

**GIDA İŞLEME SÜREÇLERİNİN TURUNÇGİLLERDE  
BULUNAN BAZI PESTİSİT KALINTILARI ÜZERİNE  
ETKİSİ**

**Büşra ACOĞLU**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GIDA İŞLEME SÜREÇLERİNİN TURUNÇGİLLERDE BULUNAN BAZI  
PESTİSİT KALINTILARI ÜZERİNE ETKİSİ**

**Büşra ACOĞLU**  
ORCID NO: 0000-0002-6079-1970

Dr. Öğr. Üyesi Perihan YOLCI ÖMEROĞLU  
ORCID NO: 0000-0001-8254-3401  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA– 2020

## TEZ ONAYI

Büşra ACOĞLU tarafından hazırlanan “GIDA İŞLEME SÜREÇLERİNİN TURUNÇGİLLERDE BULUNAN BAZI PESTİSİT KALINTILARI ÜZERİNE ETKİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Dr. Öğr. Üyesi Perihan YOLCI ÖMERĞLU

**Başkan** : Doç. Dr. Canan Ece TAMER  
ORCID NO: 0000-0003-0441-1707  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



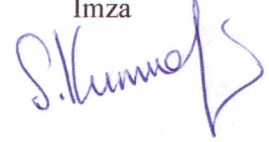
**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Perihan YOLCI ÖMEROĞLU  
ORCID NO: 0000-0001-8254-3401  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



**Üye** : Doç. Dr. Seher KUMCUOĞLU  
ORCID NO: 0000-0002-3663-2881  
Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

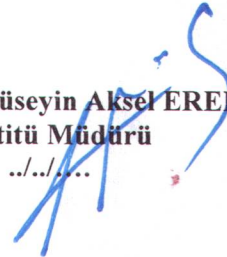
İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü

..!..!....

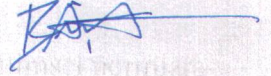


**B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

10/01/2020



**Büşra ACOĞLU**



## ÖZET

Yüksek Lisans

### GIDA İŞLEME SÜREÇLERİNİN TURUNÇGİLLERDE BULUNAN BAZI PESTİSİT KALINTILARI ÜZERİNE ETKİSİ

**Büşra ACOĞLU**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Perihan YOLCI ÖMEROĞLU

Gıdalar, raf ömürlerinin uzatılması sırasında ve tüketimine hazır hale getirilmesine kadar geçen sürede, yıkama, kabuk soyma, dondurma, kurutma, kaynatma, reçele ve meyve suyuna işleme gibi süreçlere maruz kalabilmektedirler. Bu tip işleme süreçleri, gıdalarda bulunan pestisit kalıntı seviyelerini önemli derecede etkileyebilmektedir. İşlenmiş gıdada bulunan kalıntının seviyesi, işlenmemiş gıdada bulunan ilk seviyesine göre kalıntının fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak artma veya azalma eğilimi gösterebilmektedir. İşlenmiş gıdaların maksimum kalıntı seviyeleri (MRLs) ile uyumu değerlendirildiğinde, işleme faktörlerinin dikkate alınması gerekmektedir. İşleme faktörleri, işlenmiş gıdadaki pestisit kalıntı seviyesinin işlenmemiş gıdada bulunan pestisit kalıntı seviyesine oranıdır. Bu çalışma kapsamında, çeşitli gıda işleme tekniklerinin turunçgillerde bulunan pestisit kalıntılarına olan etkisi ve işleme faktörleri incelenmiştir. Bu amaçla, portakal ve limon numuneleri laboratuvar ortamında abamectin, buprofezin, etoxazole, imazalil ve thiophanate-methyl ile daldırılarak ilaçlanmıştır ve uygulanan işleme teknikleri sonucunda numunede bulunan kalıntı miktarları QuEChERS analiz metodu kullanılarak LC-MS-MS ile saptanmıştır. Pestisit kalıntı seviyeleri, farklı evsel işleme (su ile yıkama, kabuk soyma, meyve eti eldesi, meyve suyuna işleme, reçel ve kabukların rendelenerek dondurulması) ve yıkama uygulamaları (soğuk suyla yıkama, değişik derişimlerde sodyum karbonat, sodyum klorür, asetik asit, elma sirkesi ve üzüm sirkesi kullanarak) sonucunda sırasıyla %26-%100 ve %2-%84 arasında azalmıştır. Kurutma işlemlerinde (sıcak hava, mikrodalga ön işlemlili sıcak hava, vakum ve mikrodalga ön işlemlili vakum kurutma) ise pestisitlerin derişimlerinin arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, işleme faktörü, kabuğun ayrılması, kabuğun rendelenerek dondurulması ve kurutma işlemleri için 1'den büyük ve diğer işlemlerde ise 1'den küçük olarak elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pestisit kalıntıları, turunçgil, gıda işleme, işleme faktörü  
**2020, ix+126 sayfa**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### EFFECT OF FOOD PROCESSING ON PESTICIDE RESIDUES IN CITRUS FRUITS AND ESTIMATION OF PROCESSING FACTOR

**Büşra ACOĞLU**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

**Supervisor:** Asst Prof. Dr. Perihan YOLCI ÖMEROĞLU

Foods may be exposed to processes such as washing, peeling, freezing, drying, boiling, preserving and processing to fruit juice during the extension of their shelf life and until the period they are ready for consumption. Such processes can significantly affect the levels of pesticide residues in foods. The level of residues found in processed food may tend to increase or decrease depending on the physicochemical properties of the residue compared to the initial level found in unprocessed food. Processing factors need to be considered when the compliance of processed foods with maximum residue levels (MRLs) is evaluated. Processing factors are the ratio of the level of pesticide residue in the processed food to the level of pesticide residue in the unprocessed food. In this study, the effect of various food processing techniques on pesticide residues in citrus fruits and processing factors were investigated. For this purpose, fresh orange and lemon samples were dipped in to the solution of abamectin, buprofezin, ethoxazole, imazalil, and thiophanate-methyl at laboratory conditions and the pesticide residues in the samples were determined by LC-MS-MS applying QuEChERs analysis method. As a result of the study, it was observed that the pesticide residues were mostly distributed in citrus peels. Pesticide residue levels were reduced between 26% -100% and 2% to 84% as a result of different household treatments (washing with tap water, peeling, obtaining pulp, fruit juice processing, preserving and storage of frozen grated peels) and washing applications (washing with cold water, washing with different concentrations of sodium carbonate, sodium chloride, acetic acid, apple cider vinegar and grape vinegar), respectively. In drying processes (hot air, microwave pre-treated hot air, vacuum and microwave pre-treated vacuum drying), it was observed that the concentration of pesticide residues increased. Accordingly, the processing factor was obtained as greater than 1 for processes including drying, peeling, and storage of frozen grated peels and less than 1 for the others.

