel uzaklaştırmaya dayalı basit uygulamalar—akan su altında yıkama, dış kısımların ayıklanması, gerektiğinde soyma ve haşlama sonrası pişirme suyunun dökülmesi—genellikle en güvenilir ve düşük riskli stratejiler olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemler yüzey kalıntılarını önemli ölçüde azaltabilirken, kimyasal dönüşüm riski, besin kaybı veya çevresel yük gibi istenmeyen sonuçları da sınırlı düzeyde tutar. Uzun süreli bekletme, kimyasal temelli çözeltiler veya oksitleyici ajanlar gibi daha agresif yaklaşımlar belirli durumlarda ek fayda sağlayabilir; ancak yanlış kullanım halinde daha fazla belirsizlik ve potansiyel risk barındırabilir.

Bu rehberde vurgulanan temel noktalardan biri, kalıntı giderimi ile gıda kalitesi ve besin değeri arasında denge kurulması gerekliliğidir. Aşırı işlem, yararlı besin öğelerinin azalmasına ve ürünün doku, tat ve genel kabul edilebilirliğinin olumsuz etkilenmesine yol açabilir. Bu nedenle amaç, her durumda en yüksek kalıntı giderimi sağlamak değil; ürünün türü ve kullanım amacına uygun olarak en basit ve etkili yöntemi uygulamaktır. Bu dengeli yaklaşım hem gıda güvenliğini hem de sağlıklı beslenme alışkanlıklarını destekler.

Sürdürülebilirlik açısından bakıldığında, su, enerji ve kimyasal kullanımını en aza indiren yöntemler öncelikli olmalıdır. Kaynakları verimli kullanan basit uygulamalar, çevresel etkiyi azaltırken anlamlı düzeyde kalıntı giderimi sağlayabilir. Bu yaklaşım aynı zamanda atık suya gereksiz kimyasal yük verilmesini de önler ve uzun vadeli sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumludur.

Sonuç olarak, tüketici farkındalığı ve eğitimi evde gıda güvenliğinin geliştirilmesinde merkezi bir rol oynar. Evsel yöntemlerin neleri başarabileceğini ve hangi sınırları olduğunu anlamak, gerçekçi beklentiler geliştirilmesini ve gereksiz risklerden kaçınılmasını sağlar. Pratik, kanıta dayalı ve dengeli rehberlik, hanelerin sağlığı koruyan, besin değerini gözeten ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyen bilinçli tercihler yapmasına yardımcı olur. Böylece evde yapılan uygulamalar yalnızca pestisit maruziyetini azaltan bir araç değil, aynı zamanda güvenli, sürdürülebilir ve sorumlu gıda hazırlama kültürünün bir parçası hâline gelir.

10. Kaynaklar

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed. FAO Plant Production and Protection Paper No. 225. FAO.
- [2] 2. European Food Safety Authority (EFSA). (2020). The 2018 European Union report on pesticide residues in food. EFSA Journal, 18(4), e06057. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6057>
- [3] Chung, S. W. C. (2017). How effective are common household preparations on removing pesticide residues from fruit and vegetables? A review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(8), 2857–2870. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8821>
- [4] Randhawa, M. A., Anjum, F. M., Ahmed, A., & Randhawa, M. S. (2007). Field incurred chlorpyrifos and 3, 5, 6-trichloro-2-pyridinol residues in fresh and processed vegetables. Food Chemistry, 103(3), 1016-1023.
- [5] Keikotlhaile, B. M., Spanoghe, P., & Steurbaut, W. (2010). Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: A meta-analysis approach. Food and Chemical Toxicology, 48(1), 1-6.
- [6] Winter, C. K., & Katz, J. M. (2011). Dietary exposure to pesticide residues from commodities alleged to contain the highest contamination levels. Journal of toxicology, 2011(1), 589674.
- [7] Soliman, K. M. (2001). Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. Food and chemical toxicology, 39(8), 887-891.
- [8] Abou-Arab, A. A. K. (1999). Behavior of pesticides in tomatoes during commercial and home preparation. Food chemistry, 65(4), 509-514.
- [9] Bajwa, U., & Sandhu, K. S. (2014). Effect of handling and processing on pesticide residues in food-a review. Journal of food science and technology, 51(2), 201-220.
- [10] Kaushik, G., Satya, S., & Naik, S. N. (2009). Food processing a tool to pesticide residue dissipation—A review. Food research international, 42(1), 26-40.
- [11] Lozowicka, B., Hrynko, I., Kaczynski, P., Rutkowska, E., Jankowska, M., & Mojsak, P. (2015). Occurrence of pesticide residues in fruit from Podlasie (Poland) in 2012. Journal of plant protection research, 55(2).
- [12] Szpyrka, E., Kurdziel, A., Rupa, J., & Slowik-Borowiec, M. (2015). Pesticide residues in fruit and vegetable crops from the central and eastern region of Poland. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 66(2).

