

## Limondarda Bulunan Bazı Fungisit Kalıntıları Üzerine Evsel Gıda İşleme Yöntemlerinin Etkisi

Büşra Acoğlu Çelik<sup>1,2</sup> , Perihan Yolcu Ömeroğlu<sup>1,2</sup>  

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa  
<sup>2</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bursa

Geliş Tarihi (Received): 26.11.2024, Kabul Tarihi (Accepted): 21.12.2024

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [pyomeroglu@uludag.edu.tr](mailto:pyomeroglu@uludag.edu.tr) (P. Yolcu Ömeroğlu)

📞 0 224 294 1401 📠 0 224 294 1402

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, limon meyvesi ve ürünlerindeki bazı fungusit kalıntılarında evsel işleme yöntemlerinin etkilerini belirlemektir. Araştırmada, limon ve işlenmiş ürünlerinde imazalil ve thiophanate-methyl kalıntılarının analizi için QuEChERS (Hızlı, Kolay, Ucuz, Etkili, Sağlam ve Güvenli) yöntemi başarıyla uygulanmıştır. Limonun meyve eti, suyu ve reçel gibi işlenmiş ürünlerinde gerçekleştirilen analizler, pestisit kalıntı seviyelerinin %88 ile %100 arasında önemli ölçüde azaltılabildiğini ortaya koymuştur. Bu durum, pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerine (log Po/w değeri, polarite ve çözünürlük gibi) ve limonun biyolojik yapısına bağlanmıştır. Ancak, limon kabuğu ve rendelenmiş dondurulmuş kabuk gibi ürünlerde pestisit kalıntı seviyelerinde artış gözlemlenmiştir. Bu artış, pestisitlerin kabuk yüzeyinde birikme eğilimiyle ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak, işleme faktörlerinin pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerine ve uygulanan işleme yöntemlerine bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Meyve eti, limon suyu ve reçel gibi ürünlerde işleme faktörleri 1'den küçük bulunmuş, bu da bu işlemlerin pestisit kalıntılarını azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. Öte yandan, kabuklu ürünlerde işleme faktörlerinin 1'den büyük olduğu ve bu işlenmiş ürünlerde kalıntı birikiminin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Limon (*Citrus limas*), Pestisit kalıntıları, Fungisit, Evsel gıda işlemleri, İşleme faktörü

### Effect of Household Food Processing Methods on Some Fungicide Residues in Lemons

#### ABSTRACT

The aim of this study is to determine the effects of household processing methods on certain fungicide residues in lemon fruit and its products. In the research, the QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe) method was successfully applied for the analysis of imazalil and thiophanate-methyl residues in lemons and processed products. Analyses on the fruit pulp, juice, and processed products like jam revealed that pesticide residue levels could be significantly reduced by 88 to 100%. This was attributed to the physicochemical properties of the pesticides (e.g., log Po/w value, polarity, and solubility) and the biological structure of lemon. However, an increase in pesticide residue levels was observed in products such as lemon peel and grated frozen peel. This increase was associated with the tendency of pesticides to accumulate on peel surface. Consequently, it was observed that processing factors varied depending on the physicochemical properties of the pesticides and the processing methods applied. Processing factors were less than 1 in products such as fruit pulp, lemon juice, and jam, indicating that these processes are effective in reducing pesticide residues. On the other hand, processing factors were greater than 1 in peel-containing products, indicating higher residue accumulation in these processed products.

**Keywords:** Lemon (*Citrus limas*), Pesticide residues, Household food processing, Processing factor

## GİRİŞ

Limon, zengin besin içeriği ve sağlık üzerindeki çeşitli yararlarıyla dikkat çeken bir turunđil meyvesidir. Yüksek C vitamini içeriği, bağişıklık sistemini desteklemenin yanı sıra hücresel oksidatif stresi azaltarak kronik hastalıklara karşı koruma sağlamaktadır [1]. Öte yandan, limonun besin profili potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi temel minerallerin yanı sıra anti-inflamatuar özelliklere sahip flavonoidleri de içermektedir; bu biyoaktif bileşiklerin kardiyovasküler sağlığı desteklediği ve yaşlanma belirtilerini azaltmada etkili olduğu bilinmektedir [2, 3]. Son yıllarda dünya genelinde ve Türkiye'de limon üretiminde bir artış gözlemlenmektedir. 2023-2024 döneminde küresel narenciye üretiminin yaklaşık 103.7 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir. Türkiye'de ise özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde yoğunlaşan limon üretimi, 2022-2023 sezonunda yaklaşık 1.4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye, küresel limon ticaretinde önemli bir konuma sahip olup üretiminin %50'sinden fazlasını ihraç etmektedir [4]. Dünya apında İspanya, Arjantin ve Meksika gibi ülkelerle rekabet eden Türkiye, zellikle Avrupa pazarında gcl bir yere sahiptir. FAO verileri, dünya genelinde limon üretim alanlarının genişlediğini ve artan talebe bağlı olarak üretim de yükseldiğini göstermektedir [5].

Limon retimindeki bu artış, aynı zamanda pestisit kalıntılarının kontrol edilmesi gerekliliğini de gündeme getirmektedir. Limonun besin değeri kadar pestisit kalıntılarının gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından oluşturduğu riskler de önemlidir [6, 7]. Tarımda yaygın olarak kullanılan pestisitlerin yanlış veya aşırı dozlarda uygulanması, ürünlerde istenmeyen düzeyde kalıntı birikimine yol açarak tüketicisi sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu doğrultuda, limon gibi ürünlerin tüketicisi güvenliğini artırmak amacıyla çeşitli gıda işleme yöntemleri uygulanarak pestisit kalıntıları azaltılmaktadır. Bu bağlamda, pestisitlerin insan sağlığı üzerindeki olası etkileri ve işleme yöntemlerinin bu kalıntıları azaltmadaki etkinliğini inceleyen çalışmalar önemli bir yere sahiptir [7-12].

Tarımsal ürünlere zarar yapan ve ürün kayıplarına neden olan pestleri (böcek, mikroorganizma, fungus ve yabancı) kontrol altına almak amacıyla çeşitli pestisitler yaygın olarak kullanılmaktadır [13-15]. Bu bağlamda, sistemik özellikteki imazalil ve thiophanate-methyl, fungusitleri özellikle turunđil ürünlerinde sıkça uygulanan iki önemli pestisit olarak öne çıkmaktadır [6, 11, 16, 17]. İmazalil, turunđillerde fungal hastalıkların kontrolünü sağlamak ve ürünün raf ömrünü uzatmak amacıyla öncelikli olarak tercih edilmektedir. Hidrofobik özelliklere sahip olması nedeniyle kabukta daha yüksek birikme eğilimindedir; bu durum, kabuğun işleme tabi tutulmasıyla pestisit kalıntı düzeyinde azalmalara yol açabilmektedir [18, 19]. Öte yandan, thiophanate-methyl, geniş spektrumlu bir fungusit olarak mantar kaynaklı hastalıkların önlenmesinde etkili olup, uygulamadan sonra bitki içinde sistemik bir dağılım göstermektedir. Her iki pestisit de özellikle turunđillerde hasat sonrası süreçlerde kullanılmakta olup, ürünlerin sağlık ve kalite standartlarını koruma amacıyla tercih

edilmektedir [20, 21]. Ancak, hasat sonrasında ürünlerde kalıntı olarak bulunabilen bu pestisitler, tüketicilerin kontrolü dışında olup, insan sağlığına zarar verebilmekte ve dünya genelinde gıda ürünlerinin ticaretine önemli bir engel teşkil etmektedir. Gıdalardaki pestisit kalıntılarının konumu; gıda materyalinin türü ve miktarı, kullanılan pestisit molekülünün kimyasal özellikleri ve çevresel koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir [22]. Ancak, bu pestisitlerin kalıntıları tüketicisi sağlığı ve evre açısından olumsuz etkiler yaratabileceğinden, ürünlerdeki kalıntı seviyelerinin kontrolü ve azaltılmasına yönelik önlemler alınması büyük önem arz etmektedir [18, 23].

Pestisitlerin tarımsal üretim süreçlerinde kullanımı, özellikle hasat öncesi ve sonrası aşamalarda mahsul verimliliğini artırarak üreticilerin ekonomik getirisini yükseltmektedir. Ancak, bu kimyasalların hatalı veya gereğinden fazla kullanımı, gıda ürünlerinde kalıntı birikimine yol açarak insan sağlığı üzerinde potansiyel zararlara ve çevresel kirliliğe neden olabilmektedir. Bu durum, hem gıda güvenliği standartlarını tehdit etmekte hem de sürdürülebilir tarım uygulamaları üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır [24-26]. Hasat döneminde tketicilen ham tarımsal ürünlerde (Raw Agricultural Commodity-RAC) maksimum kalıntı limitlerinin (MRL) aşılması riski bulunmakta olup, tüketicisi öncesinde bu ürünlerin büyük çoğunluğu çeşitli işleme aşamalarından geçirilmektedir [27]. Nitekim, gıdalardaki pestisit kalıntı seviyeleri; yıkama, soyma, meyve suyu sıkma, kaynatma, kurutma, fermentasyon veya pişirme gibi temel işleme yöntemleriyle azaltılabilir. Bununla birlikte, pestisitlerin işleme süreçlerinde kimyasal yapı değişikliklerine uğrayarak toksisiteyi artırabileceği veya azaltılabileceği de bilinmektedir. Özellikle imazalil ve thiophanate-methyl gibi pestisitlerin moleküler yapılarındaki değişiklikler, tüketicisi sağlığı açısından potansiyel riskler oluşturabilir [28]. Bu bağlamda meyve ve sebzelerin uygun işleme yöntemleriyle işlenmesi, kalıntı seviyelerini azaltarak tüketicisi güvenliğini sağlama açısından önem arz etmektedir [16, 29, 30]. İşleme faktörü (İf), işlenmiş gıdalardaki pestisit kalıntı seviyesinin, ham tarımsal üründeki kalıntı seviyesine oranı olarak tanımlanır [27]. Bu değer, gıda işleme sırasında pestisitlerin ne lde indirgenip indirgenmediğini belirlemek için kritik bir gösterge olarak kullanılır. İf değeri, pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri (suda znrlk, log Po/w vb.) ve pestisitlerin uygulama zamanlaması gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir [7, 30]. Özellikle işlenmiş ürünlerin güvenilirliği açısından, İf değerlerinin değerlendirilmesi büyük önem taşırmaktadır [31]. Sonuç olarak, pestisitlerin tarımsal üretim süreçlerinde etkin kullanımı ürün verimini artırırsa da aşırı veya yanlış kullanımları sağlık risklerini beraberinde getirebilir. Bu sebeple, pestisit kalıntılarının denetimi ve kullanılan gıda işleme tekniklerinin etkinliği, gıda güvenliği ve halk sağlığı açısından hayati önem taşırmaktadır. Gıda rnlerindeki pestisit kalıntılarının insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri, günümüzde önemli bir tartışma konusudur. İmazalil ve thiophanate-methyl gibi yaygın olarak kullanılan fungusitlerin kalıntılarının yüksek seviyelerde bulunması, kanserojen etkiler, hormonal dengesizlikler ve bağişıklık sisteminin zayıflaması gibi sağlık sorunları

ile ilişkilendirilmektedir [15, 32]. Bu durum, tüketici güvenliği açısından pestisit kalıntılarının daha sıkı kontrol edilmesi gerekliliğini gündeme getirmektedir.