**Key words:** Pesticide residues, citrus, food processing, processing factor  
**2020, ix+126 pages.**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi birikimiyle beni yönlendiren, çalışmamda karşılaştığım tüm zorluklar karşısında ilgisini ve desteğini eksik etmeyen, eğitimci kimliğinin yanı sıra insani değerlerini de örnek edindiğim ve birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum saygıdeğer hocam Dr. Öğretim Üyesi Perihan YOLCI ÖMEROĞLU'na,

Mesleğimde ilerlemem adına beni değerli bilgileri ile aydınlatan, akademik gelişimime katkı sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR ve Doç. Dr. C. Ece TAMER'e ve diğer tüm hocalarıma,

Tez çalışmalarım boyunca desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen ve akademik gelişimime katkıda bulunan Arş. Gör. Azime Özkan KARABACAK'a,

Çalışmalarım boyunca bana destek olan ve yardımını esirgemeyen arkadaşlarım Yüksek Gıda Mühendisi Elif KOÇ ALİBAŞOĞLU, Yüksek Gıda Mühendisi Rüya BULUT, Yüksek Gıda Mühendisi Tuğçe HALİL ve Yüksek Gıda Mühendisi Buket TAYİROĞLU'na,

Hayatım boyunca her zaman maddi ve manevi anlamda desteklerini esirgemeyen ve çalışmalarım boyunca gösterdikleri sabır ve yardımlarından dolayı çok sevgili annem Saime ACOĞLU, babam Mustafa ACOĞLU ve ablam Sümeyye Kübra ŞAHİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiş bir proje (HDP(Z) - 2018/3) kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Büşra ACOĞLU  
10/01/2020

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1.GİRİŞ.....	10
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	14
2.1. Portakal.....	14
2.2. Limon.....	15
2.3. Pestisit ve Pestisit Kalıntısı.....	16
2.4. Pestisitlerin Dünya'daki ve Türkiye'deki Durumu.....	18
2.5. Pestisitlerin İnsan Sağlığına ve Çevreye Etkisi.....	20
2.6. Pestisitlerin Yasal Mevzuatı.....	21
2.7. Pestisit Kalıntı ve Analizleri.....	22
2.7.1. Numune alma ve numune hazırlama.....	23
2.7.2. Özütleme.....	24
2.7.3. Temizleme.....	24
2.7.4. Kromatografik analiz.....	25
2.8. Gıda İşleme Süreçlerinde Pestisit Kalıntılarının Değişimi.....	25
2.8.1. Yıkama.....	27
2.8.2. Ozon ile yıkama.....	29
2.8.3. Soyma.....	30
2.8.4. Meyve suyu eldesi.....	31
2.8.5. İnfüzyon.....	31
2.8.6. Maltlama.....	32
2.8.7. Öğütme.....	32
2.8.8. Fermentasyon.....	32
2.8.9. Isıl işlemler.....	33
2.8.10. Dondurma.....	35
2.8.11. Depolama.....	36
2.8.12. Isıl olmayan yeni teknolojilerle pestisit kalıntılarının azalması.....	36
2.9. İşleme Faktörü.....	37
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	39
3.1. Numunelerin Temini.....	39
3.2. Numunelerin Ticari Pestisit Formülasyonları ile Laboratuvar Ortamında İlaçlanması.....	40
3.3. Evsel İşlemler.....	44
3.4. Farklı Solüsyonlar ile Yıkama.....	48
3.5. Kurutma.....	51
3.6. Pestisit Kalıntı Analizi.....	56
3.6.1. Numunelerin homojenizasyonu.....	56
3.6.2. Özütleme ve temizleme işlemi.....	56
3.6.3. Kromatografik analiz.....	59
3.6.4. Standartların hazırlanması ve kromatografik tanımlama.....	60
3.7. Analiz Metodunun Güvenirliği.....	61



3.8. İşlenmiş Üründeki Kalıntı Miktarının Değişimi ve İşleme Faktörünün Hesaplanması.....	62
3.9. İstatistiksel Analiz.....	62
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	63
4.1. Analiz Metodunun Güvenirliği .....	63
4.2. İşlem Görmemiş Portakal ve Limonun (İK) Kalıntı Miktarı .....	70
4.3. Evsel İşlemlerin Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi.....	70
4.3.1 Yıkama .....	72
4.3.2 Kabuk soyma ve meyve etinin ayrılması .....	72
4.3.3 Meyve suyu eldesi.....	75
4.3.4 Rendelenerek dondurma işlemi.....	76
4.3.5 Reçele işleme .....	77
4.4 Farklı Yıkama İşlemlerinin Pestisit Kalıntı Giderimindeki Etkinliği .....	78
4.4.1 Soğuk su ile yıkama .....	78
4.4.2. Sodyum karbonat çözeltisi ile yıkama .....	81
4.4.3. Sodyum klorür çözeltisi ile yıkama .....	82
4.4.4. Asetik asit çözeltisi ve sirke ile yıkama .....	83
4.4.5. Pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin yıkama işlemleri üzerine etkisi.....	84
4.4.6 Farklı yıkama işlemlerinin (Y, Y <sub>1</sub> -Y <sub>14</sub> ) karşılaştırılması .....	86
4.5. Kurutma Yöntemlerinin Pestisit Kalıntıları Üstüne Etkisi .....	86
4.5.1. Kurutma yöntemlerinin kinetiği.....	87
4.5.2. Sıcak hava kurutma ve mikrodalga ön işlemlili sıcak hava kurutmanın pestisit kalıntılara etkileri .....	90
4.5.3. Vakum kurutma ve mikrodalga ön işlemlili vakum kurutmanın pestisit kalıntılara etkileri.....	93
4.5.4. Kurutma metotlarının ve pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin pestisit kalıntıları üzerine etkisinin irdelenmesi .....	94
4.6. İşleme Faktörü.....	96
5. SONUÇ.....	103
KAYNAKLAR .....	105
EKLER.....	119
EK 1 Portakal Evsel İşleminin Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi .....	120
EK 2 Limon Evsel İşleminin Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi .....	121
EK 3 Abamectin Kromatogramı .....	122
EK 4 Buprofezin kromatogramı.....	122
EK 5 Etoxazole Kromatogramı.....	123
EK 6 Imazalil Kromatogramı.....	123
EK 7 Thiophanate-methyl Kromatogramı .....	124
ÖZGEÇMİŞ .....	125

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

### Açıklama

kg	Kilogram
L	Litre
mg	Miligram
nm	Nanometre
ppm	Milyonda Bir

### Kısaltmalar

### Açıklama

DAD	Diyot Dizini Dedektör
DDT	Diklorodifenil trikoloroetamin
DLLME	Dağıtıcı Sıvı-Sıvı Mikro Ekstraksiyonu
ECD	Elektron Yakalama Dedektörü
FAO	Food and Agriculture Organization
FD	Floresans Dedektör
FPD	Alev Fotometrik Detektör
GAP	İyi Tarım Uygulamaları
GC	Gaz Kromatografisi
GC-MS/MS	Gaz Kromatografisi Kütle Spektroskopisi
GPC	Jel Geçirgenlik Kromatografisi
HCB	Hexachlorobenzene
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
LC	Sıvı Kromatografisi
LC-MS/MS	Sıvı Kromatografisi -Kütle Spektroskopisi
LLE	Sıvı-Sıvı Ayırması
MAE	Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon
MRL	Maksimum Kalıntı Limiti
MS	Kütle Spektrometresi
NPD	Azot Fosfor Dedektörü
PSA	Primer Sekonder Amin
RASSF	AB Yem ve Gıdalar için Hızlı Alarm Sistemi
SFE	Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu
SOX	Soxhlet Ekstraksiyonu
SPE	Katı Faz Ekstraksiyonu
SPME	Katı Faz MikroEkstraksiyonu
UPLC-MS/MS	Tandem Dörtlü Kütle Spektrometresi
UV	Ultraviyole
QuEChERS	Hızlı, Basit, Ucuz, Etkili, Güvenli ve Kesin Analiz Metodu
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
K	Kontrol
İK	İlaç Uygulanmış Kontrol
Y	Yıkama
S	Soyma