- [13] Kwon, H., Kim, T. K., Hong, S. M., Se, E. K., Cho, N. J., & Kyung, K. S. (2015). Effect of household processing on pesticide residues in field-sprayed tomatoes. *Food Science and Biotechnology*, 24(1), 1-6.
- [14] Andrade, G. C., Monteiro, S. H., Francisco, J. G., Figueiredo, L. A., Rocha, A. A., & Tornisielo, V. L. (2015). Effects of types of washing and peeling in relation to pesticide residues in tomatoes. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 26(10), 1994-2002.
- [15] Ömeroğlu, P. Y., Acoğlu Celik, B., & Koc Alibasoglu, E. (2022). The effect of household food processing on pesticide residues in oranges (*Citrus sinensis*). *Foods*, 11(23), 3918.
- [16] Lentza-Rizos, C., & Balokas, A. (2001). Residue levels of chlorpropham in individual tubers and composite samples of postharvest-treated potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 710-714.
- [17] Dehghan Sekachae, A., Shokrzadeh, M., Ghorbani, M., Maghsoudlou, Y., & Babae, Z. (2010). The effects of spraying pesticide and current keeping procedures of cucumber on residual concentration of diazinon. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 20(78), 27-34.
- [18] Awasthi, M. D. (1993). Decontamination of insecticide residues on mango by washing and peeling. *Journal of Food Science and Technology*, 30, 132–133.
- [19] Fernández-Cruz, M. L., Villarroja, M., Llanos, S., Alonso-Prados, J. L., & García-Baudín, J. M. (2004). Field-incurred fenitrothion residues in kakis: comparison of individual fruits, composite samples, and peeled and cooked fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(4), 860-863.
- [20] Bonnechère, A., Hanot, V., Bragard, C., Bedoret, T., & van Loco, J. (2012). Effect of household and industrial processing on the levels of pesticide residues and degradation products in melons. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29(7), 1058-1066.
- [21] Rickman, J. C., Bruhn, C. M., & Barrett, D. M. (2007). Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables II. Vitamin A and carotenoids, vitamin E, minerals and fiber. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(7), 1185-1196.
- [22] Acoğlu, B., & Ömeroğlu, P. Y. (2023). Assessing residues of some insecticides during household processing of lemon. *Turkish Journal of Entomology*, 47(4), 441-456.
- [23] Yang, S. J., Mun, S., Kim, H. J., Han, S. J., Kim, D. W., Cho, B. S., ... & Park, D. W. (2022). Effectiveness of different washing strategies on pesticide residue removal: The first comparative study on leafy vegetables. *Foods*, 11(18), 2916.
- [24] Poulsen, M. E., Hansen, H. K., Sloth, J. J., Christensen, H. B., & Andersen, J. H. (2007). Survey of pesticide residues in table grapes: determination of processing factors, intake and risk assessment. *Food additives and contaminants*, 24(8), 886-895.
- [25] Lentza-Rizos, C., & Chitzanidis, A. (1996). Residues of dicloran in clingstone peaches after pre-and postharvest application. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 56(2), 231-239.
- [26] Tsai, C. F., Chou, S. S., & Shyu, Y. T. (1997). Removal of methamidophos and carbofuran residue in broccoli during freezing processing. *Journal of Food and Drug Analysis*, 5(3), 3.
- [27] Kong, Z., Shan, W., Dong, F., Liu, X., Xu, J., Li, M., & Zheng, Y. (2012). Effect of home processing on the distribution and reduction of pesticide residues in apples. *Food additives & contaminants: Part A*, 29(8), 1280-1287.
- [28] Osman, K. A., Al-Humaid, A. I., Al-Redhaiman, K. N., & El-Mergawi, R. A. (2014). Safety methods for chlorpyrifos removal from date fruits and its relation with sugars, phenolics and antioxidant capacity of fruits. *Journal of food science and technology*, 51(9), 1762-1772.