Tüketiciler tarafından sıklıkla tercih edilen ev tipi işleme yöntemleri, pestisit kalıntılarının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmanın amacı, limon meyvesinde bulunan imazalil ve thiophanate-methyl pestisitlerinin kalıntılarını azaltmaya yönelik farklı işleme tekniklerinin etkinliğini değerlendirmektir. Ayrıca, bu kimyasalların fizikokimyasal özellikleri ve halk sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri ile ilgili literatür de kapsamlı bir şekilde ele alınacaktır. Pestisitlerin işleme süreçlerinde kimyasal yapılarındaki değişiklikler, toksisiteyi artırabileceği veya azaltabileceği için, bu tekniklerin pestisitlerin yapısal özellikleri üzerindeki etkilerini anlamak büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, evde uygulanan işleme yöntemlerinin imazalil ve thiophanate-methyl kalıntılarının azaltılmasındaki etkinliğini ortaya koymak amacıyla yapılacak değerlendirme, halk sağlığı açısından kritik bir öneme sahiptir. Sonuç olarak, çalışmamız, limon meyvesindeki bu pestisit kalıntılarının ev tipi işleme teknikleriyle nasıl azaltılabileceğini incelemeyi hedeflemektedir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Bursa'daki bir pazardan aynı yıl yaklaşık 30-40 kg ağırlığında limon örnekleri (*Citrus lamas*) temin edilmiştir. Bu örnekler, analitik işlemler öncesinde 5-7°C sıcaklık ve %90-95 bağıl nem koşullarında uygun şartlarda muhafaza edilmiştir. Toplu örneklerde yer alan limonların bireysel kütleleri 156 g ile 185 g arasında değerliklik gösterdiğinden, Avrupa Komisyonu'nun yasal düzenlemeleri [33] doğrultusunda, en az 1 kg ağırlığında ve en az 10 meyve içeren laboratuvar örnekleri hazırlanmıştır. Toplu örneklerden üçü "işlem görmemiş kontrol grubu (K)" olarak ayrılmış, geri kalan laboratuvar örnekleri ise ilerleyen kısımlarda detaylandırılan pestisit uygulama sürecine tabi tutulmuştur.

### Kimyasal ve Çözeltiler

QuEChERS ekstraksiyon kitleri, 6000 mg susuz magnezyum sülfat ( $MgSO_4$ ) ve 1500 mg susuz sodyum asetat (NaOAC) içeriğine sahip olarak tedarik edilmiştir. Ayrıca, 1200 mg  $MgSO_4$  ve 400 mg birincil ve ikincil aminler (PSA, partikül boyutu 40  $\mu m$ ) içeren temizleme kitleri Chromabond (Almanya) firmasından sağlanmıştır. Pestisit kalıntı analizlerinde kullanılmak üzere gerekli çözücüler olan asetonitril, buzlu asetik asit, metanol ve formik asit gibi kimyasallar ise Merck (Almanya) firmasından temin edilmiştir. Pestisit kalıntı analizleri için her biri %99 saflıkta olan imazalil ve thiophanate-methyl standartları, Dr. Ehrenstorfer (Almanya) tarafından sağlanmıştır.

Çalışmada pestisit çözeltilerinin hazırlanmasında, %1 asetik asit içeren asetonitril ile 1 mg/mL konsantrasyonunda stok çözeltiler oluşturulmuştur. Bu stok çözeltiler, 20 ila 800  $\mu g/L$  aralığında olacak şekilde çeşitli seyreltmeler yapılarak çalışma çözeltilerine

dönüştürülmüştür. Hedef analitlerin konsantrasyon aralığını kapsayacak şekilde yedi farklı seviye matrisle eşleştirilmiş kalibrasyon standartları, çalışma çözeltilerinden türetilmiştir. Stok çözeltiler, -18 °C'de kahverengi cam şişeler içinde bir yıl boyunca saklanmış; kısa süreli çözeltiler ise 4°C'de en fazla bir hafta boyunca muhafaza edilmiştir. Tüm analizlerde, Merck National Q saflaştırma sisteminden elde edilen deiyonize su kullanılmıştır.

### Cihaz

Pestisit kalıntı analizleri için, Agilent 1260 II model LC-MS-MS-6470A sıvı kromatografisi-tandem kütle spektrometresi (LC-MS/MS) sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu sistemde 2.1 mm  $\times$  150 mm  $\times$  2.7  $\mu m$  boyutlarında Agilent Poroshell  $C_{18}$  analitik kolonu kullanılmıştır. Kütle spektrometresi için çalışma parametreleri, 325°C ısı bloğu sıcaklığı, 400°C kurutma gazı sıcaklığı, püskürtme gazı için 10 L/dakika, kurutma gazı için 11 L/dakika ve nebulizatör gazı için 14 L/dakika azot gazı akış hızları ile ayarlanmıştır. Kılcal voltaj 3000 V olarak belirlenmiştir. Analiz, her bir bileşen için pozitif elektrosprey iyonizasyon (ESI) modunda gerçekleştirilmiştir.

Mobil faz, 0.3 mL/dakika akış hızında, %0.1 formik asit içeren 5 mM amonyum asetat (bileşen A) ve metanol-su karışımından (bileşen B) oluşmaktadır. Gradyan elüsyon programı, ilk olarak 0.5 dakika boyunca %80 A ve %20 B ile başlar, ardından 10 dakika içinde %95 B'ye doğrusal olarak artar ve 3 dakika boyunca bu oran korunur. Toplam koşum süresi (total run time) 13 dakika olup, ardından başlangıç koşullarını kullanan son 3 dakikalık bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sırasında akış hızı 0.5 mL/dakika ve enjeksiyon hacmi 1  $\mu L$  olarak belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan diğer ekipmanlar arasında homojenizatör (Recht GM 200, Haan, Almanya), soğutmalı santrifüj (Sigma 2-16P, Osterode, Almanya), üstten yüklemeli hassas terazi (Shimadzu ATX224, Japonya), 5 mL'lik politetrafloroetilen (PTFE) şırıngalar, 0,45  $\mu m$  gözenek çapına sahip PTFE filtreler, Eppendorf otomatik pipetler (10, 100, 1000  $\mu L$ ) ve 1.5 mL vial şişeleri yer almaktadır.

### Pestisit İşlemi

Bu çalışmada kullanılan limon örneklerinin aktif maddeleri, tarımsal uygulamalarda yaygın kullanım alanlarına ve kalıntı bulunma sıklıklarına dayalı olarak belirlenmiş ve laboratuvar ortamında ticari formülasyon çözeltilerine daldırılarak hazırlanmıştır [7, 16, 23, 34, 35]. Bu yöntemle, laboratuvar örneklerinde hem birimler arası hem de birim içi homojen bir dağılım sağlanmış ve tespit edilebilir düzeyde kalıntı elde edilmiştir [34]. Ticari formülasyonlar olarak, imazalil ve tiyofanat-metil sırasıyla Emtop (60%, ıslanabilir toz) ve Novamite (110 g/L, süspansiyon konsantre) şeklinde seçilerek yerel bir marketten temin edilmiştir.

İşleme faktörlerinin hesaplanmasında temel kriterlerden biri, kalıntılarının ham tarımsal ürünlerde (RAC) tespit

edilebilir seviyede olmasdır. Bu nedenle, bitki koruma ürünlerinin önerilen dozların üzerinde uygulanmasına izin verilir ve RAC'ler hasat döneminden önce toplanabilir [27]. Ön alışmalar temel alınarak, formülasyonlar önerilen dozun yaklaşık bir ila dört katı olacak şekilde hazırlanmıştır [7, 16, 35]. Hazırlanan formülasyon çözeltileri, yeterli sayıda plastik kap içinde 10 L'lik karışımlar halinde hazırlanmış ve tüm limon örnekleri 30 dakika süreyle bu çözeltilere daldırılmıştır. İşlem sonrası örnekler, polipropilen örtüler üzerinde 3-4 saat boyunca güneş ışığında kurutulmuş, ardından analiz öncesi +4°C'de 1 gün süreyle muhafaza edilmiştir.

### Evsel İşlemler

Uygulanan evsel işlemlerin yöntemi Acoğlu elik ve Yolcu meroğlu tarafından [7] detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Ticari formülasyonlarla ilaçlanan ve ilaçlanmayan örneklerden, üç laboratuvar örneği sırasıyla ilaçlanmış kontrol numunesi (İK) ve ilaçlanmamış kontrol numunesi (K) olarak ayrılmıştır ve bu örnekler hiçbir ev tipi işleme yöntemine maruz bırakılmamıştır. Bu kontrol numuneleri, işleme adımlarının etkilerini değerlendirebilmek ve uygulanan tedavi yöntemlerinin karşılaştırılması için baz alınan örnekler olarak saklanmıştır. Her bir işlem adımı, farklı üç laboratuvar örneği ile üç kez tekrarlanmıştır. İşlem öncesinde, her bir meyve birimi 2-3 dakika boyunca akan musluk suyu altında yıkanmıştır. *Kabuk Soyma İşlemi (S)* ve *Meyve Eti (ME)* numunelerini elde etmek için limon örneklerinin kabukları ve beyaz iç kısımları, meyve eti kısmından bıçak yardımıyla dikkatlice ayrılmıştır. Kabuk/meyve ağırlık oranları (%) %26 ile %32 arasında değişmiştir. *Limon Suyu Üretimi (LS)* aşamasında limon örnekleri, mutfak bıçağı kullanılarak iki eşit parçaya ayrılmış ve limon suyu, bir mutfak robotu (Arzum, Türkiye) yardımıyla elde edilmiştir. Elde edilen limon sularının ortalama pH değeri, Mettler Toledo Seven Compact pH/İyon pHmetre (Kanada) kullanılarak 2.2±0.05 olarak belirlenmiştir. *Limon Kabuğu Rendelenmesi ve Dondurulmuş Koşullarda Saklanması (LRD)* aşamasında limon kabukları rendelenmiş ve -20°C'de üç ay boyunca saklanmıştır. Saklama süresi boyunca her ay analitik örnekler alınmıştır. Limon kabukları, meyve etleri, limon suyu ve rendelenmiş kabuklar, sonraki analizlere kadar polipropilen numune kaplarında -20°C'de muhafaza edilmiştir. *Limon Reçeli Üretimi (LR)* için [35] tanımlanan tarif uygulanmıştır. Çalışma kapsamında, meyvenin dış kabuğu hassas bir şekilde rendelenerek çıkarılmış ve ardından posaların 15 dakika süreyle üç defa su içerisinde kaynatılmıştır. Dış kabuğun acı tadını gidermek amacıyla her kaynatma işlemi sonrası su taze su ile değiştirilmiştir. Üretimin diğer aşamaları ise geleneksel reçel üretim yöntemlerine paralel olarak, 95°C'de 30 dakika süreyle pişirme işleminden oluşmaktadır. Elde edilen reçellerin ortalama pH değeri 3.45±0.06, suda çözünür kuru madde miktarı (Brix) ise 72.65±0.64 g/100 g olarak belirlenmiştir (RA-

500 Model Kyoto Electronics Manufacturing Co. Ltd., Japonya). Limon reçeli, sonraki analizlere kadar oda sıcaklığında saklanmıştır.

### Pestisit Kalıntı Analizi

Her bir laboratuvar örneği, pestisit kalıntı analizi sürecinde ayrı ayrı işlenmiştir. Laboratuvar numunelerinin homojenizasyonu için, K, İK, S, ME kodlu örneklerde bulunan her bir limon dörde bölünmüş ve çapraz karşılıklı iki kısım alınarak, 2-3 mm partikül boyutuna ulaşana kadar homojenize edilmiştir (RechtGM 200, Haan, Almanya). LR kodlu laboratuvar örnekleri tamamen homojenize edilirken, LRD ve LS kodlu örnekler bu işleme tabi tutulmamıştır. Laboratuvar örneklerinden alınan analitik örnekler, ekstraksiyon ve clean-up (temizleme işlemi) adımlarına kadar -20°C'de PTFE örnek kaplarında muhafaza edilmiştir. Pestisit kalıntı analizinde kullanılan ekstraksiyon, clean up ve sıvı kromatografisi-tandem kütle spektrometresi (LC-MS/MS) prosedürleri, QuEChERS [36] olarak bilinen ve geçerliliği kanıtlanmış standart çoklu kalıntı analiz yöntemi temel alınarak uygulanmıştır. Bu metodoloji, çeşitli pestisitlerin analizi için hızlı, kolay, ucuz, etkili, sağlam ve güvenli ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, aynı anda birden fazla kalıntı analizi yapabilme yeteneği ile tanınmakta olup, yüksek verimlilik sağlamaktadır. Yöntemin ayrıntıları, LC-MS/MS tanımlamaları ve ekipman parametreleri Tablo 1'de sunulmuştur. Bu standartlaştırılmış yöntem, farklı örnek tiplerinde pestisit kalıntı analizlerinde yüksek doğruluk ve tutarlılık sağlar.