ME	Meyve Eti
MS	Meyve Suyu
R	Reçel
RD	Rendelenmiş Dondurulmuş
K	Kurutma

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Çalışmalarda kullanılan portakal ve limon numuneleri .....	39
Şekil 3.2. Nem ölçüm cihazı .....	40
Şekil 3.3. Portakal ve limona uygulanan pestisitlerin organik formları.....	41
Şekil 3.4. Numunelerin daldırarak ilaçlanması (a) ve güneşte kurutulması(b).....	44
Şekil 3.5. Deney deseni 1 .....	45
Şekil 3.6. Evsel işlemler sonucu elde edilen numuneler .....	46
Şekil 3.7. a) pH metre b) Refraktrometre.....	48
Şekil 3.8. Deney deseni 2 .....	50
Şekil 3.9. (a); Sıcak hava kurutma cihazı, (b); vakumla kurutma cihazı ve (c); mikrodalga .....	52
Şekil 3.10. Deney deseni 3 .....	53
Şekil 3.11. Mikrodalga ön işlemlili (MDVK) ve işlemsiz vakumla kurutma (VK) portakal şekilleri.....	54
Şekil 3.12. Mikrodalga ön işlemlili (MDSK) ve işlemsiz sıcak hava (SK) ile kurutulmuş portakal şekilleri.....	55
Şekil 3.13. Pestisit kalıntı analiz aşamaları .....	57
Şekil 3.14. QuEChERS yöntemi akış şeması.....	58
Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan metodun performans parametreleri .....	64
Şekil 4.2. Çalışmada sırasında gerçekleştirilen geri kazanım sonuçları .....	65
Şekil 4.3. Kalibrasyon eğrilerinin % sapma grafiği .....	67
Şekil 4.4. Abamectin ve buprofezin'in kalibrasyon eğrisi.....	68
Şekil 4.5 Etoxazole ve imazalil'in kalibrasyon eğrisi.....	69
Şekil 4.6.Thiophanate-methyl kalibrasyon eğrisi. ....	70
Şekil 4.7. Farklı yıkama yöntemlerinin pestisit kalıntılarının miktarları üzerine etkisi .	80
Şekil 4.8. Kurutma yöntemlerinin kurutma eğrileri; (a) sıcak hava kurutma (K <sub>1</sub> -K <sub>3</sub> ), (b) mikrodalga ön işlemlili sıcak hava kurutma (K <sub>4</sub> -K <sub>6</sub> ), (c) vakum kurutma (K <sub>7</sub> -K <sub>12</sub> ), (d) mikrodalga ön işlemlili vakum kurutma (K <sub>13</sub> -K <sub>18</sub> ) .....	89
Şekil 4.9. Farklı kurutma yöntemlerinin pestisit kalıntılarının miktarları üzerine etkisi	92
Şekil 4.10. Evsel yıkama işlemi sırasında portakala ait işleme faktörlerinin değişimi...	99
Şekil 4.11. Evsel yıkama işlemi sırasında limona ait işleme faktörlerinin değişimi.....	99
Şekil 4.12. Farklı yıkama yöntemlerinin işleme faktörleri .....	100
Şekil 4.13. Farklı kurutma yöntemlerinin işleme faktörleri.....	101

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Pestisitlerin özellikleri .....	17
Çizelge 2.2. Bazı AB ülkelerinde birim alanda tüketilen ortalama pestisit miktarları ...	19
Çizelge 2.3. Türkiye’de tarımsal ilaç kullanım istatistikleri .....	20
Çizelge 2.4. Farklı ürünlerde ve farklı metotlarda pestisit kalıntılarının giderimleri .....	26
Çizelge 3.1. Çalışma kapsamında analiz edilen aktif maddelerinin (pestisitlerin) fiziko-kimyasal özellikleri. ....	43
Çizelge 3.2. LC-MS-MS cihaz ve hareketli faz şartları .....	59
Çizelge 3.3. LC-MS-MS tanımlama programı .....	60
Çizelge 3.4. Kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında kullanılan standart çözeltilerinin (D1-D7) hazırlanması.....	61
Çizelge 4.1. Portakal numunelerinde farklı işleme tekniklerinin pestisit kalıntı miktarlarına etkisi.....	71
Çizelge 4.2. Limon numunelerinde farklı işleme tekniklerinin pestisit kalıntı miktarlarına etkisi .....	71
Çizelge 4.3. Portakal numunelerinde farklı yıkama tekniklerinin pestisit kalıntı miktarlarına etkisi.....	79
Çizelge 4.4. Pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin farklı yıkama teknikleri ile pestisit zalatma oranına etkisinin incelenmesi .....	85
Çizelge 4.5. Kurutma süreleri ve nem içerikleri .....	88
Çizelge 4.6. Portakal numunelerinde farklı kurutma tekniklerinin pestisit kalıntı miktarlarına etkisi.....	91
Çizelge 4.7. Pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin farklı kurutma tekniklerinin neden olduğu % pestisit kalıntı miktarı artışa etkisinin irdelenmesi .....	95
Çizelge 4.8. Portakal ve limon numunelerinde farklı işleme tekniklerinin işleme faktörlerine etkisi .....	97

## 1. GİRİŞ

Pestisitler gıdaların, tarımsal ürünlerin veya hayvan yemlerinin üretimi, işlenmesi, taşınması, depolanması ve/veya pazarlanması sırasında istenmeyen bitki ve hayvan türlerine ait zararlıların önlenmesi, yok edilmesi veya kontrol altına alınması amacıyla kullanılan maddeler olarak tanımlanmaktadır (WHO-FAO 2008).

Gıdalardaki pestisit kalıntıları için limit belirlerken toksisite, kalıntı seviyesi, gıda tüketim oranı, çevredeki kalıcılığı ve değişime uğrama özelliği ve bireylerin duyarlılığı gibi çeşitli etkenler göz önünde bulundurulur (Saner ve ark. 2007). Maksimum kalıntı limitleri (MRL), etkin pest kontrolü için ulusal seviyede izin verilmiş gerçek ve güvenli koşullarda pestisit kullanımını içeren iyi tarım uygulamalarına (GAP) dayanmaktadır (CAC 2009, EC 2005).

Tarımsal ürünler, tüketime hazır hale getirilene kadar, yıkama, kabuk soyma, dondurma, kurutma, kaynatma, fermentasyon gibi işlemlere maruz kalabilmektedirler. Bu işlemler sonucunda başlangıçta içerdikleri pestisit kalıntılarının seviyesi değişebilmektedir (Scholz ve ark. 2017). Maksimum kalıntı limitleri, öncelikle işlenmemiş tarımsal ürünler için belirlenmektedir. Tarımsal ürünlerin işlenmeleri süresince maruz kalacağı süreçlerin, başlangıçta içerdikleri pestisit kalıntılarına etkisi dikkate alınarak, o sürece ve pestisite ait işleme faktörü belirlenir. Bu faktörler, işlenmiş gıdaların MRL değerlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. İşleme faktörü, işlenmiş gıdadaki pestisit kalıntı seviyesinin işlenmemiş gıdada bulunan pestisit kalıntı seviyesine oranı olarak tanımlanmaktadır. İşleme faktörü, işlenmiş ürünlerdeki kalıntıların yasal standartlara uygunluğuna karar verilmesi ve işlenmiş ürünlerdeki kalıntıların insan, hayvan ve çevre sağlığı üzerindeki risklerinin değerlendirilmesi için gereklidir (CAC 2009, EC 2005).

Literatürde gıda işleme süreçlerinin pestisit kalıntıları üzerine etkisi birçok çalışma ile ortaya konulmuştur.

Yıkama hem ev hem de endüstriyel hazırlıkta ön adım olan en yaygın işleme biçimidir. (Bajwa ve Singh-Sandhu 2014, Dordevic ve Durovic-Pejvec 2016a). Soyma, birçok meyve ve sebzenin işlenmesinde yıkamadan sonra gelen önemli bir adımdır (Kaushik ve ark. 2009). Pestisitlerin meyvelerden meyve suyuna geçişi kabuk ve posada kalan



miktarına ve pestisitlerin fiziko-kimyasal özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Kalıntı miktarındaki azalma, santrifüjleme veya filtreleme gibi berraklaştırma işlemleri ile de sağlanmaktadır (Kaushik ve ark. 2009). Gıda muhafazasında kullanılan ısı işlem teknikleri pestisitlerin kalıntılarında azalmaya neden olabilmektedir (Kaushik ve ark. 2009). Kurutma basit, geleneksel bir gıda muhafaza yöntemidir. Gıdalar güneşte, fırında veya bir gıda kurutucusunda kurutulabilmektedir (Kaushik ve ark. 2009). Kurutmanın pestisit kalıntılarını azaltarak veya artırarak bir etki yarattığı gözlenmiştir (Hassanzadeh ve ark. 2010, Bonnechere ve ark. 2012). Dondurma, en eski ve en yaygın kullanılan gıda koruma yöntemlerinden biridir ve gıdalardaki tat, doku ve besin değerini başka herhangi bir yöntemden daha iyi korumaktadır (Dordevic ve Durovic-Pejvec 2016a).