- [29] Ling, Y., Wang, H., Yong, W., Zhang, F., Sun, L., Yang, M. L., ... & Chu, X. G. (2011). The effects of washing and cooking on chlorpyrifos and its toxic metabolites in vegetables. *Food Control*, 22(1), 54-58.
- [30] Zhang, Z. Y., Liu, X. J., & Hong, X. Y. (2007). Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage. *Food Control*, 18(12), 1484-1487.
- [31] Kin, C. M., & Huat, T. G. (2010). Headspace solid-phase microextraction for the evaluation of pesticide residue contents in cucumber and strawberry after washing treatment. *Food Chemistry*, 123(3), 760-764.
- [32] Mergnat, T., Fritsch, P., Saint-Joly, C., Truchot, E., & Saint-Blanquat, G. (1995). Reduction in phosalone residue levels during industrial dehydration of apples. *Food additives & contaminants*, 12(6), 759-767.
- [33] Yang, T., Doherty, J., Zhao, B., Kinchla, A. J., Clark, J. M., & He, L. (2017). Effectiveness of commercial and homemade washing agents in removing pesticide residues on and in apples. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(44), 9744-9752.
- [34] Rodrigues, A. A. Z., de Queiroz, M. E. L. R., Faroni, L. R. D. A., Prates, L. H. F., Neves, A. A., de Oliveira, A. F., ... & Zambolim, L. (2021). The efficacy of washing strategies in the elimination of fungicide residues and the alterations on the quality of bell peppers. *Food Research International*, 147, 110579.
- [35] Andrade, G. C., Monteiro, S. H., Francisco, J. G., Figueiredo, L. A., Rocha, A. A., & Tornisielo, V. L. (2015). Effects of types of washing and peeling in relation to pesticide residues in tomatoes. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 26(10), 1994-2002.
- [36] Satpathy, G., Tyagi, Y. K., & Gupta, R. K. (2012). Removal of organophosphorus (OP) pesticide residues from vegetables using washing solutions and boiling. *Journal of Agricultural Science*, 4(2), 69-78.
- [37] Randhawa, M. A., Anjum, M. N., Butt, M. S., Yasin, M., & Imran, M. (2014). Minimization of imidacloprid residues in cucumber and bell pepper through washing with citric acid and acetic acid solutions and their dietary intake assessment. *International Journal of Food Properties*, 17(5), 978-986.
- [38] Polat, B., & Tiryaki, O. (2020). Assessing washing methods for reduction of pesticide residues in Capia pepper with LC-MS/MS. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 55(1), 1-10.
- [39] Balkan, T., & Yılmaz, Ö. (2022). Efficacy of some washing solutions for removal of pesticide residues in lettuce. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(1), 143.
- [40] Wang, H., Wen, A., Du, Y., Yuan, S., Yu, H., & Yao, W. (2025). Development and application of dialdehyde starch-grafted ϵ -polylysine copolymers as eco-friendly fruit detergents. *Food Chemistry*, 146287.
- [41] Du, X., Ho, L., Li, S., Doherty, J., Lee, J., Clark, J. M., & He, L. (2025). Efficacy of Household and Commercial Washing Agents in Removing the Pesticide Thiabendazole Residues from Fruits. *Foods*, 14(2), 318.
- [42] Wang, Z., Huang, J., Chen, J., & Li, F. (2013). Effectiveness of dishwashing liquids in removing chlorothalonil and chlorpyrifos residues from cherry tomatoes. *Chemosphere*, 92(8), 1022-1028.
- [43] Angioni, A., Schirra, M., Garau, V. L., Melis, M., Tuberoso, C. I. G., & Cabras, P. (2004). Residues of azoxystrobin, fenhexamid and pyrimethanil in strawberry following field treatments and the effect of domestic washing. *Food additives and contaminants*, 21(11), 1065-1070.