Metodun uygulanmasından önce laboratuvarımızda yapılan yöntem doğrulama (method verification) alışması ile analizlerin güvenilirliği sağlanmış ve her analiz serisi sırasında kalite kontrol alışmaları, Avrupa Birliği SANTE/11312/2021 Rehber Belgesi [37] ve EURACHEM yönergeleri [38, 39] doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu kalite güvence prosedürleri, analizlerin doğru ve tutarlı sonuçlar üretmesini sağlamak amacıyla büyük bir titizlikle uygulanmıştır.

### İşleme Faktörü

İşlem faktörü (İf), ham tarımsal ürünlerdeki pestisit miktarının, işlenmiş ürüne oranıdır [27, 30]. 1'den küçük veya daha yüksek bir faktör, sırasıyla azalma veya artmayı göstermektedir. İşleme faktörünün denklemi eşitlik 1'de verilmiştir.

$$İf = \frac{B}{A} \quad (1)$$

Burada B, işlenmiş limon numunelerindeki (S, ME, LS, LRD ve LR) kalıntı seviyesini ifade eder. A ise ham tarımsal ürünlerdeki (İK) kalıntı seviyesini ifade eder.

Tablo 1. Pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri [40] ve LC-MS/MS koşulları

*Table 1. Physicochemical properties of pesticide [40] and LC-MS/MS conditions*

Aktif Bileşenler		Imazalil	Thiophanate-methyl
Pestisit Özellikleri	Molekül Formülü	C <sub>14</sub> H <sub>14</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> N <sub>4</sub> O <sub>4</sub> S <sub>2</sub>
	Etli Şekli	Sistemik	Sistemik
	Molekül Ağırlığı (g/mol)	297.179	342.388
	Suda çözünürlük (mg/L)	180 (20°C)	26.6 (20°C)
	Log Po/w <sup>1</sup>	3.82	1.50
	Kaynama Noktası (°C)	347	342
LC-MS/MS Koşulları	Alıkonma Zamanı (t <sub>R</sub> )	8.685	7.953
	MRL (mg/kg)	5	6
	LOQ (mg/kg)	0.01	0.01
	Kone Voltajı	120	120
	Öncül İyon	297.1	343.1
	Parçalanma İyonu	41.2	151
	Çarpışma Enerjisi	-21	-3

<sup>1</sup>Log Po/w "Pestisitlerin oktanol/su bölme katsayısı (LogPo/w), bir bileşiğin oktanol içindeki çözünürlüğünün (polar olmayan bir çözücü) sudaki çözünürlüğüne (polar bir çözücü) oranını temsil eder.

<sup>1</sup>The octanol/water partition coefficient (Log Po/w) represents the ratio of a compound's solubility in octanol (a nonpolar solvent) to its solubility in water (a polar solvent).

## İstatistiksel Analiz

Tüm evsel işlemler üç tekrarlı olarak yürütülmüş; her laboratuvar örneği için pestisit kalıntı analizleri iki tekrarlı şekilde gerçekleştirilmiş ve her bir analitik örnek için LC-MS/MS enjeksiyonları iki kez yapılmıştır. Elde edilen veriler, ortalama ± standart sapma olarak raporlanmıştır. Farklı işlem yöntemlerinin pestisit kalıntı seviyeleri üzerindeki etkilerini ve işlem faktörlerinin indirgeme oranlarındaki anlamlı farklılıklarını belirlemek amacıyla Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmış, anlamlı farklılıkların tespiti için ise Tukey Post Hoc testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizler SPSS yazılımı (sürüm 28.0; SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapılmış olup, p < 0,05 düzeyi istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Pestisit kalıntı analizlerinde uygulanan analitik yöntemin doğrulanması laboratuvarımızda başarıyla doğrulanmış olup, portakal [35] ve limon [7] matrislerinde yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yöntemin ortalama geri kazanım oranı (doğruluk ölçütü olarak %70-120 aralığında), kesinlik (tekrarlanabilirlik ve ara kesinlik için görelî standart sapma, RSD<sub>r</sub> ve RSD<sub>w</sub> < %20) ve LOQ değeri (0.01 mg/kg < MRL), Avrupa SANTE/11312/2021 Kılavuz Belgesi [37] tarafından belirlenen kriterlere uygun bulunmuştur. Bunun yanı sıra, ölçüm belirsizliği de maksimum %50 görelî genişletilmiş belirsizlik sınırına uygun olacak şekilde hesaplanmıştır. Analitik yöntemin doğrusallığını değerlendirmek ve her numunede mevcut kalıntı seviyelerini ölçmek amacıyla, her analiz partisinde yedi noktali matris uyumlu bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Bu eğri, 10 µg/kg ile 1500 µg/kg aralığındaki konsantrasyonları kapsamaktadır. Kalibrasyon eğrisi, yöntemin hesaplama sınırının (LOQ) altında kalıntı seviyelerine sahip kontrol limon örneklerinin ekstraktlarından hazırlanmıştır. Ağırlıklı doğrusal regresyon analizi sonucunda, belirleme

katsayısı (R<sup>2</sup>) 0.9990'dan büyük olan bir kalibrasyon fonksiyonu elde edilmiştir; böylece konsantrasyonların µg/kg cinsinden hesaplanması mümkün hale getirilmiştir [41]. Ayrıca, her bir analitik parti süresince konsantrasyon sapmaları ve geri kazanım oranları içeren kalite kontrol süreçleri uygulanmıştır. Kalibrasyon fonksiyonu kullanılarak standartların gerçek konsantrasyonları ile hesaplanan değerler arasındaki farklılıklar sistematik olarak analiz edilmiştir. Bu sapmalar, her partiye özel kalite kontrol süreci kapsamında değerlendirilmiş ve -%3.0 ile %19.0 arasında değişmiştir. Bu oranlar sırasıyla, SANTE/11312/2021 Kılavuz Belgesi'nde [37] belirtilen ±%20 ve kabul sınırları ile uyumludur. Ayrıca, ölçüm sınırı (LOQ) seviyesinde kör limon örneklerine analit eklenerek yapılan analizlerde, her partideki bireysel geri kazanım oranlarının %83 ile %117 arasında değiştiği saptanmış ve bu oranlar kılavuzda belirtilen %60-140 aralığına uygun bulunmuştur [37].

## Fungisit Kalıntılarının Evsel Gıda İşlemleri Sırasında Değişiminin İncelenmesi

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) tarafından 2008 yılında yayımlanan rehberde, işleme faktörlerinin hesaplanabilmesi için, işlenmemiş tarımsal ürünlerdeki kalıntı seviyelerinin tayin limitinin (LOQ) üzerinde olması gerektiği belirtilmiştir [27]. Laboratuvar koşullarında, daldırma yöntemi ile ilaçlanan ancak işlem görmemiş limonlarda tespit edilen pestisit kalıntı seviyeleri 0.014 mg/kg ile 4.173 mg/kg arasında değişmiştir (Tablo 2). Bu seviyeler, analiz metodunun LOQ seviyesi olan 0.010 mg/kg'dan yüksek olduğundan, OECD kriterleriyle uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 2'de sunulan istatistiksel analiz, farklı evsel işleme yöntemlerinin, İK örneklerinde gözlemlenen kalıntı seviyeleri ile karşılaştırıldığında, evsel gıda işleme yöntemlerinin kalıntı seviyelerini önemli ölçüde değiştirdiğini (p < 0.05) göstermektedir.

## Kabuk Soyma İşlemi ve Meyve Eti

Soyma işlemi (S), çeşitli meyve ve sebzelerin işlenmesinde kritik bir ilk aşama olarak kabul edilmektedir. rnlerin dış katmanlarını veya kabuklarını çıkarmak amacıyla uygulanan bu işlem, pestisit kalıntılarının seviyesini azaltmada etkili bir yöntem sunar. Evsel işlemlerde yaygın olarak kullanılan mekanik soyma, meyve etindeki (ME) pestisit kalıntılarını azaltmada başarılı olurken, endüstriyel süreçlerde sıklıkla tercih edilen kimyasal soyma ise bu etkiyi daha da artırmaktadır [42]. Araştırmalar, mekanik ve kimyasal soyma yöntemlerinin yanı sıra buharla soyma ve dondurma gibi çeşitli tekniklerin de pestisit kalıntılarını etkin bir şekilde azaltabileceğini göstermektedir. Ancak, bu yöntemlerin etkinliği; pestisitlerin kimyasal yapısı, sistemik yayılım durumu ve çevresel koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir [43, 44]. Pestisitlerin büyük bir kısmı doğrudan ürünlerin yüzeyine uygulandığından, kabuk soyma işlemi, kütikül tabakasına nüfuz etmiş pestisit kalıntılarını azaltmada en etkili yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir [7, 44]. Limon kabuklarına uygulanan kabuk soyma işleminin sonucunda, kontrol rnekleriyle (İK) karşılaştırıldığında kalıntı konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı bir artış meydana gelmiştir ( $p < 0.05$ ). Konsantrasyondaki artış 1.8 ila 3.2 kat arasında değişmiştir. Limon kabuklarının meyve posasından ayrılması, pestisit kalıntılarında dikkate değer bir azalmaya neden olmuştur. Özellikle soyma işlemi, posadaki imazalil kalıntısını %97 oranında, thiophanate methyl konsantrasyonunu ise %94 oranında azaltmıştır. Bu bulgu, kabukların uzaklaştırılmasının pestisit maruziyetini önemli lde düşürebileceğini göstermektedir. Özellikle kabuk soyma işlemi, yüzeyde birikmiş olan pestisitlerin uzaklaştırılmasında etkili olmuş, meyve etinde kalan pestisit seviyelerinde belirgin bir azalma sağlamıştır. Bu sonuç, pestisitlerin büyük lde kabuk kısmında yoğunlaştığını ve soyma işlemiyle önemli lde bertaraf edilebileceğini ortaya koymaktadır. Limon ve benzeri turunçgil ürünlerinde tüketicisi sağlığını koruma açısından kabuğun uzaklaştırılmasının etkili bir yöntem olduğu sonucuna varılabilir. Bulgularımızla uyumlu olarak [45] araştırmasında limon örneklerinde fenhexamid kalıntısının %43'ünün kabuktan albedoya, %18'inin ise albedodan meyve etine geçtiği belirlenmiştir. Portakal örneklerinde, imazalil kalıntısının %58'inin kabuktan albedoya, yalnızca %6'sının ise meyve etine geçtiği saptanmıştır. Mandalina örneklerinde ise imazalilin yalnızca %1.6 oranında meyve etine geçiş yaptığı tespit edilmiştir. Fungisitlerin meyve etine geçiş oranının nispeten düşük olmasının, analiz edilen bileşiklerin ve meyve kabuklarının fizikokimyasal özelliklerinden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Ayrıca, kabuklardaki pestisit seviyelerinin, bütün meyvelere kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu ortaya konmuştur. rnlerin menşei hakkında yeterli bilgiye sahip olunmaması da göz önünde bulunduğunda, narenciye kabuklarının yemek veya içecek hazırlamada kullanılmasının önerilmediği vurgulanmıştır. Portakal kabuklarında imazalil konsantrasyonunun 3.5 ila 3.6 kat arasında arttığı tespit edilmiştir [46]. Turunçgil meyvelerinde spirodiclofen kalıntısının kabuk ve meyve eti içindeki

dağılımını değerlendirmiştir. Kabuklarda, tüm turungillerle karşılaştırıldığında sırasıyla 5.1, 2.9 ve 1.9 kat oranında spirodiclofen konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir. Ancak meyve eti örneklerinde kalıntı seviyeleri hesaplama limit değerinin altında kaldığı saptanmıştır [47].