Yapılan çalışmalar ışığında, meyve sebzelerin yıkanmasıyla pestisit kalıntılarının %22-70 oranında uzaklaştırılması söz konusu olabilmektedir (Liang ve ark. 2012, Li ve ark. 2015, Lozowicka ve Jankowska 2016). Meyve ve sebzelerin başlangıçta içerdikleri bazı pestisitlerin kalıntı miktarlarının %70-100'ünün soyma işlemi ile azaltılabildiği ortaya konulmuştur (Cengiz ve ark. 2007, Boulaïd ve ark. 2012, Kwon ve ark. 2015). Ancak kurutma süreçlerinde pestisitlerin metabolitlerine parçalandığı da gözlenen diğer bir sonuç olmuştur (Zhao ve ark. 2017a, Noh ve ark. 2019).

Portakal (*Citrus sinensis*) ve limon (*Citrus limon*) dünyadaki en popüler ve en çok yetişen turunçgiller familyasına ait olan meyvelerdendir (Liu ve ark. 2012, Gonzalez-Molina ve ark. 2009). Akdeniz İhracatçı Birlikleri Ocak-Kasım 2019 verilerine göre, 2018-2019 yılları arasında 1 649 milyon tonluk toplam narenciye ihracatımızın 565 bin tonluk payla mandarin birinci, 552 bin tonluk payla limon ikinci ve 360 bin tonluk payla portakal da üçüncü sırada yer almaktadır (Anonim 2019a). Ulusal Turunçgil Konseyi'nin raporuna göre 2013 yılındaki dünya turunçgil üretiminin ilk üç sırasını portakal, limon ve mandarin oluşturmakta olup ülkemiz bu listede dokuzuncu sırayı almaktadır (Anonim 2018a). Turunçgiller taze olarak tüketildiği gibi kurutulmuş, dondurulmuş ve reçele işlenmiş olarak da tüketilmektedir. Ayrıca pastacılık sektöründe portakal ve limon kabuğu da aroma verici olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla turunçgillerde kullanılan pestisitler için işlem faktörlerinin de ortaya konulması gerekmektedir. Bir portakal çeşidi olan Valencia ve limon çeşidi olan Lamas, turunçgil yetiştirilen ülkelerde en başta gelen portakal ve limon çeşidi olup, Türkiye'de de son yıllarda yetiştiriciliği hızla gelişmektedir. En önemli

özelliği geç aylara kadar yetişebilmesi ve hasat edilebilmesidir. Meyvelerinin kabuğu hafif derecede pürüzlü olup, kabuğu ise orta ölçüde kalındır, iç zarı kalındır, az çekirdek içerir. Portakal, iyi bir vitamin, flavonoid, terpen, potasyum ve kalsiyum kaynağıdır. Bir portakal, C vitamini için günlük ihtiyacın %116'sını sağlar (Guarnieri ve ark. 2007, Ghasemia ve ark. 2009). Limon ise askorbik asit, sitrik asit, flavonoidler ve mineraller gibi doğal kimyasal bileşenler bakımından çekici renk, aroma ve zengin içerikli popüler bir meyvedir (Gonzalez-Molina ve ark. 2009, Lorente ve ark. 2014).

Turunđgiller pestlerin ve hastalıkların çokça görüldüğu ılık ve subtropikal iklimlerde yetiştirilmektedir ve izin verilen oranlarda belirli pestisitlerin kullanılması kaçınılmazdır (Li ve ark. 2012, Anonim 2016). Turunđgiller için Türk Gıda Kodeksi'nde belirlenen pestisitler arasında abamectin, boscalid, buprofezin, chlorpyrifos-methyl, difenoconazole, dimethomorph, fenbuconazole, etoxazole, imidacloprid, imazalil, iprodione, malathion, pyridaben, pyriproxifen, tebuconazole, thiabendazole ve thiophanate-methyl gelmektedir.

Yapılan birçok çalışmada turunđgillerde bulunan pestisit kalıntılarının varlığı tespit edilmiştir. Jacobo-Suarez ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada portakallarda methidathion, chlorpyrifos-ethyl ve malathion kalıntıları yüksek seviyede bulunmuştur. 2016 Hızlı Alarm Sistemi (RASFF- Rapid Alert System for Food and Feed) raporuna göre Türkiye'den ihracat edilen limonlarda chlorpyrifos'un maksimum kalıntı limiti (MRL) değerlerinin üstünde çıktığı belirtilmiştir (Anonim 2018b).

Turunđgillerin işlenmesi sırasında pestisit kalıntılarının derişiminde ortaya çıkan etki literatürde sınırlı sayıda çalışma ile ortaya konulmuştur. Greyfurtların beş dakika ozonlu su (10 mg/L) ile yıkanmasıyla chlorpyrifos ethyl kalıntısı %94 oranında azalma göstermiştir (Kusvuran ve ark. 2012). Chlorothalonil kalıntısı içeren bir portakal 5 dakika boyunca ozonlandığında kalıntı miktarında %100'lük bir azalma sağlanmıştır. Aynı şekilde tetradifon içeren limonda 5 dakika ozonlama ile kalıntı miktarında %98, chlorpyrifos-ethyl içeren greyfurtta ise kalıntı miktarında %94 azalma gerçekleşmiştir. Ozonlu suda yapılan yıkama işleminde azalma %50-98 arasında iken musluk suyunda %4-39 arasında azalma gözlenmiştir (Kusvuran ve ark. 2012). Limonla yapılan diğer bir çalışmada ise 3, 6 ve 9 dakika ozonlu su (2, 4, 8 mg/L) uygulamalarında chlorothalonil

için kabuklu örneklerde %28-92, kabuksuz örneklerde %70-89 oranları arasında; chlorpyrifos-ethyl için kabuklu örneklerde %18-82, kabuksuz örneklerde %7-89 oranları arasında; tetradifon için kabuklu örneklerde %16-95, kabuksuz örneklerde %14-100 oranları arasında parçalanmalar belirlenmiştir (Aslansoy 2012).

Bu tez çalışmasında, gıda işleme süreçleri kapsamında farklı yıkama işlemleri (soğuk suyla yıkama, farklı derişimlerdeki sodyum karbonat, sodyum klorür, asetik asit, elma sirkesi ve üzüm sirkesi ile yıkama), evsel işlemler (musluk suyuyla yıkama, kabuk soyma, meyve eti eldesi, reçele ve meyve suyuna işleme, rendelenmiş kabuklarının dondurularak belirli sürede saklanması) ve kurutma işlemlerinin (mikrodalga ön işlemlili ve işlemsiz vakumla kurutma, mikrodalga ön işlemlili ve işlemsiz sıcak hava ile kurutma) turunçgillerde bulunan bazı pestisit kalıntılara olan etkisinin araştırılması ve işleme faktörlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında seçilen pestisitler, turunçgillerin yetiştirilmesi ve depolanması sırasında uygulanma sıklıklarına, üründe kalıntı bırakma olasılığına, toksisitesine, farklı fizikokimyasal özellikleri yansıtmalarına, literatürdeki çalışmalarına, ulusal mevzuatta bulunan MRL değerlerine dayanılarak seçilmiştir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Portakal

Turunçgiller, Kuzey Amerika'da Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Meksika'da; Orta Amerika'da bulunan Dominik Cumhuriyeti, Küba ve Venezuela'da; Akdeniz ülkelerinden Türkiye, İspanya, İtalya, Mısır, Yunanistan, Fas, İsrail, Tunus, Suriye, Cezayir, Kuzey Kıbrıs ve Güney Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde ve Çin, Japonya, Hindistan ve Pakistan gibi bazı Asya ülkelerinde yetiştirilmektedir. Güney yarım kürede ise Brezilya, Arjantin, Güney Afrika Cumhuriyeti ve Avustralya önemli üretici ülkeler arasında yer almaktadır. Kuzey yarım kürede üretilen turunçgiller dünya üretiminin %74'ünü oluşturmaktadır (Yeşiloğlu ve ark. 2011).