- [44] Saeedi Saravi, S. S., & Shokrzadeh, M. (2016). Effects of washing, peeling, storage, and fermentation on residue contents of carbaryl and mancozeb in cucumbers grown in greenhouses. *Toxicology and industrial health*, 32(6), 1135-1142.
- [45] Alen, Y., Adriyani, F., Suharti, N., Nakajima, S., & Djamaan, A. (2016). Determination of profenofos pesticide residue in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using gas chromatography technique. *Der Pharmacia Lettre*, 8(8), 137-141.
- [46] Rodrigues, A. A., De Queiroz, M. E. L., De Oliveira, A. F., Neves, A. A., Heleno, F. F., Zambolim, L., ... & Morais, E. H. C. (2017). Pesticide residue removal in classic domestic processing of tomato and its effects on product quality. *Journal of environmental science and health, part b*, 52(12), 850-857.
- [47] Chen, Q., Wang, Y., Chen, F., Zhang, Y., & Liao, X. (2014). Chlorine dioxide treatment for the removal of pesticide residues on fresh lettuce and in aqueous solution. *Food control*, 40, 106-112.
- [48] de Souza, L. P., Faroni, L. R. D. A., Heleno, F. F., Pinto, F. G., de Queiroz, M. E. L. R., & Prates, L. H. F. (2018). Ozone treatment for pesticide removal from carrots: Optimization by response surface methodology. *Food chemistry*, 243, 435-441.
- [49] Heleno, F. F., de Queiroz, M. E. L., Faroni, L. R., Neves, A. A., de Oliveira, A. F., Costa, L. P., & Pimenta, G. G. (2016). Aqueous ozone solutions for pesticide removal from potatoes. *Food Science and Technology International*, 22(8), 752-758.
- [50] Rehal, J., & Kaur, J. (2023). Removal of pesticide residues in food using ozone. *Food Chemistry Advances*, 3, 100512.
- [51] Amjad, A., Saeed, M. K., Amjad, M. R., Hameed, A., Nawaz, H., Ullah, N., ... & Alhomrani, M. (2024). Effect of ozone, hydrogen peroxide, and chlorine solution in reduction of chlorpyrifos and cypermethrin residues from cauliflower. *Italian Journal of Food Science*, 36(4), 142.
- [52] Cengiz, M. F., & Certel, M. (2014). Effects of chlorine, hydrogen peroxide, and ozone on the reduction of mancozeb residues on tomatoes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3), 371-376.
- [53] Puupponen-Pimiä, R., Häkkinen, S. T., Aarni, M., Suortti, T., Lampi, A. M., Euroola, M., ... & Oksman-Caldentey, K. M. (2003). Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(14), 1389-1402.
- [54] Flamminii, F., Minetti, S., Mollica, A., Cichelli, A., & Cerretani, L. (2023). The effect of washing, blanching and frozen storage on pesticide residue in spinach. *Foods*, 12(14), 2806.
- [55] Phopin, K., Wanwimolruk, S., Norkaew, C., Buddhaprom, J., & Isarankura-Na-Ayudhya, C. (2022). Boiling, blanching, and stir-frying markedly reduce pesticide residues in vegetables. *Foods*, 11(10), 1463.
- [56] Radwan, M. A., Abu-Elamayem, M. M., Shiboob, M. H., & Abdel-Aal, A. (2005). Residual behaviour of profenofos on some field-grown vegetables and its removal using various washing solutions and household processing. *Food and Chemical Toxicology*, 43(4), 553-557.
- [57] Shakoory, A., Yazdanpanah, H., Kobarfard, F., Shojaee, M. H., & Salamzadeh, J. (2018). The effects of house cooking process on residue concentrations of 41 multi-class pesticides in rice. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 17(2), 571.
- [58] Kim, M., Cho, M., Im, J., Seo, C., Park, C., & Im, M. H. (2025). Effect of Stir-Frying, Boiling, and Baking on Hexaconazole Residue Levels in Welsh Onion (*Allium fistulosum* L.). *Foods*, 14(2), 168.

- [59] Cui, J., Xu, J., Wu, X., Pan, X., Zheng, Y., & Dong, F. (2025). From washing to cooking: A comprehensive assessment of ten household processing methods on typical pesticide residues in cowpeas. *Food Research International*, 117446.
- [60] Fei-Baffoe, B., Dankwah, K. A., Sangber-Dery, A., Amuah, E. E. Y., & Sackey, L. N. A. (2024). Evaluation and implications of organophosphate pesticide residues in cabbage (*Brassica oleracea*). *Heliyon*, 10(14).
- [61] Food and Drug Administration (FDA). (2024). Selecting and serving produce safely. <https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/selecting-and-serving-produce-safely>
- [62] Liu, N., Dong, F., Liu, X., Xu, J., Li, Y., Han, Y., ... & Zheng, Y. (2014). Effect of household canning on the distribution and reduction of thiophanate-methyl and its metabolite carbendazim residues in tomato. *Food Control*, 43, 115-120.
- [63] Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*, 20(3), 207-220.
- [64] Rickman, J. C., Barrett, D. M., & Bruhn, C. M. (2007). Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(6), 930-944.