Bir başka çalışmada, limon, portakal, greylort, mandalina, pomelo ve misket limonu gibi altı farklı turunçgil türünde pestisit kalıntıları analiz edilmiştir. Çalışmada, en sık tespit edilen fungusit kalıntısı imazalil olup, bu kalıntıya test edilen örneklerin %88'inde rastlanmıştır. Bunu, örneklerin %57'sinde tespit edilen bir diğer fungusit olan pyrimethanil takip etmiştir. Kalıntılarının dağılımını değerlendirmek ve tüketicilerin diyet kaynaklı maruziyet riskini tahmin edebilmek amacıyla, kalıntılar kabuk ve meyve eti ayrı analiz edilmiştir. Turunçgil türüne ve çeşitine bağlı olarak, kabuk ile meyve eti arasındaki ağırlık oranı %15 (misket limonu) ile %42 (portakal) arasında değişiklik göstermiştir. Araştırmada, analiz edilen pestisitlerin çoğu için meyve etinde, kabuğa kıyasla belirgin şekilde daha düşük kalıntı seviyeleri tespit edilmiştir. Sistemik ve temas pestisitleri karşılaştırıldığında, temas pestisitlerinin büyük çoğunluğunun kabukta yoğunlaştığı belirlenmiştir. Öte yandan, sistemik pestisitlerde transfer oranı önemli lde daha yüksek olup, %30 (prochloraz) ile %70 (spirotramat) arasında değişmiştir. Bu durum, sistemik pestisitlerin püskürtüldüğünde bitki yapraklarına nüfuz etmesi ve bitki dokuları aracılığıyla meyveye geçerek posada, kabuktakine göre daha fazla yoğunlaşabilmesi ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir [48]. Benzer şekilde, literatürde yer alan diğer araştırmalar da kabuk soyma işleminin meyve ve sebzelerdeki pestisit kalıntılarını kayda değer oranda azalttığını göstermiştir [7, 20, 35, 47, 49, 50]. Pestisit kalıntılarının büyük bir kısmı, genellikle meyve kabuğunun soyulmasıyla birlikte uzaklaştırılmaktadır. Ancak, pestisit kalıntılarının sistemik olarak meyve dokusuna yayılması durumunda, soyma işlemi her zaman pestisit kalıntılarında belirgin bir azalmaya yol açmayabilir [42]. Elma kabuklarının soyulması, pestisit seviyelerinde %24 (carbendazim) ile %100 (triflumuron, thiodicarb, tebuconazole) arasında değişen oranlarda bir azalma sağlamıştır [11].

Portakallar üzerinde yapılan bir çalışmada, kabuklardaki pestisit içeriğinin, meyve etine kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu (%7.5-17.9) tespit edilmiştir. Fakat prochloraz kalıntısı için durum farklı olup, meyve etindeki seviyesi %65.4 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle turunçgil meyvelerinin kabukları genellikle doğrudan tkutilmez; ancak limon kabuğu, baharat değerisi taşıması nedeniyle bir istisna oluşturur [51]. Bunun yanı sıra, turunçgil kabukları, şekerleme ürünlerine katkı maddesi olarak işlenebilmekte veya esansiyel yağ üretimi için hammadde olarak kullanılabilir [11]. Bu bağlamda, pestisitlerin seviyelerinin izlenmesi ve uluslararası gıda güvenliği standartlarına uygunluğunun sağlanması, tüketicinin sağlığı açısından kritik öneme sahiptir [30].

Benzer bulgular, daha önce yapılan çalışmalarla da uyum göstermektedir. Örneğin, [52] tarafından

gerçekleştirilen bir araştırmada, soyma işleminin domatesteki thiophanate-methyl kalıntısında %84.2 ve carbendazim kalıntısında %87.3 oranında kayıplara neden olduğu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra, [53] tarafından yapılan bir başka çalışmada, domateslerin kabuklarının soyulmasının chlorothalonil, oxadixyl ve thiophanate-methyl kalıntılarında sırasıyla %96, %60 ve %94 oranında azalma sağladığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, farklı pestisit türlerinde soyma işleminin etkili bir azaltma yöntemi olabileceğini göstermektedir.

Bu araştırma kapsamında elde edilen bulgular, pestisitlerin kabuk tabakasında kaldığını ve meyve etine doğru difüzyonlarının düşük düzeyde gerçekleştiğini göstermektedir. Pestisit kalıntılarındaki artış, pestisitlerin etki mekanizmalarının yanı sıra, özellikle oktanol-su katsayısı (log Po/w) ve suda znrlk gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkilendirilebilir. İmazalil ve thiophanate-methyl her iki pestisit de sistemik etki göstermektedir; ancak imazalil, thiophanate-methyl'e kıyasla daha yüksek suda znrlk ve log Po/w (Tablo 1) değerlerine sahip olduğundan, daha fazla azalma göstermektedir. Bu durum, bu pestisitlerin meyve etine difüze olmak yerine, meyve kabuğundaki kütiküler mumlara veya daha derin katmanlara tutunma eğiliminde olduğunu göstermektedir [43, 54]. Turunçgillerin diş yüzeyinde yer alan ktin ve mum tabakalarının pestisit kalıntılarının fiziksel korunmasında kritik bir rol oynadığını rapor etmiştir [55]. Ayrıca, Liu ve ark. [56] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, turunçgil kabuklarındaki spirotramat kalıntılarının başlangıç konsantrasyonlarına göre arttığı belirlenmiştir. Bu durum, kütiküler balmumunun pestisit kalıntılarının meyve etine doğru difüzyonunu engelleyerek bir bariyer görevi gördüğü şeklinde yorumlanmıştır. Bu bulgu, pestisit kalıntılarının meyve kabuğunda birikim eğilimini açıklamakta ve fizikokimyasal özelliklerin kalıntı dağılımındaki öneminin vurgulanmaktadır. Portakal [35] ve limon [7] üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarda benzer pestisit kalıntısı bulgularına ulaşmışlardır. Her iki çalışmada da, turunçgil ve limon kabuklarındaki kütiküler mum tabakasının, pestisit kalıntılarının meyve etine difüzyonunu engelleyerek etkin bir taşıma bariyeri görevi gördüğü sonucuna varılmıştır. Bu bulgular, farklı pestisit-matriks kombinasyonlarını ele alan çeşitli çalışmalarda da benzer şekilde gözlemlenmiştir. Özellikle kabukların soyulmasının, meyve etindeki pestisit kalıntılarını önemli lde azalttığı sıkça vurgulanmıştır; bu durumun, pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinden etkilendiği bildirilmektedir. Başka bir çalışmada, pestisitlerin kütiküler mum tabakasına tutunmasının, meyve etine doğru difüzyonunu fiziksel olarak engellediği belirtilmiştir [57].

Benzer şekilde, Liu ve ark. [58] tarafından yapılan araştırmada, üzüm meyvelerinin soyulması işlemi sonrasında dinotefuran, imidacloprid, acetamiprid, triadimefon, triadimenol, tebuconazole, azoxystrobin, pyraclostrobin, fluxapyroxad, pydiflumetofen ve difenoconazole gibi pestisit kalıntılarını incelenmiştir. Araştırma bulguları, soyma işleminin hedef pestisitlerin kalıntı seviyelerinde belirgin bir azalma sağladığını göstermiş; uzaklaştırma oranlarının %13 ila %91 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Bu durum, kabuk

zerinde bulunan mumsu tabakanın soyulmasıyla, pestisit kalıntılarının etkili bir şekilde azaltılabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu sonuçlar, önceki çalışmalarla da tutarlıdır [43, 53, 54, 55, 59]. Söz konusu araştırmalar, balmumu tabakasının pestisit kalıntılarının meyve etine geçişini kısıtlayarak koruyucu bir bariyer oluşturduğunu göstermiştir. Dolayısıyla, meyve yüzeyindeki pestisitlerin kütiküler tabaka tarafından engellendiği ve bu bariyerin ortadan kaldırılmasıyla birlikte kalıntı miktarında azalma gözlendiği sonucuna varılabilir. Bu durum, soyma işleminin fungusit kalıntılarının azaltılmasında önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

### Limon Suyu retimi

Meyve suyu eldesi, bitki dokularından sıvının karılması işlemidir ve hızlı bir şekilde büyük miktarlarda meyve suyu tüketmek, genellikle tercih edilen bir yöntemdir [60]. Bu çalışmada, limon meyvelerinin tamamı kullanılarak evsel yöntemlerle limon suyu (LS) elde edilmiş ve bu işlem sırasında pestisit kalıntı seviyelerinin işlenmiş numunelerde önemli lde değiştiği tespit edilmiştir.

Pestisit kalıntılarının meyvelerden meyve suyuna geçişi, meyve kabuğu ve posasında kalan miktarlara ek olarak, pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerine de bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Meyve suyu eldesi sırasında uygulanan santrifüjleme veya filtrasyon gibi berraklaştırma işlemleri, pestisit kalıntı seviyelerinde belirgin bir azalma sağlamaktadır. Bu berraklaştırma süreçlerinin, pestisitlerin sudaki znrlğ ve fiziksel ayrılabilirliği üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir, dolayısıyla meyve suyu ürünlerinde kalıntı miktarlarını azaltma potansiyeline sahiptir [43, 61]. Bu çalışmada, limon suyunda imazalil kalıntısının %92 oranında azalırken, thiophanate-methyl kalıntısı %88 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Limon meyve suyuna işlenirken yüksek oktanol-su bölme katsayısı (log Po/w) ile ilişkili olduğu düşünülerek imazalil kalıntısı daha fazla azalmıştır (Tablo 1).

Ev yapımı meyve suyu üretim sürecinde herhangi bir ısıtma işlemi (sterilizasyon/pastörizasyon) uygulanmadığından, meyve suyundaki pestisit kalıntılarındaki azalmanın, diş yüzeydeki balmumu ve kütiküler tabakaya pestisitlerin yapışmasına bağlanabileceği ve bunun da yüksek oktanol-su bölme katsayısı (log Po/w) ile ilişkili olduğu düşünülmektedir [34]. Domateslerden meyve suyu elde etme işlemi, her iki pestisitinin uzaklaştırılmasında en etkili yöntem olarak tespit edilmiştir. Domates suyunda metalaxyl kalıntılarında %66 oranında, chlorpyrifos kalıntılarında ise %98 oranında kayda değer bir azalma gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, bu yüksek azalma oranlarını, pestisitlerin fiziko-kimyasal özellikleri ve özellikle log Po/w (oktanol-su dağılım katsayısı) değerleri ile ilişkilendirmiştir. Yüksek log Po/w değerlerine sahip olan pestisitler, hidrofobik doğaları nedeniyle meyve suyu içerisinde daha az znmekte ve büyük lde kabuk veya posa kısmında tutulmaktadır [34]. Carbendazim, thiamethoxam,

imidacloprid, acetamiprid, prochloraz ve difenoconazole kalıntılarının, berrak ve bulanık elma suyu üretim süreçleri ile hızlandırılmış depolama koşullarındaki davranışları kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Berrak elma suyu üretiminde uygulanan enzimleme işlemi, pestisit kalıntılarında %1.9 ile %31.6 arasında düşük düzeyde bir azalmaya neden olmuştur. Klarifikasyon ve saflaştırma adımlarını takiben yapılan filtrasyon aşaması, kalıntı seviyelerinde %14.0 ile %87.5 arasında önemli bir azalma sağlamıştır. Öte yandan, bulanık elma suyu üretiminde santrifüj işlemi, pestisit kalıntılarında %6.3 ile %88.9 arasında değişen oranlarda azalmasına yol açmıştır. Elde edilen bulgular, farklı işleme adımlarının pestisit kalıntılarının azaltılmasında önemli bir rol oynadığını göstermekte ve meyve suyu üretim süreçlerinin kalıntı yönetimi üzerindeki etkisini vurgulamaktadır [62].