Gerek beslenmedeki önemi gerekse de yan sanayi dallarındaki kullanımı ile dünyada en çok üretilen meyve grubu olan turunçgil meyveleri üretimi 2017 yılında dünyada 146 599 168 tona ulaşmıştır. Dünyada en büyük üretici ülke Çin olup onu sırasıyla Brezilya, ABD, Hindistan, Meksika ve İspanya izlemektedir. Dünya üretiminin %50,1'i portakal, %22,8'i mandarin, %11,8'i limon, %6,2'si altıntop-şadok ve %9,3'ü diğer turunçgillerden oluşmaktadır. Türkiye toplam 4 769 726 ton üretim ile Akdeniz ülkeleri içerisinde İspanya, İtalya ve Mısır'ın ardından dördüncü büyük üretici ülke konumundadır (FAO 2019).

Portakal (*Citrus sinensis*), dünyadaki en popüler ve en çok yetişen turunçgiller familyasına aittir (Besil ve ark. 2018). Portakalın yararları arasında; kolesterolü düşürücü etkisinin olması (Kurowska ve Manthey 2004) ve günlük lif ihtiyacının %12,5'ini sağlaması da yer almaktadır (Kurowska ve Manthey 2004). Portakalın flavonoidleri anti-karsinijen, anti-viral, anti-oksidan ve anti-alerjiktirler. Limonoidleri ise kansere karşı koruyucudur. Benzer şekilde esansiyel yağları hem karsinojenlere karşı inhibitör hem de detoksifikasyon enzim aktivitesini artırıcı moleküllerdir (Milind ve Dev 2012).

Dünya'daki portakal üretim miktarı 2017-2018 verilerine göre 49 282 (bin ton), tüketim miktarı ise 29 369 (bin ton)'dur (Anonim 2018a ve 2018c). Dünyadaki değerli meyve mahsülü olan portakalın sektör hacminin dünya çapında 20 milyar dolardan fazla olduğu tahmin edilmektedir (Magwaza ve ark. 2012, Yang ve ark. 2017). USDA verilerine göre, 2017-2018 üretim sezonunda dünyada 92 milyon ton turunçgil üretimi gerçekleşirken,

üretim %52'sini karşılayan portakal en çok tercih edilen turunçgil türü olmuştur. Dünya portakal veriminde son 5 yıl içerisinde %7 artış görülmüştür (Anonim 2019b). Türkiye'de 2017-2018 verilerine göre portakal üretim miktarı yıllık 1 950 (bin ton), tüketim miktarı 874 (bin ton) dur (Anonim 2019c). Akdeniz İhracatçı Birlikleri Ocak-Kasım 2019 verilerine göre, 2018-2019 yılları arasında 1 649 milyon tonluk toplam narenciye ihracatımızda 360 bin tonluk payla portakal üçüncü sırayı almaktadır (Anonim 2019a).

Bir portakal çeşidi olan Valencia, turunçgiller yetiştirilen ülkelerde en başta gelen portakal çeşidi olup, Türkiye'de de son yıllarda yetiştiriciliği hızla gelişmektedir (Anonim 2019d). 'Valencia' çeşidi portakallar, orjini Çin olmakla beraber 1865'ten önce Portekiz'de tanımlanan ve isimlendirilen ve sonrasında İspanya'nın Valencia şehrinde yetişen bir çeşide benzerlik gösterdiği için ismi değiştirilen bir portakal türüdür. En önemli özelliğinin geç aylara kadar yetişebilmesi ve hasat edilebilmesidir. Ülkemizde genellikle şubat- mayıs arası hasat edilirler. Meyvenin kabuğu hafif derecede pürüzlü olup, kabuğu ise orta ölçüde kalındır, iç zarı kalındır, az çekirdek içerir. Meyve çapı, uzunluğu, ağırlığı ve meyve suyu oranı sırasıyla ortalama 68 mm ile 71 mm, 67mm ile 73 mm, 150 g ile 160 g ve %45 ile %54 arasında değişir (Candan 2008).

Portakal, sofralık taze olarak tüketilebildiği gibi reçele, marmelata veya meyve suyuna işlenerek, ayrıca dondurularak ve kurutulularak da evsel veya endüstriyel birtakım işlemlerle değerlendirilmektedir. Bunun yanında portakal kabuklarından uçucu yağlar elde edilmekte ve kozmetik sektöründe de kullanılmaktadır. Ayrıca pastacılık sektöründe de portakal kabuğu aroma verici olarak kullanılmaktadır.

## **2.2. Limon**

Limonun anavatanı Hindistan olup Türkiye'de en çok Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilmektedir. Soğuk iklim koşullarına karşı dayanıksız olan limonun, hasat dönemi ekim ayından mart ayına kadar sürmektedir (Ameen 2019).

Limon, dünya çapında 7,3 milyon tonluk (Anonim 2017) üretim ile ana narenciye ürünlerinden biridir. Akdeniz İhracatçı Birlikleri Ekim 2019 verilerine göre; Akdeniz İhracatçı Birlikleri Ocak-Kasım 2019 verilerine göre, 2018-2019 yılları arasında 1 649

milyon tonluk toplam narenciye ihracatımızın 552 bin ton'luk payla limon ikinci sırayı almaktadır (Anonim 2019a).

Bir limon çeşidi olan *Lamas*, en eski ve en ünlü Türk limon çeşididir. Son derece bol sulu, aroması ve kalitesi yüksek bir meyvedir. Meyvelerin kabukları pürüzsüz, orta kalınlıkta ve çekirdek sayısı 8-9 adetten oluşmaktadır (Kafa 2015). Limon, sofralık taze olarak tüketilebildiği gibi reçele, marmelata veya meyve suyuna işlenerek, ayrıca dondurularak da evsel ya da endüstriyel işlemlerle değerlendirilmektedir (Uysal-Polatöz 2017, Ayyıldız 2018). Bunun yanında limonun salata soslarında ve turşularda da kullanıldığı bilinmektedir.

Limon; renk, aroma, askorbik asit, sitrik asit, lif (pektin), fenolik bileşikler (flavonoidler, fenolik asitler), limonoidler, kumarinler, furokumarinler, karotenoidler ve mineraller gibi besinler açısından zengin popüler bir meyveden oluşmaktadır (Yang ve ark. 2011, Lopresto ve ark. 2014, Lorente ve ark. 2014, M'hiri ve ark. 2018, Wang ve ark. 2018).

### **2.3. Pestisit ve Pestisit Kalıntısı**

Pestisit, zirai mücadele uygulamalarında kullanılan her türlü kimyasal madde olarak belirtilmektedir. Pestisit kalıntısı ürünlerde bulunabilen zirai mücadele amaçlı kullanılan aktif maddeleri, bunların metabolitlerini, parçalanma veya reaksiyon sonrası oluşan ürün olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2016).

Pestisit kullanımı milattan önce 1000 yılına kadar uzanmaktadır. Kükürt, meyvelerdeki toz halindeki küfü kontrol etmek için Çinliler tarafından bir pestisit olarak kullanılmıştır. Birinci sentetik pestisit olan DDT, II. Dünya Savaşı sırasında etkili bir şekilde kullanılmıştır (Winter 2001, Yolci-Ömeroğlu 2010).

Pestisitler, kimyasal bileşimleri, kullanım şekli ve hedef zararlıları dahil olmak üzere farklı şekillerde sınıflandırılabilirler. Hedef zararlılarına göre sınıflandırıldığında en bilinen pestisit gruplarını insektisitler, herbisitler ve fungusitler içerir (Çizelge 2.1). Kimyasal sınıflandırma üç ana gruptan oluşur: arsenik, bakır, bor, civa, çinko, kalay ve kükürt içeren inorganik pestisitler; karbon, oksijen, azot vb. içeren organik pestisitler ve biyolojik pestisitlerdir. Günümüzde kullanılan pestisitlerin çoğu organik bileşiklerden en



önemlileri, organoklorin pestisitler, organofosfat pestisitler, karbamatlar ve doğal ve sentetik pretroidlerdir (Tiryaki ve ark. 2010).

Günümüzde yaklaşık 20 000 çeşit pestisit sentezlenmiş ve kullanıma sunulmuştur. Sayı fazla görünse de aslında bunların içinde 800'den fazla aktif madde bulunmaktadır (Stoytcheva 2011). Aynı aktif maddenin değişik formülasyonları, değişik preparat şekilleri de olabilmektedir. Üretilen pestisitlerin %75-80'i tarım sektöründe zararlı ot ve pestlerle mücadele de herbisit ve insektisit olarak kullanılmaktadır (Tunçdemir 2016).

Pestisit kullanımının en önemli avantajı zararlı organizmayı kısa sürede yüksek oranda yok etme kabiliyetine sahip olmasıdır. Ayrıca bu ürünlerin standart üretiminin olması, yaygın bulunması, kolay erişilebilir olması, kullanımının ve naklinin kolay olması bu yöntemin diğer önemli avantajları arasında yer almaktadır (Birişik 2018).

**Çizelge 2.1.** Pestisitlerin özellikleri (Öncüer 2000).

<b>Pestisit Özellikleri</b>	<b>Durumu</b>
Pestisit'in fiziki durumuna göre	✓ Katı formülasyonlar ✓ Sıvı formülasyonlar
Zararlıının biyolojik evresine göre	✓ Larvaları öldürenler (larvasitler) ✓ Yumurtaları öldürenler (ovisitler) ✓ Yumurta ve larvaları öldürenler (Ovalarvasitler) ✓ Erginleri öldürenler
Hedef aldığı canlıya göre	✓ Böcek öldürenler (insektisitler) ✓ Örümcekleri öldürenler (akarisitler) ✓ Yaprak bitlerini öldürenler(aphisitler) ✓ Kuşları öldüren veya kaçırıcılar (avenisitler) ✓ Kemiricileri öldürenler (rodentisitler) ✓ Salyangozları öldürenler (molluskusitler) ✓ Yabancı otları öldürenler (herbisitler) ✓ Fungusları öldürenler (fungusitler) ✓ Bakterileri öldürenler (bakterisitler) ✓ Nematodları öldürenler (nematositler) ✓ Algleri öldürenler (algisitler) ✓ Kaçırıcılar (repellentler) ✓ Çekiciler (attractantlar)

**Çizelge 2.1.** Pestisitlerin özellikleri (devam) (Öncüer 2000).

<b>Pestisit Özellikleri</b>	<b>Durumu</b>
Etki yollarına göre	a) Bitkide ✓ Sistemikler ✓ Yarı sistemikle ✓ Sistemik olmayanlar b) Zararlıda ✓ Mide zehirleri ✓ Değme (kontakt) zehirleri ✓ Solunum zehirleri
Toksik özelliklerine göre	✓ Fiziksel zehirler ✓ Protoplazma zehirleri ✓ Sinir sistemi zehirleri ✓ Solunum zehirleri ✓ Antguagulantlar (Kan pıhtılaşmasını engelleyen zehirler)
Kullanma metoduna göre	✓ Doğrudan kullanılanlar ✓ Su veya bir başka çözücü
Bileşimindeki etken maddeye göre	✓ Canlı kökenli organizmalar ✓ Anorganik yapıda olanlar ✓ Doğal organik yapıda olanlar ✓ Bitkisel kökenli olanlar ✓ Petrol yağları ✓ Katran yağları ✓ Sentetik organik yapıda olanlar ✓ Klorlandırılmış hidrokarbonlar ✓ Organik fosforlular ✓ Karbamatlar ✓ Sentetik piretroitler ✓ Benzoyl türevleri ✓ Dinitro bileşikler ✓ Amin ve hidrazin türevleri ✓ Dinitofenol ve esterleri ✓ Halojen ve oksijenler ✓ Organik kalaylıları

#### **2.4. Pestisitlerin Dünya'daki ve Türkiye'deki Durumu**

2016 Eurostat verilerine göre Avrupa Birliğinde 3 892 711 54 ton aktif madde satışı gerçekleştirilmiştir. Bundaki en büyük payı %46 ile fungusitler ve bakterisitler, %29'unu herbisitler, %14'ünü bitki koruma ürünleri, %11'ini insektisitler ve akarisitler oluşturmaktadır (Eurostat 2016).

Bazı Avrupa Birliği ülkelerinde 2000 yılında hektar başına kg olarak zirai ilaç tüketimleri Çizelge 2.2'de görülmektedir. Hollanda ve Yunanistan Avrupa Birliği'nin en yoğun,

Belçika ve Finlandiya'nın ise en az zirai ilaç tüketen ülkeler arasındadır (Tiryaki ve ark. 2010, Kızılaslan ve Yaşa 2011, Erbey 2018).

**Çizelge 2.2.** Bazı AB ülkelerinde birim alanda tüketilen ortalama pestisit miktarları (Tiryaki ve ark. 2010, Erbey 2018)

Ülkeler	Pestisit Tüketimi (kg/ha)
Hollanda	13,8
Yunanistan	13,5
İtalya	9,3
İrlanda	8
İngiltere	6,4
Portekiz	6
Fransa	5,6
İsveç	4,4
Lüksemburg	4,4
Avusturya	4
Almanya	2,6
İspanya	2,3
Danimarka	1,7
Belçika	1,2
Finlandiya	1,2

Türkiye'de ise 2008 ve 2018 yılları arasında pestisit kullanımında artış görülmüştür (Çizelge 2.3). 2008 yılında kullanım 38 836 ton iken 2018 yılında 60 020 ton olmuştur (Anonim 2019c). Türkiye'de tarımsal kimyasal pazarının %41'ini fungusitler, %21'ini insektisitler, %22'sini herbisitler, %5'ini akarisitler ve %11'ini ise diğer kimyasallar oluşturmaktadır (Anonim 2019c).

**Çizelge 2.3.** Türkiye’de tarımsal ilaç kullanım istatistikleri (Anonim 2019c)

Yıl	Pestisit Kullanım Oranı (Ton)						Toplam
	İnsektisit	Fungusit	Herbisit	Akarisit	Rodentisit	Diğer	
2006	7 628	19 900	6 956	902	3	9 987	<b>45 376</b>
2007	21 046	16 707	6 669	966	51	3 277	<b>48 716</b>
2008	9 251	16 707	6 177	737	351	5 613	<b>38 836</b>
2009	9 914	17 863	5 961	1 533	78	2 302	<b>37 651</b>
2010	7 176	17 396	7 452	1 040	147	5 344	<b>38 555</b>
2011	6 120	17 546	7 407	1 062	421	6 978	<b>39 534</b>
2012	7 264	18 124	7 351	859	247	8 766	<b>42 611</b>
2013	7 741	16 248	7 336	858	129	7 128	<b>39 440</b>
2014	7 586	16 674	7 794	1 513	149	6 007	<b>39 723</b>
2015	8 117	15 984	7 825	1 576	197	5 327	<b>39 026</b>
2016	10 425	20 485	10 025	2 025	259	6 835	<b>50 054</b>
2017	11 436	22 006	11 759	2 452	236	6 209	<b>54 098</b>
2018	13 583	23 047	14 794	2 486	309	5 801	<b>60 020</b>

### 2.5. Pestisitlerin İnsan Sağlığına ve Çevreye Etkisi

Tarımsal üretimdeki yararlarının yanında, pestisitler oldukça yüksek toksik etkiye sahip bileşiklerdir ve çevresel koşullara karşı da oldukça dirençlidirler. Pestisitlerin uygulanması sırasında bir kısmı evaporasyon ve dağılma nedeniyle kaybolurken, bir kısmı da bitki üzerinde ve toprak yüzeyinde kalmaktadır. Havaya karışan pestisit rüzgârlarla taşınıp; sis ve yağışlarla tekrar yeryüzüne dönebilir. Bu yolla hedef olmayan diğer canlılara ve bitkilere ulaşan pestisit, bunlarda kalıntı ve toksisiteye neden olabilir (Altıkat ve ark. 2009).