Başka bir çalışmada, üzümde meyve suyu üretimi sırasında dinotefuran, imidacloprid, acetamiprid, triadimefon, triadimenol, tebuconazole, azoxystrobin, pyraclostrobin, fluxapyroxad, pydiflumetofen ve difenoconazole kalıntıları incelenmiştir. Çalışmada, hedef pestisitlerin kalıntı seviyelerinde belirgin azalmalar gözlemlenmiş ve uzaklaştırma oranlarının %6 ile %62 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Posada ise nispeten daha yüksek düzeyde pestisit kalıntılarının tespit edilmesi, posanın düşük su içeriğine bağlı olarak pestisitlerin konsantrasyonunun artması ile ilişkilendirilmiştir [58]. Başka bir çalışmada, turunçgil meyve suyu üretimi sırasında prochloraz kalıntılarının başlangıçtaki seviyelere kıyasla %94.3 ve %94.5 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, kasugamisin kalıntılarında %96'nın üzerinde bir azalma kaydedilmiş, oxine-bakır kalıntılarında ise bu oranlar sırasıyla %95.6 ve %94.6 olarak belirlenmiştir. Fenaminstrobin kalıntılarında %94.2 ve %95.2 oranında azalma gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, turunçgil meyve suyu üretim süreçlerinin dört farklı fungusit kalıntısını etkili bir şekilde azaltabildiğini göstermektedir. Özellikle, yağda çözünebilir pestisitlerin büyük bir kısmının kabuk ve posada tutulduğu, bu nedenle meyve suyuna geçişinin sınırlı olduğu ifade edilmiştir. Bu durum, presleme ve posanın ayrılması gibi işleme adımlarının pestisit kalıntılarının gideriminde önemli bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır [63]. Benzer şekilde, tatlı portakal meyvesi ve yan ürünlerinde, endüstriyel meyve suyu üretim süreci boyunca spiropidion ve beş ana metabolitinin kalıntı seviyeleri incelenmiştir. Portakal suyu üretiminde uygulanan sıkma, filtrasyon, sterilizasyon ve konsantrasyon gibi işlem basamaklarının, pestisit kalıntılarını %34.2 ile %70.8 oranında azalttığı belirlenmiştir. Bu bulgular, meyve suyu işleme süreçlerinin pestisit kalıntılarının azaltılmasında etkili bir rol oynadığını vurgulamakta ve bu tür işlemlerin gıda güvenliği üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymaktadır [64].

Bir çalışmada, armut suyu üretimi sırasında chlorpyrifos kalıntılarının tamamen (%100) giderildiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde, elma suyu üretiminde mancozeb kalıntılarının %100 oranında ortadan kalktığı rapor edilmiştir [65]. Ayrıca, literatürde yer alan diğer çalışmalar, meyve suyu üretim süreçlerinde pestisitlerin

davranışları ile bu pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişkiyi desteklemektedir [34, 58, 63, 64, 66].

### Limon Kabuğu Rendelenmesi ve Dondurulmuş Koşullarda Depolanması

Dondurma, gıda kalitesini etkileyen kimyasal reaksiyonları engellemek için etkili bir yöntem olup, bu sayede gıdanın tadı, dokusu ve besin değeri alternatif koruma yöntemlerine kıyasla daha iyi korunmaktadır [43]. Limon kabukları, hem evsel hem de ticari dondurma yöntemleriyle korunabilir; bu sayede atıkların geri dönüştürülmesi sağlanır ve kabukların fizikokimyasal bütünlüğü bozulmadan raf ömrü uzatılır. Tablo 1'de, limon kabuğu üretimi sırasında ve -20°C'de saklama süresi boyunca pestisit kalıntılarındaki değişiklikler sunulmuştur. Limon kabuğuna işlendikten sonra, imazalil ve thiophanate-methyl kalıntılarının konsantrasyonlarının, kontrol limon örneklerine (İK) göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Üç aylık depolama süreleri sonucunda pestisit kalıntılarının anlamlı derecede azaldığı görülmüştür ( $p < 0.05$ ). Bu nedenle depolama süresinin kalıntı konsantrasyonlarını etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu gözlem, pestisitlerin limon meyvesinin dış yüzeyinde birikmesinden kaynaklanmaktadır. Çalışma kapsamında analiz edilen pestisitlerin yüksek yağ çözümlülükleri, bu pestisitlerin kalıntılarının limonun mumsu dış yüzeyine adsorplanmasına yol açmıştır. Bulgularımızla korelasyon gösteren çalışmalar literatürde yer almaktadır [7, 35].

Yapılan bir araştırmada, haşlama işlemleri, dondurma ve donmuş depolamanın (-20°C) pestisit kalıntıları üzerindeki etkisini incelemek ve on aylık bir süre boyunca ıspanakta bulunan chlorantraniliprole, lambda-cyhalothrin ve fluopicolide kalıntı miktarları incelenmiştir. Bu kapsamda, dondurulmuş depolama süresi (0-300 gün) boyunca, farklı sürelerle haşlanmış (2, 6 ve 10 dakika) ve ardından -20°C'de dondurulmuş ıspanak örneklerinde önemli değişiklikler gözlemlenmiştir. Chlorantraniliprole kalıntı düzeyleri, haşlama süresine bağlı olarak 2, 6 ve 10 dakika haşlanan örneklerde depolama süresinin sonunda (300. gün) sırasıyla 5.83, 12.15 ve 11.94 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerine ulaşarak anlamlı bir artış göstermiştir ( $p < 0.05$ ). Benzer şekilde, lambda-cyhalothrin kalıntılarında depolama süresince artış eğilimi tespit edilmiş; bu artış özellikle 105. günden itibaren belirginleşerek, 300. günde sırasıyla 4.17, 6.38 ve 8.63 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerine ulaşmıştır. Diğer yandan, fluopicolide içeriği, 2 dakika haşlanan örneklerde depolama süresince sabit kalmış; ancak 6 ve 10 dakika haşlanan örneklerde depolama süresinin sonunda anlamlı bir artış kaydedilmiştir [67]. Başka bir çalışmada, 14 yerel taze balık örneğinde (tilapia, kefal ve yayın balığı) yedi farklı pestisit (endosulfan, heptaklor, malathion, chlorpyrifos, bifenthrin, deltamethrin ve fenoxycarb) kalıntı seviyeleri incelenmiştir. Kontamine balıkların -70°C'de bir ay süreyle dondurularak muhafaza edilmesi, pestisit kalıntılarında yalnızca %6-30 oranında bir azalma sağlamıştır. Ancak bu süreç sonucunda elde edilen kalıntı seviyeleri, önerilen maksimum kalıntı limit değerlerinin altına düşmemiştir [68]. Elde edilen bu



bulgular, dondurma işleminin pestisit kalıntılarının giderilmesi üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Elde ettiğimiz sonuçlar, literatürde sunulan sınırlı verilerle genellikle korelasyon göstermektedir. Kabak örneklerinde  $-30^{\circ}\text{C}$ 'de 15 ve 30 günlük depolama koşullarında diethofencarb, pyriproxyfen, trifloxystrobin, imidacloprid ve myclobutanil kalıntıları incelenmiştir. Dondurma işlemi sonrasında ve depolama süresince, kabak örneklerinde trifloxystrobin ve myclobutanil kalıntı seviyelerinin büyük ölçüde korunduğu ve bu pestisitlerdeki kayıpların %1'in altında kaldığı belirlenmiştir. Buna karşılık, imidacloprid ve diethofencarb kalıntılarında sırasıyla %31.7 ve %9.8 oranında daha yüksek düzeyde kayıplar tespit edilmiştir. Ancak, depolama süresinin (15 ve 30 gün) bu pestisitlerin konsantrasyonları üzerinde anlamlı bir değişikliğe yol açmadığı gözlemlenmiştir. Buna karşın, düşük depolama sıcaklıklarının pestisit kalıntılarında etkisi üzerine yapılan bazı çalışmalarda azalmalar rapor edilmiştir [69]. Örneğin, mango örneklerinde  $-20^{\circ}\text{C}$ 'de difenoconazole kalıntılarında [70], taze, çiğ uskumru filetolarında  $-20^{\circ}\text{C}$ 'de piretroit pestisitlerde [71] ve elmalarda  $-25^{\circ}\text{C}$ 'de fungusit kalıntılarında [72] belirgin azalmalar gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar, düşük depolama sıcaklıklarının bazı pestisit türlerinde kalıntı düzeylerini önemli ölçüde azaltabileceğini ortaya koymaktadır. Düşük sıcaklıkların, organik bileşiklerin

kimyasal reaktivitesini ve bozunumunu azalttığı geniş bir şekilde kabul edilen bir durumdur. Pestisitlerle kontamine olmuş gıdaların çok düşük sıcaklıklarda depolanmasının, genellikle pestisit seviyeleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı bildirilmektedir [68]. Bununla birlikte, gıda örneklerinin matrisinde bulunan enzimler ve mikroorganizmalar, pestisit kalıntılarının bozunmasına yol açabilmektedir. Düşük sıcaklıklar, enzimatik ve mikrobiyal aktiviteleri sınırlayarak bu bozunmayı engelleyebilir, ancak aynı zamanda pestisit kalıntılarının stabilitesini de etkileyebilir [67]. Özellikle, dondurma işleminin rendelenmiş limon kabukları gibi gıda örneklerinde buz kristallerinin oluşması, bitki dokularında önemli hasarlara yol açabilmektedir. Bu hasarlar, su kaybı, hücre yapılarının bölünmesi, konsantrasyon değişiklikleri veya bileşiklerin bozunmasını etkileyebilir [73]. Bu mekanizmalar, donmuş gıdalarda pestisit kalıntılarının seviyelerini etkileyebilir.

Ayrıca, pestisit moleküllerinin fizikokimyasal özellikleri de bu süreçleri etkileyen önemli bir faktördür. Pestisitlerin moleküler yapısı, taşınım davranışları ve çevresel koşullar, kalıntılarının bozulma hızını ve miktarını belirleyen kritik etmenlerdir [67]. Dondurma ve depolama koşullarının pestisitlerin davranışına olan etkilerini daha iyi anlayabilmek için bu faktörlerin her birinin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Tablo 2. Limon numunelerinde farklı işleme tekniklerinin pestisit kalıntı miktarlarına etkisi (n=3)

*Table 2. Effect of different processing techniques on pesticide residue levels in lemon samples (n=3)*

Evsel İşlemler (Kod)	İmazalil	Thiophanate-methyl
İşlemsiz (İK)	1.730±0.242 <sup>c</sup>	0.253±0.028 <sup>c</sup>
Kabuk Soyma (S)	3.030±0.526 <sup>b</sup>	0.813±0.115 <sup>b</sup>
Meyve Eti (ME)	0.056±0.003 <sup>d</sup>	0.014±0.002 <sup>d</sup>
Limon Suyu (LS)	0.146±0.023 <sup>d</sup>	0.031±0.05 <sup>d</sup>
Dondurulmuş Limon Kabuğu Rendesi (Depolamanın 1. ayı) (LRD <sub>1</sub> )	4.173±0.077 <sup>a</sup>	0.716±0.005 <sup>b</sup>
Dondurulmuş Limon Kabuğu Rendesi (Depolamanın 2. ayı) (LRD <sub>2</sub> )	4.163±0.213 <sup>a</sup>	1.230±0.173 <sup>a</sup>
Dondurulmuş Limon Kabuğu Rendesi (Depolamanın 3. ayı) (LRD <sub>3</sub> )	3.116±0.083 <sup>b</sup>	0.563±0.142 <sup>b</sup>
Limon Reçeli (LR)	0.116±0.024 <sup>d</sup>	<LOQ

*Sütunlardaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli farklılıkları temsil etmektedir (p<0.05). LOQ: belirleme sınırı, 0.01 mg/kg. Different letters in the columns represent statistically significant differences (p<0.05). LOQ: limit of detection, 0.01 mg/kg*

## Limon Reçeli Üretimi

Reçel, şekerin meyve veya sebze posası ile diğer malzemeler (şeker, asit vb.) karıştırılarak, uygun kıvama gelene kadar pişirilmesiyle hazırlanan yarı katı bir gıda ürünüdür [74, 75]. Reçel yapım sürecinde, pestisitlerin davranışı, sudaki çözünürlükleri, kaynama noktaları ve diğer fizikokimyasal parametrelerle doğrudan ilişkilidir. Isıl işlem sırasında, pestisit kalıntıları yüksek sıcaklık etkisiyle bozularak azalabilir. Bu süreçte, uygulanan yüksek sıcaklık, pestisitlerin buharlaşma, hidroliz veya diğer bozunma yolları aracılığıyla giderilmesine katkı sağlamaktadır [60]. Bu çalışmada, limon reçeli üretimi sırasında thiophanate-methyl kalıntısı tespit edilemezken, imazalil kalıntısında %93 oranında bir azalma gözlemlenmiştir. Reçel üretim sürecinde, kaynatma işlemi ön işlem olarak uygulanmış ve bu

esnada su, üç kez taze su ile değiştirilmiştir. Son aşamada ise meyvelere taze su ve şeker eklenerek pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Reçeldeki pestisit kalıntı seviyelerindeki azalmanın, kaynama esnasında suda çözünebilir pestisitlerin uzaklaştırılması [43, 60], buharlaşma, ayrışma, ısıl bozunma, işlem süresi ve pişirme sürecinde uygulanan sıcaklık gibi faktörlerle ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. Reçel yapım sürecinde pestisitlerin davranışları, suda çözünürlüğü ve kaynama noktası gibi fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Isıl işlem sırasında pestisit kalıntıları, yüksek sıcaklık etkisiyle bozularak azalabilmektedir. Bu nedenle, reçel üretimi sırasında uygulanan işlemler, pestisit kalıntılarının etkin bir şekilde azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir [60].

Bu çalışmada, piyasadan temin edilen çilek örneklerine 2 mg kg<sup>-1</sup> konsantrasyonunda karıştırılan piretroid grubu pestisitler (bifenthrin, carbofuran, chlorfenpayer, chlorpyrifos, cypermethrin, deltamethrin, esfenvalerate, ethion, fenvalerate, lambda-cyhalothrin, permethrin ve thiamethoxam) üzerine odaklanılmıştır. Çalışma kapsamında, bu pestisitlerin çileklerin reçel üretim sürecindeki davranışları ve kalıntı seviyelerinde meydana gelen değişimler sistematik olarak incelenmiştir. Ev tipi işleme yöntemleri ile hazırlanan çilek reçeli örneklerinde, chlorpyrifos hariç (%51.8 azalma), tespit edilen tüm pestisit kalıntılarının konsantrasyonlarında %96'nın üzerinde bir azalma gözlemlenmiştir. Araştırma, pestisit kalıntılarının azaltılmasına yönelik çeşitli basit yöntemlerin etkinliğini değerlendirmiştir. Bu bağlamda, reçel üretimi sırasında uygulanan yıkama, ısıtma ve kurutma işlemleri, pestisit kalıntılarının uzaklaştırılmasında etkili temel yöntemler arasında yer aldığı belirlenmiştir [76]. Başka bir çalışmada, muz kabuğu unu ilavesi yapılan reçel örneklerinde pestisit kalıntıları incelenmiştir. Analiz edilen bileşiklerin (azoxystrobin, bifenthrin, difenoconazole ve simazine) azalma oranlarının %28 ile %60 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu azalmanın, yüksek sıcaklıkların etkisiyle analitlerin termal kararsızlığından kaynaklandığı rapor edilmiştir. Elde edilen bulgular, reçel üretim sürecinde uygulanan ısı işlemlerin pestisit kalıntılarının azaltılmasında etkili olduğunu ancak tamamen ortadan kaldırılmasını sağlayamadığını göstermektedir [75].

Yapılan bir çalışmada, Brezilya ve İspanya'dan temin edilen sekiz farklı markaya ait toplam 51 adet kayısı, üzüm, şeftali, ananas ve çilek reçeli örneği analiz edilmiştir. İncelenen örneklerin %80'inde en az bir pestisit kalıntısı tespit edilmiş ve toplamda 42 farklı pestisit belirlenmiştir. En yüksek kalıntı düzeyleri, Brezilya kaynaklı çilek reçellerinde gözlemlenmiş; bu reçelerde difenoconazole, procymidon ve thiophanate-methyl yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. İspanya kaynaklı çilek reçellerinde ise penconazole ve spinosyn A en sık rastlanan pestisitler arasında yer almıştır. Üzüm reçellerinde pyrimethanil, ananas reçellerinde ise carbendazim öne çıkan pestisitler olmuştur. Bu bulgular, pestisit kalıntılarının nihai üründe kalabildiğini ve bu durumun insan sağlığı açısından potansiyel bir risk teşkil edebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, reçel ürünlerinin pestisit kalıntıları açısından düzenli olarak denetlenmesi büyük önem taşımaktadır [77].

Benzer şekilde, siyah frenk üzümü reçeli üretimi sırasında thiophanate-methyl kalıntısının %82 oranında, difenoconazole kalıntısının ise %29 oranında azaldığını rapor etmiştir. Bu durum, reçel üretiminde kullanılan pişirme tekniği ve ürünlerdeki pestisit kalıntısının fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak azalma oranlarının değişebileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle, kaynatma ve pişirme işlemlerinin, su çözünürlüğü ve kaynama noktası gibi pestisitlerin fizikokimyasal parametrelerine göre kalıntı seviyelerini önemli ölçüde etkileyebileceği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, reçel yapım sürecinde kullanılan ısı işlemlerin pestisit kalıntılarının azaltılmasında etkili

olabileceği, ancak bu etkinliğin pestisit türüne ve ürünlerdeki davranışına göre değişiklik gösterebileceği sonucuna varılmıştır [60]. Bu bulgularla uyumlu olarak, turuncu marmelat üretimi sırasında spirotramatın metabolitlerinden B-keto'nun başlangıç konsantrasyonuna göre %68 oranında azaldığını; diğer metabolitlerin (B-enol, B-glu ve B-mono) ise tamamen yok olduğunu rapor etmiştir [56]. Yapılan başka bir çalışmada ise, elma reçelinde mancozeb kalıntısının %100 oranında azaldığını göstermiştir [65].

Başka bir çalışmada ise portakal reçeli ve guava meyvesi reçellerinde perferkthione, vydate ve teldor kalıntıları incelenmiş; portakal reçelinde sırasıyla %87.5, %100 ve %100 oranında azalma tespit edilirken, guava meyvesi reçelinde ise bu oranlar sırasıyla %72.5, %100 ve %100 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, yüksek sıcaklıkların etkisiyle ısı işlem sırasında bu pestisitlerin sudaki hidrolizine bağlı olarak kalıntıların azalabileceğini göstermektedir [78]. Bu bulgular, yukarıda açıklandığı üzere reçel üretim süreçlerinde gerçekleştirilen aşamalardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, pestisit kalıntılarındaki azalmanın yalnızca suda çözünürlüklerine değil, aynı zamanda ısı işlem sırasında gerçekleşen kimyasal ve termal bozunmalara da bağlı olduğu söylenebilir [7, 60, 65, 75, 78].

### İşleme Faktörü

Gıda işleme süreçleri, genellikle birden fazla aşamadan oluşur ve bu aşamalar pestisit kalıntı seviyelerinde azalma ya da artışa yol açabilir [69]. Şekil 1, evsel işleme yöntemlerinin farklı aşamalarında pestisit kalıntı seviyelerinde meydana gelen değişikliklere ilişkin bulguları sunmaktadır. Araştırmada, İf, işlenmiş gıdada tespit edilen kalıntı miktarının, ham tarımsal ürünlerdeki kalıntı miktarına oranı olarak tanımlanmış ve hesaplanmıştır [27].

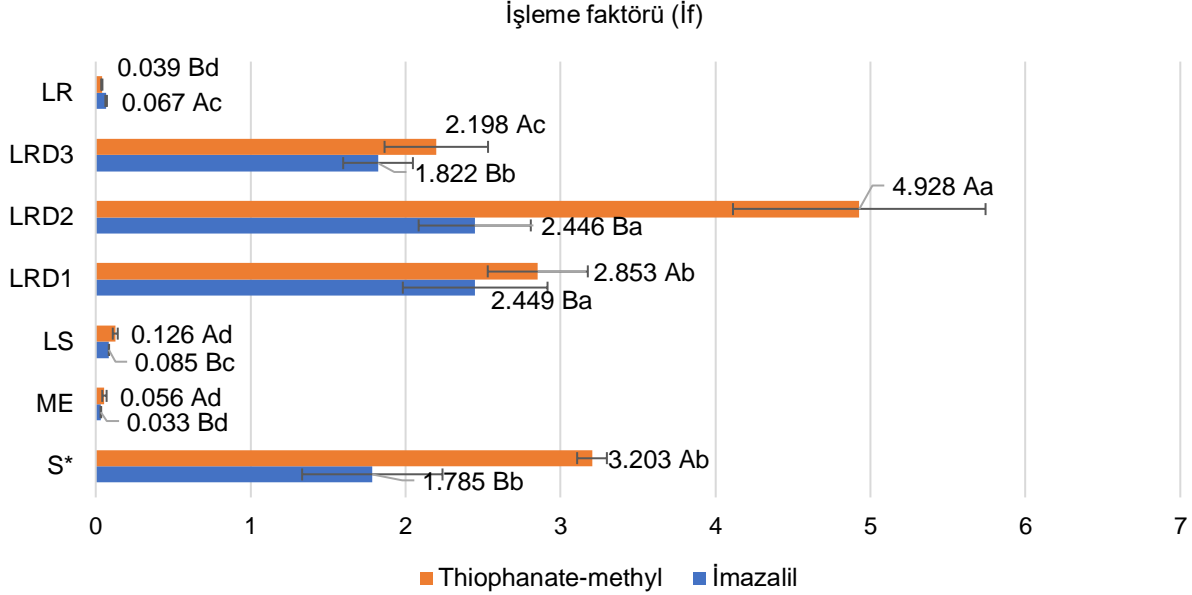
İK numunelerinde tespit edilen pestisit kalıntı konsantrasyonları 0.014 mg/kg ile 4.173 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 2). Bu değerlerin analitik yöntemin kantitatif belirleme limiti (LOQ) üzerinde olması, işleme faktörlerinin hesaplanmasında OECD kılavuzunda belirtilen kriterlerin karşılandığını göstermektedir [27]. İşleme faktörünün etkinliği, test edilen bileşiklerin fizikokimyasal özelliklerine, etki mekanizmalarına (Tablo 1), seçilen meyve veya sebze türünün biyolojik özelliklerine ve uygulanan teknolojik işlemlerin koşullarına bağlıdır [79]. Yapılan analizlerde, en düşük işleme faktörleri meyve eti (ME), limon suyu (LS) ve limon reçeli (LR) için saptanmıştır. Bu işlemler sonucunda incelenen pestisitler için işleme faktörleri (İf) 1'den düşük bulunmuş, bu da taze ürüne kıyasla tüketiciler için daha düşük bir risk düzeyi olduğunu işaret etmektedir.