Bitkinin direkt yolla veya toprakta kalan pestisiti kendi bünyesine alması ve bu bitkilerin insan gıdası veya hayvan yemi olarak kullanılması sonucunda pestisitler insanların gıda zincirine girmekte ve insan sağlığını tehdit edebilmektedir (Tiryaki ve ark. 2010). Gereğinden fazla ve kurallara uyulmadan yapılan ilaçlamalar ve erken hasat, üründe kalıntı bırakabilmekte, bu da tüketilen gıdaların güvenliğini olumsuz yönde etkileyip insan sağlığını tehdit etmektedir. Kalıntı, bitki koruma amaçlı kullanılan kimyasal bileşiklerin veya bunların toksik türevlerinin gıdalarda ve yemlerin üzerinde ya da içinde bulunan miktarını ifade etmektedir.

Pestisitler, özellikle de insektisitler, hedef zararlının sinir sistemini ele geçirmektedir. Böcekler ve insanların sinir sistemleri benzer olduklarından, böceklerin sinir sistemini hedef alan pestisitler insanları da olumsuz etkileyebilmektedir (Keifer and Firestone 2007). Pestisitlerin akut ve kronik olarak zehirlenmelere neden olduğu bilinmektedir. Zirai ilaçların insan vücuduna girişi deriden temas, ağız, burun ve gözler gibi açıklıklardan ilgili sistemlere ulaşmaktadır. Akut etki yani doğrudan maruz kalma; zirai ilaca bir defa maruz kalınması sonucunda ortaya çıkmaktadır ve belirtiler kısa süre içinde görülmektedir. İnsanların pestisitlere doğrudan maruz kalmasının temel nedenleri; bu konuda yetersiz eğitime sahip olunması ve pestisitlerin toksisite potansiyellerinin bilinmemesi, kaza ile saçılma sonucu gıdaların bulaşması, dikkatsiz yükleme ve taşıma, yıkanmamış pestisit kaplarının kullanımı, hatalı genel bakım ve atık değerlendirme işlemleri gibi sebeplerle oluşmaktadır. Pestisitlerin insan sağlığına olumsuz etkileri; sinir sistemi hastalıkları, doğum kusurları, kanser dahil diğer sağlık problemleri olarak sıralanmaktadır (Erbey 2018).

## **2.6. Pestisitlerin Yasal Mevzuatı**

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)-Codex Alimentarius (CAC) tarafından pestisit kalıntıları için uluslararası MRL değerleri tespit ve tavsiye edilmiştir (CAC 2009). Avrupa Birliği (AB) yapılan bu çalışmaları dikkate alarak kendi içinde yasal limitler oluşturmuştur (EC 2005).

Türkiye’de ise bu mevzuatlara uyumlu olarak hazırlanan 2016 yılında 29899 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Tebliği yürürlükte (Anonim 2016).

Gıdalardaki pestisit kalıntıları için limit belirlerken toksisite, kalıntı seviyesi, gıda tüketim oranı, çevredeki kalıcılığı ve değişime uğrama özelliği ve bireylerin duyarlılığı gibi çeşitli etkenler göz önünde bulundurulmaktadır (Saner ve ark. 2007). Maksimum kalıntı limitleri, etkin pest kontrolü için ulusal seviyede izin verilmiş gerçek ve güvenli koşullarda pestisit kullanımını içeren iyi tarım uygulamalarına (GAP) dayanmaktadır. Bu nedenle, maksimum kalıntı limitleri aslında çiftçilerin GAP uygulamalarına uyup uymadığını kontrol etmektedir (CAC 2009, EC 2005).

Pestisitlerin kontrollü kullanımı için Avrupa ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri birden fazla yasa çıkarmıştır (Delen ve ark. 2005). Üstelik Avrupa Birliği gıda güvenliğinin kontrol altında tutulması amacıyla RASFF, 28 Ocak 2002 tarih ve EC 178/2002 sayılı tüzüğü ile ortaya çıkmıştır. Bu sistem ile üye ülkelerin gıda güvenliği ile ilgili bildirimler ortak bir veri tabanında toplanılıp haftalık raporlar halinde yayınlanmaktadır. Her yıl toplanan veriler değerlendirilmekte ve yıllık raporlar halinde sunulmaktadır (Anonim 2018b). Yani bu sistem ile pestisit kalıntıları ithalat ve ihracatta da büyük önem arz etmektedir.

## **2.7. Pestisit Kalıntı ve Analizleri**

Pestisit analizleri farklı fiziko-kimyasal özelliklere sahip olmakla birlikte yüzlerce aktif maddenin, farklı matrikslerde, aynı anda analiz edildiği tekli-çoklu kalıntı analizleridir (Çetinkaya-Açar 2015). Tekli kalıntı analizi, numunelerdeki tek bir pestisit kantitatif tayini için kullanılır ve numunenin belirli bir pestisit içeriğinin bilinmesi veya şüphelenilmesi koşuluyla uygulanabilmektedir. Çoklu kalıntı analizlerinde ise birden fazla örnekte ve birden fazla pestisit tespit edilip ölçülmektedir. Çeşitli pestisitlerin ve bunların dönüşüm ürünlerinin eş zamanlı niteliksel ve niceliksel tespiti yapılabilmektedir (Afifi ve ark. 2010).

Pestisit kalıntı analizleri uluslararası ticarete taşınan gıdaların, çevresel korumanın, uluslararası ticaret konularının, risk değerlendirmesi için veri, pestisit kaydı ve yeniden tescili, organik gıda etiketlemesinin doğrulanması vb. gibi MRL'lere uyumu kontrol etmek için gereklidir (Yolci-Ömeroğlu ve ark. 2012). Pestisit analizleri numune alma, numune hazırlama ve homojenizasyon, özütleme, temizleme ve kromatografik analiz olmak üzere beş temel aşamada gerçekleştirilmektedir (Çetinkaya-Açar ve ark. 2010, Yolci-Ömeroğlu ve ark. 2012, Yavuz ve Aksoy 2016, Niell ve ark. 2017).

Son yıllarda meyve ve sebzelerde kısa, hızlı ve doğru bir şekilde pestisit kalıntı analizlerinin gerçekleştirilmesi için asetonitril ekstraksiyonuna, primer sekonder amin ile temizlenmesine ve gaz kromatografisi kütle spektrofotometrisi (GC-MS-MS), likit kromatografisi-kütle spektrofotometresi (LC-MS-MS) yöntemleri ile tanımlanmaya dayanan QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe; Hızlı, Kolay,



Ucuz, Sağlam ve Güvenilir) çoklu kalıntı yöntemi basit, hızlı ve düşük maliyetli bir metod olarak kabul görmektedir (AOAC 2007, EN 15662).