Buna karşılık, kabuk kısmında (S) ve limon kabuklarının rendelenip dondurulması (LRD) işleminde pestisit konsantrasyonlarında artış gözlenmiş ve bu işlemler için İf değerleri 1'den büyük olarak belirlenmiştir. Bu durum, pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinden biri olan log Po/w değerleriyle ilişkilendirilmiştir. Kalıntı seviyelerinin azaltılmasında önemli etkiye sahip temel parametreler

arasında çözünürlük, polarite ve aktif maddenin bitki dokusuna nüfuz etme yöntemi bulunmaktadır. Yüksek polariteye sahip pestisitler (örneğin, imazalil,  $\log Po/w = 3.82$ ), suda yüksek çözünürlük gösterenler (imazalil, 20 °C'de 180 mg/L) ve sistemik etkisiyle çalışanlar (imazalil ve thiophanate-methyl) bitki dokularına daha derinlemesine nüfuz eden ve asimilasyon akışıyla hareket eden sistemik bileşiklerin

işleme sırasında azaltılması kabuklarda ve kabukların rendelenip dondurulması sırasında daha zor olmuştur.

Literatürde yapılan araştırmalarda da benzer şekilde işleme faktörlerinin hesaplandığı, bu faktörlerin aktif maddenin türüne, fizikokimyasal özelliklerine ve formülasyonda kullanılan taşıyıcıların türüne bağlı olarak değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir [7, 79, 80-85]. Bu sonuçlar, mevcut çalışmadan elde edilen bulgularla uyumlu olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Farklı evsel tekniklerin işleme faktörleri (İf) (Sütunlardaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli farklılıkları temsil etmektedir ( $p < 0.05$ ). \*S (Soyma), ME (Meyve eti), LS (Limon suyu), LRD<sub>1</sub> (Dondurulmuş Limon Kabuğu Rendesı (Depolamanın 1. ayı)), LRD<sub>2</sub> (Dondurulmuş Limon Kabuğu Rendesı (Depolamanın 2. ayı)), LRD<sub>3</sub> (Dondurulmuş Limon Kabuğu Rendesı (Depolamanın 3. ayı))

Figure 1. Processing factors (Pf) of different household techniques (Different letters in the columns represent statistically significant differences ( $p < 0.05$ ). \*S (peel), ME (pulp), LS (lemon juice), LRD<sub>1</sub> (frozen grated lemon peel (1st month of storage)), LRD<sub>2</sub> (frozen grated lemon peel (2nd month of storage)), LRD<sub>3</sub> (frozen grated lemon peel (3rd month of storage))

## SONUÇ

Bu çalışmada, limonların evsel işleme yöntemleriyle (kabuk soyma ve meyve eti, limon suyu üretimi, reçel üretimi, kabukların rendelenerek dondurulması gibi) işlenmesi sırasında pestisit kalıntı seviyelerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Araştırma sonuçları, pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin ( $\log Po/w$  değeri, çözünürlük ve polarite), etki mekanizmalarının yanı sıra işlenen ürünün biyolojik özelliklerinin, kalıntı seviyelerindeki değişimlerde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Yüksek polariteye sahip (örneğin  $\log Po/w$  değeri düşük olan) ve suda yüksek çözünürlük gösteren pestisitler, daha etkili olduklarından, işleme sırasında daha kolay uzaklaştırılmıştır. Özellikle, meyve eti, limon suyu üretimi ve reçel yapımı gibi işlemlerde İf değeri 1'den düşük olarak tespit edilmiş, bu da pestisit kalıntılarının önemli ölçüde azaldığını ortaya koymuştur. Buna karşın, kabuk soyma ve dondurma süreçlerinde, pestisitlerin konsantrasyonlarının artış göstermesi nedeniyle İf değerleri 1'den büyük olarak bulunmuştur. Bu durum, sistemik pestisitlerin bitki dokularına derinlemesine

nüfuz etmesi ve taşınabilir özellikleri nedeniyle işleme tamamen uzaklaştırılmadığını göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, evsel işleme yöntemlerinin pestisit kalıntılarını azaltmada etkili olduğunu, ancak bu etkinliğin pestisit türüne ve fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, elde edilen bulgular, tüketicilerin güvenli gıda tüketimini sağlamak adına evsel işleme yöntemlerini bilinçli bir şekilde kullanmasının önemini vurgulamaktadır. Bununla birlikte, laboratuvar koşullarında ürünlerin pestisitlerin ticari formülasyonlarına daldırılması, gerçek işleme süreçlerinin etkilerini tam olarak yansıtmamaktadır. Bu nedenle, daha doğru ve güvenilir işleme faktörlerinin belirlenmesi için gelecekteki çalışmalarda, pestisit uygulamalarının tarlada gerçekleştirilmelidir. Tarlada işlenmiş bitkilerde, pestisitler hasat öncesi sürece bağlı olarak bitkinin farklı dokularına nüfuz edebilir. Pestisitlerin bitkilerden emilimi ve taşınması, işleme sürecinde pestisit kalıntılarının kaderini doğrudan etkileyebilmektedir. Bu bağlamda, mevcut çalışma bir vaka çalışması olarak değerlendirilmeli ve tarlada işlenmiş bitkiler kullanılarak farklı gıda türleri ve işleme

yöntemlerini içeren daha kapsamlı araştırmalar yürütülmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Al-Qudah, T. S., Zahra, U., Rehman, R., Majeed, M. I., Sadique, S., Nisar, S., Al-Qudah, T. S., Tahtamouni, R. W. (2018). Lemon as a source of functional and medicinal ingredient: A review. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 14, 55-61.
- [2] González-Molina, E., Domínguez-Perles, R., Moreno, D., García-Viguera, C. (2010). Natural bioactive compounds of Citrus lemon for food and health. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51, 327-345.
- [3] Romdhane, N., Bonazzi, C., Kechaou, N., Mihoubi, N. (2015). Effect of air-drying temperature on kinetics of quality attributes of lemon (*Citrus limon* cv. *lunari*) peels. *Drying Technology*, 33, 1581-1589.
- [4] TÜİK. (2024). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr>. (Erişim Tarihi: 1 Kasım 2024).
- [5] FAO. (2024). Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database <http://www.fao.org/faostat/en/#data/qc/visualize> (Erişim Tarihi: 1 Kasım 2024).
- [6] Li, Z., Zhang, Y., Zhao, Q., Wang, C., Cui, Y., Li, J., Jiao, B. (2020). Occurrence, temporal variation, quality and safety assessment of pesticide residues on citrus fruits in China. *Chemosphere*, 258, Article 127381.
- [7] Acoğlu elik, B., Yolcu Ömeroğlu, P. (2023). Assessing residues of some insecticides during household processing of lemon. *Türkiye Entomoloji Dergisi-Turkish Journal of Entomology*, 47, 441-456.
- [8] Rodrigues, A., De Queiroz, M., De Oliveira, A., Neves, A., Heleno, F., Zambolim, L., Freitas, J., Morais, E. (2017). Pesticide residue removal in classic domestic processing of tomato and its effects on product quality. *Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 52, 850-857.
- [9] Wu, Y., An, Q., Li, D., Wu, J., Pan, C. (2019). Comparison of different home/commercial washing strategies for ten typical pesticide residue removal effects in kumquat, spinach and cucumber. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, Article 472.
- [10] Yigit, N., Velioglu, Y. (2020). Effects of processing and storage on pesticide residues in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60, 3622-3641.
- [11] Kowalska, G., Pankiewicz, U., Kowalski, R. (2022). Assessment of pesticide content in apples and selected citrus fruits subjected to simple culinary processing. *Applied Sciences-Basel*, 12, Article 1417.
- [12] Zarebska, M., Hordyjewicz-Baran, Z., Wasilewski, T., Zajszy-Turko, E., Stanek, N. (2022). A new LC-MS method for evaluating the efficacy of pesticide residue removal from fruit surfaces by washing agents. *Processes*, 10, Article 793.
- [13] Avan, M., Kotan, R. (2021). Fungusların mikrobiyal gübre veya biyopestisit olarak tarımda kullanılması. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 3(1), 167-191.
- [14] Tudi, M., Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., Phung, D. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 1112.
- [15] Zhou, W., Li, M., Achal, V. (2025). A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerging Contaminants*, 11, Article 100410.
- [16] Acoğlu, B., Yolcu Ömeroğlu, P. (2021). Effectiveness of different type of washing agents on reduction of pesticide residues in orange (*Citrus sinensis*). *LWT-Food Science And Technology*, 147, Article 111690.
- [17] Gormez, E., Golge, O., González-Curbelo, M., Kabak, B. (2023). Pesticide residues in mandarins: three-year monitoring results. *Molecules*, 28, Article 5611.
- [18] Ortelli, D., Edder, P., Corvi, C. (2005). Pesticide residues survey in citrus fruits. *Food Additives and Contaminants*, 22, 423-428.
- [19] Besil, N., Rezende, S., Alonzo, N., Cesio, M., Rivas, F., Heinzen, H. (2019). Analytical methods for the routinely evaluation of pesticide residues in lemon fruits and by products. *Sn Applied Sciences*, 1, Article 618.
- [20] Suárez-Jacobo, A., Alcantar-Rosales, V., Alonso-Segura, D., Heras-Ramírez, M., Elizarragaz-De La Rosa, D., Lugo-Melchor, O., Gaspar-Ramirez, O. (2017). Pesticide residues in orange fruit from citrus orchards in Nuevo Leon State, Mexico. *Food Additives & Contaminants Part B-Surveillance*, 10, 192-199.
- [21] Bibi, A., Rafique, N., Khalid, S., Samad, A., Ahad, K., Mehboob, F. (2022). Method optimization and validation for the routine analysis of multi-class pesticide residues in Kinnow Mandarin and fruit quality evaluation. *Food Chemistry*, 369, Article 130914.
- [22] Gelaye, Y., Negash, B. (2024). Residue of pesticides in fruits, vegetables, and their management in Ethiopia. *Journal of Chemistry*, 2024, Article 9948714.
- [23] Aslantas, S., Golge, O., González-Curbelo, M., Kabak, B. (2023). Determination of 355 pesticides in lemon and lemon juice by LC-MS/MS and GC-MS/MS. *Foods*, 12, Article 1812.
- [24] Rodrigues, A., de Queiroz, M., Neves, A., de Oliveira, A., Prates, L., de Freitas, J., Heleno, F., Faroni, L. (2019). Use of ozone and detergent for removal of pesticides and improving storage quality of tomato. *Food Research International*, 125, Article 108626.
- [25] Philippe, V., Neveen, A., Marwa, A., Basel, A. (2021). Occurrence of pesticide residues in fruits and vegetables for the Eastern Mediterranean

- Region and potential impact on public health. *Food Control*, 119, Article 107457.
- [26] Rodrigues, A., de Queiroz, M., Faroni, L., Prates, L., Neves, A., de Oliveira, A., Freitas, J., 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, Article 110579.
- [27] OECD. (2008). OECD Guidelines for the Testing of Chemicals/ Section 5: Other Test Guidelines. Test No. 508: Magnitude of the Pesticide Residues in Processed Commodities. In (pp. 15).
- [28] Fantke, P., Juraske, R. (2013). Variability of pesticide dissipation half-lives in plants. *Environmental Science & Technology*, 47, 3548-3562.
- [29] Acoğlu, B., Yolcu-Ömeroğlu, P., opur, Ö. U. (2018). Gıda işleme s¼reçlerinin pestisit kalıntılarını üzerine etkisi ve işleme faktörleri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 19, 42-54.
- [30] Scholz, R., Herrmann, M., Michalski, B. (2017). Compilation of processing factors and evaluation of quality controlled data of food processing studies. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 12, 3-14.
- [31] Anonim. (2016). Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği. Resmi Gazete (27 Eylül 2021 ve 31611 sayılı), Ankara, 1040 pp (Web adresi: <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Kurum/24308110>) (Erişim Tarihi: 15 Kasım 2024).
- [32] Pathak, V., Verma, V., Rawat, B., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., Cunill, J. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 962619.
- [33] EC. (2002). European Commission Directive 2002/63/EC of 11 July 2002 Establishing Community Methods of Sampling for the Official Control of Pesticide Residues in and on Products of Plant and Animal Origin and Repealing Directive 79/700/EEC. Official Journal of the European Communities, 187, 30-43.
- [34] Hassan, H., Elsayed, E., Abd El-Raouf, A., Salman, S. (2019). Method validation and evaluation of household processing on reduction of pesticide residues in tomato. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 14, 31-39.
- [35] Yolcu Omeroglu, P., Celik, B., & Alibasoglu, E. (2022). The effect of household food processing on pesticide residues in oranges (*Citrus sinensis*). *Foods*, 11, Article 3918.
- [36] AOAC. (2007). Official method 2007.01: Pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate. *Journal of AOAC International*, 90(2), 485-520.
- [37] SANTE. (2021). European Commission (EC) Director General for Food and Health Safety. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed, Document No: SANTE 11813/2017. In. (Web adresi: [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides\\_mrl\\_guidelines\\_wrkd\\_2017-11813.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_mrl_guidelines_wrkd_2017-11813.pdf)) (Erişim adresi: 21 Kasım 2024).
- [38] EURACHEM. (2012). Eurachem/CITAC guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. Third edition. In. (Web adresi: [https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012\\_P1.pdf](https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012_P1.pdf)) (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2024).
- [39] EURACHEM. (2014). The fitness for purpose of analytical methods -a laboratory guide to method validation and related topics. Second Edition. In. Web adresi: [https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV\\_guide\\_2nd\\_ed\\_EN.pdf](https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV_guide_2nd_ed_EN.pdf). (Erişim Tarihi: 21 Kasım 2024).
- [40] PPDB. (2024). International Union of Pure and Applied Chemistry. <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/>(Erişim Tarihi: 20 Aralık 2024).
- [41] Yolcu Omeroglu, P., Ambrus, A., Boyacioglu, D. (2018). Uncertainty of pesticide residue concentration determined from ordinary and weighted linear regression curve. *Food Additives and Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment*, 35, 1324-1339.
- [42] Andrade, G., Monteiro, S., Francisco, J., Figueiredo, L., Rocha, A., Tornisielo, V. (2015). Effects of types of washing and peeling in relation to pesticide residues in tomatoes. *Journal of The Brazilian Chemical Society*, 26, 1994-2002.
- [43] Kaushik, G., Satya, S., Naik, S. (2009). Food processing a tool to pesticide residue dissipation - A review. *Food Research International*, 42, 26-40.
- [44] Chung, S. (2018). 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, 2857-2870.
- [45] Calvaruso, E., Cammilleri, G., Pulvirenti, A., Lo Dico, G., Lo Cascio, G., Giaccone, V., Badaco, V., Cipri, V., Alessandra, M., Vella, A., Macaluso, A., Di Bella, C., Ferrantelli, V. (2020). Residues of 165 pesticides in citrus fruits using LC-MS/MS: a study of the pesticides distribution from the peel to the pulp. *Natural Product Research*, 34, 34-38.
- [46] Friar, P. M., Reynolds, S. L. (1994). The effect of home processing on postharvest fungicide residues in citrus fruit: residues of imazalil, 2-phenylphenol and thiabendazole in 'home-made'marmalade, prepared from Late Valencia oranges. *Food Additives & Contaminants*, 11(1), 57-70.
- [47] Sun, H., Liu, C., Wang, S., Liu, Y., Liu, M. (2013). Dissipation, residues, and risk assessment of spirodiclofen in citrus. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 10473-10477.
- [48] Drabová, L., Mráz, P., Krátky, F., Uttl, L., Vacková, P., Schusterova, D., Zadrzilova, B., Kadlec, V., Kocourek, V., Hajslová, J. (2022). Assessment of pesticide residues in citrus fruit on the Czech market. *Food Additives and Contaminants Part A-*

- Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment*, 39, 311-319.
- [49] Leili, M., Pirmoghani, A., Samadi, M., Shokoohi, R., Roshanaei, G., Poormohammadi, A. (2016). Determination of pesticides residues in cucumbers grown in greenhouse and the effect of some procedures on their residues. *Iranian Journal of Public Health*, 45, 1481-1490.
- [50] Hassanzadeh, N., Bahramifar, N. (2019). Residue content of chlorpyrifos applied to greenhouse cucumbers and its reduction during pre-harvest interval and post-harvest household processing. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 21(2), 381-391.
- [51] Li, Y., Jiao, B., Zhao, Q., Wang, C., Gong, Y., Zhang, Y., Chen, W. (2012). Effect of commercial processing on pesticide residues in orange products. *European Food Research and Technology*, 234, 449-456.
- [52] Liu, N., Dong, F., Liu, X., Xu, J., Li, Y., Han, Y., Zhu, Y., Cheng, Y., Chen, Z., Tao, 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.
- [53] Kwon, H., Kim, T., Hong, S., Se, E., Cho, N., Kyung, K. (2015). Effect of household processing on pesticide residues in field-sprayed tomatoes. *Food Science and Biotechnology*, 24, 1-6.
- [54] Holland, P., Hamilton, D., Ohlin, B., Skidmore, M. (1994). Effects of storage and processing on pesticide residues in plant products. *Pure and Applied Chemistry*, 66(2), 335-356.
- [55] Kimbara, J., Yoshida, M., Ito, H., Hosoi, K., Kusano, M., Kobayashi, M., Ariizumi, T., Asamizu, E., Ezura, H. (2012). A novel class of sticky peel and light green mutations causes cuticle deficiency in leaves and fruits of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Planta*, 236, 1559-1570.
- [56] Liu, Y., Su, X., Jian, Q., Chen, W., Sun, D., Gong, L., Jiang, L., Jiao, B. (2016). Behaviour of spirotramat residues and its four metabolites in citrus marmalade during home processing. *Food Additives and Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment*, 33, 452-459.
- [57] Han, Y., Dong, F., Xu, J., Liu, X., Li, Y., Kong, Z., Liang, X., Liu, N., Zheng, Y. (2014). Residue change of pyridaben in apple samples during apple cider processing. *Food Control*, 37, 240-244.
- [58] Liu, C., Chen, R., Liu, F., Gao, Z., Li, X., Wang, Y., Wang, S., Li, Y. (2023). Distribution pattern, removal effect, transfer behavior of ten pesticides and one metabolite during the processing of grapes. *Food Research International*, 164, Article 112398.
- [59] Boulaid, M., Aguilera, A., Camacho, F., Soussi, M., Valverde, A. (2005). Effect of household processing and unit-to-unit variability of pyrifenox, pyridaben, and tralomethrin residues in tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4054-4058.
- [60] Lozowicka, B., Jankowska, M., Kaczynski, P. (2016). Behaviour of selected pesticide residues in blackcurrants (*Ribes nigrum*) during technological processing monitored by liquid-chromatography tandem mass spectrometry. *Chemical Papers*, 70(5), 545-555.
- [61] Dorđević, T., Đurović-Pejčev, R. (2016). Food processing as a means for pesticide residue dissipation. *Pesticidi i Fitomedicina*, 31(3-4), 89-105.
- [62] Gao, Q., Wang, Y., Li, Y., Yang, W., Jiang, W., Liang, Y., Zhang, Z. (2024). Residue behaviors of six pesticides during apple juice production and storage. *Food Research International*, 177, Article 113894.
- [63] Zhang, Y., Zhao, Q., Chen, A., Cui, Y., He, Y., Li, J. (2024). Removal residual, commercial processing factor and risk assessment of four fungicides in orange fruit and various processing by-products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 136, Article 106786.
- [64] Wu, Z., Ma, Y., Xiong, H., An, W., Zhang, Y., Zhao, Q., Li, J. (2023). Simultaneous determination of spiropidion and its five major metabolites in sweet orange fruit and various processing by-products using ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Research International*, 174, Article 113498.
- [65] Naman, M., Masoodi, F., Wani, S. M., Ahad, T. (2022). Changes in concentration of pesticide residues in fruits and vegetables during household processing. *Toxicology Reports*, 9, 1419-1425.
- [66] ElGamal, R., Song, C., Rayan, A., Liu, C., Al-Rejaie, S., ElMasry, G. (2023). Thermal degradation of bioactive compounds during drying process of horticultural and agronomic products: A comprehensive overview. *Agronomy-Basel*, 13, Article 1580.
- [67] 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, Article 2806.
- [68] Alaboudi, A.R., Almashhadany, D.A., Jarrah, B.S. (2021). Effect of cooking and freezing on levels of pesticides residues in local fresh fish. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 78, 28-36.
- [69] Oliva, J., Cermeño, S., Cámara, M., Martínez, G., Barba, A. (2017). Disappearance of six pesticides in fresh and processed zucchini, bioavailability and health risk assessment. *Food Chemistry*, 229, 172-177.
- [70] Zhao, F., Liu, J., Han, B., Luo, J. (2019). Investigation and validation of detection of storage stability of difenoconazole residue in mango. *Journal of Food Quality*, Article 9497402.
- [71] Wongmaneepratip, W., Gao, X., Yang, H. (2022). Effect of food processing on reduction and degradation pathway of pyrethroid pesticides in mackerel fillet (*Scomberomorus commerson*). *Food Chemistry*, 384, Article 132523.
- [72] Slowik-Borowiec, M., Szpyrka, E. (2020). Selected food processing techniques as a factor for pesticide residue removal in apple fruit. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 2361-2373.

- [73] Van der Sman, R. (2020). Impact of processing factors on quality of frozen vegetables and fruits. *Food Engineering Reviews*, 12, 399-420.
- [74] Awulachew, M. (2021). Fruit jam production. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*, 10(4), 532-537.
- [75] de Oliveira, M., de Oliveira, J., Silva, J., Mendes, L., Silva, F., Alencar, M., Nobre, C., Costa, M.G., Lima, M., Milhome, M. (2024). Effect of thermal processing on the degradation of pesticides in a banana jam partially formulated with banana peel flour. *Applied Food Research*, 4, Article 100445.
- [76] El-Sheikh, E., Li, D., Hamed, I., Ashour, M., Hammock, B. (2023). Residue analysis and risk exposure assessment of multiple pesticides in tomato and strawberry and their products from markets. *Foods*, 12, Article 1936.
- [77] Reichert, B., Pizzutti, I., Costabeber, I., Uclés, A., Herrera, S., Fernández-Alba, A. (2015). Validation and application of micro flow liquid chromatography-tandem mass spectrometry for the determination of pesticide residues in fruit jams. *Talanta*, 134, 415-424.
- [78] Azzazy, M. (2017). Effect of preparing and processing on pesticide residues of some fruits (Orange and Juava). *Menoufia Journal of Food and Dairy Sciences*, 2(1), 15-22.
- [79] Jankowska, M., Lozowicka, B., Kaczynski, P. (2019). Comprehensive toxicological study over 160 processing factors of pesticides in selected fruit and vegetables after water, mechanical and thermal processing treatments and their application to human health risk assessment. *Science of the Total Environment*, 652, 1156-1167.
- [80] Zhao, L., Liu, F., Ge, J., Ma, L., Wu, L., Xue, X. (2018). Changes in eleven pesticide residues in jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) during drying processing. *Drying Technology*, 36(8), 965-972.
- [81] Bian, Y., Feng, Y., Zhang, A., Qi, X., Pan, J., Han, J., Liang, L. (2023). Residue behaviors, processing factors and transfer rates of pesticides and metabolites in rose from cultivation to consumption. *Journal of Hazardous Materials*, 442, Article 130104.
- [82] Polat, B., Tiryaki, O. (2020). Assessing washing methods for reduction of pesticide residues in *Capia* pepper with LCMS/MS. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 55(1), 1-10.
- [83] Tiryaki, O., zel, E. (2019). Elma ve işlenmiş ürünlerinde imidacloprid ve indoxacarb kalıntılarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Blteni*, 59(2), 23-32.
- [84] Tiryaki, O., Polat, B. (2023). Effects of washing treatments on pesticide residues in agricultural products. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 29, 1-11.
- [85] Yiğit, N., Velioglu, Y.S. (2023). Effect of processing type and storage time on some pesticide residues in strawberries. *Akademik Gıda*, 21(1), 1-12.