### **2.7.1. Numune alma ve numune hazırlama**

Codex Alimentarius Komisyonu gıdaların Maksimum Kalıntı Limitlerine (MRL) uygunluğunun saptanması için pestisit analizlerine ait numune alma yöntemlerini belirlemiştir (CAC 1999). Avrupa Birliği de Kodeks numune alma yöntemini benimsemiş ve 2002/63/EC nolu direktifini yayınlamıştır. (EC 2002). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde 2002/63/EC'nolu direktif göz önünde bulundurularak numune alma tebliği hazırlanmıştır (Anonim 2011). Bu tebliğ gıdalarda bulunan pestisit kalıntılarının resmi kontrolleri için numune alma metodunu ve resmi kontrollerde kullanılan analiz metotları için numune hazırlanmasını ve kriterlerini kapsamaktadır. Numune alan görevli partiyi temsil edecek şekilde rastgele birincil numuneler almaktadır. Birincil numune, partinin bir yerinden alınan bir veya birden fazla birimi içeren numune olarak tanımlanır. Birincil numunelerden paçal numune oluşturulur ve mümkünse iyice karıştırılması gerekmektedir. Paçal numune, laboratuvar numunesi için gereken miktardan daha fazla ise, temsil eden miktarı sağlayacak şekilde bölünür. Paçal numune bitkisel ürünler, yumurta ve süt ürünlerinde 1'den 10'a kadar birincil numuneden, şüpheli olmayan kırmızı et ve kanatlı etinde tek birincil numuneden oluşur. Birim ağırlığı 25-250 g arasında olan elma, portakal gibi orta ebatlı ürünlerin laboratuvar numunesi 1 kg'dan ve 10 birimden az olmamalıdır. Birim ağırlığı 250 g'dan büyük lahana gibi olan büyük ebatlı ürünlerin laboratuvar numunesi ise 2 kg'dan ve 5 birimden az olmamalıdır. Dolayısıyla bir partiden birincil numuneler alınırken, laboratuvar numunesinin oluşturulmasını sağlayacak minimum kriterleri sağlamasına dikkat edilmelidir.

Laboratuvar numunesinin analitik numuneye dönüştürülmesi, toprak, taşlar, kemikler, solmuş yapraklar gibi parçaların çıkarılmasını içeren numune hazırlamaya ihtiyaç duyulabilir. Numune hazırlama bütün analitik metodu doğrudan ve güçlü bir şekilde etkileyen aşamasıdır MRL'e uygunluk değerlendirme analizlerinde numuneye uygulanacak işlemler mevzuatta belirtilmiştir (Anonim 2011). Numuneler hazırlandıktan sonra boyut küçültmek için homojenizasyon işlemi gerçekleştirilir. Numuneler

homojenize edilirken blender, çalkalayıcı, karıştırıcı, ultrasonik banyo ve ultra-turrax aletlerinden faydalanılmaktadır (Çetinkaya-Açar ve ark. 2010, Pareja ve Lozano 2017).

### **2.7.2. Özütleme**

Pestisit analizlerinde özütleme yöntemini belirleyen en önemli parametreler, analitin polaritesi ve pestisitlerin sudaki çözünürlükleridir. Diğer yandan, çalışılan matriksin yapısı, özellikle de yağ içeriği, izolasyon, temizleme ve analizde uygulanacak metodun belirlenmesi açısından son derece önem arz etmektedir. Özütleme için numuneler genellikle orta veya yüksek su içeriğine sahip olanlar (taze sebze ve meyveler), kuru numuneler (su içeriği %10'dan az) ve yağlı numuneler (yağ içeriği %2'den fazla) olmak üzere üç grupta ele alınmakta ve bunlara uygun özütleme metodu seçilmektedir (Çetinkaya-Açar ve ark. 2010, Yavuz ve Aksoy 2016).

Klasik özütleme yöntemi, organik çözücüler kullanılarak blender veya homojenizatör yardımıyla pestisitlerin polar olmayan numunelerden ayrılma işlemidir (Yavuz ve Aksoy 2016). Organik çözücülerden asetonitril, aseton, etil asetat ve metanol en çok kullanılanlar arasında yer almaktadır. Su ile karışabilen asetonitril gibi çözücülerin, farklı oranlarda sulu karışımları kullanılarak yüksek su içeriğine sahip numunelerin de özütlenmesi başarıyla elde gerçekleştirilmektedir. Yanı sıra hayvansal kaynaklı gıda numuneleri için diklorometan ve hekzan çok tercih edilen organik çözücüler arasındadır (Çetinkaya-Açar ve ark. 2010, Yavuz-Aksoy 2016).

Son yıllarda pestisitlerin özütlenmesi için farklı yöntemler de geliştirilmektedir. Soxhlet ekstraksiyonu (SOX), katı faz ekstraksiyonu (SPE), katı faz mikro ekstraksiyonu (SPME), dağıtıcı sıvı-sıvı mikro ekstraksiyonu (DLLME), mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE) ve süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE) gibi teknikler geliştirilmiştir. Her tekniğin farklı prensipleri ve kullanımları vardır ancak hepsi özütleme işleminin süresini ve organik çözücü tüketimini azaltmaya odaklanmaktadır (Çetinkaya-Açar ve ark. 2010, Yolci-Ömeroğlu ve ark. 2012, Niell ve ark. 2017).

### **2.7.3. Temizleme**

Hedef pestisitlerin tespitini engelleyecek birçok büyük molekül özütleme sonrası, test numunesinde var olduğundan ilave bir temizleme aşamasına gerek duyulmaktadır.

Pestisit kalıntı analizinde kullanılan çeşitli temizleme yöntemleri vardır. Bunlar, bileşiklerin moleküler boyutlarına göre ayrılmasına izin veren jel geçirgenlik kromatografisidir (GPC). Sabunlaştırma, adsorpsiyon kromatografisi (aluminyum, silikajel ya da fluorisil), sıvı-sıvı ayırması (LLE, liquid-liquid partitioning), asit uygulaması, buhar destilasyonu ya da düşük sıcaklıkta çöktürmedir. Katı faz ekstraksiyonu (SPE), analitleri numune matrisinden ayırmak için yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) sorbentleri kullanılan temizleme tekniğidir. Florisil, alümina, aminopropil ve primer sekonder amin (PSA), ortak SPE sorbentleridir ve bu yöntemler tek başına ya da bir arada kullanılabilir. Gıdalardaki pestisit kalıntıları için QuEChERS (çabuk, kolay, ucuz, etkili, sağlam ve güvenli) (Anastassiades ve ark. 2003) olarak bilinen ve yakın zamanda geliştirilen yöntemdir (Çetinkaya-Açar ve ark. 2010, Yolci-Ömeroğlu ve ark. 2012).

#### **2.7.4. Kromatografik analiz**

Kromatografik yöntemler, pestisit analizleri için kullanılan ana tanımlama ve miktarsal tespit etme yöntemleridir. Uzun yıllar pestisitlerin tayininde element seçici dedektörler [azot fosfor dedektörü (NPD), elektron yakalama dedektörü (ECD) vb.] ile gaz kromatografisi (GC) kullanılmıştır. Bu sistemler, halojenler, fosfor, sülfür ve azot gibi hetero atomları içeren pestisitler için kullanılırlar. Polar pestisitler doğrudan GC analizine tabi değildir. Bu nedenle, yüksek basıçlı sıvı kromatografisi (HPLC) ile belirlenmektedir. Diyot dizini dedektör (DAD, diode array dedector), floresans dedektör (FD, fluorescence dedector) gibi dedektörler kullanılmaktadır. Element seçici dedektörler hala yaygın olarak kullanılsa da son yıllarda yerini kütle spektrometrik (MS) dedektörlere vermiştir. Tandem dördümlü kütle spektrometresi (UPLC-MS-MS) ile ultra-performans sıvı kromatografisi, polar pestisitleri belirlemeye yönelik çok hızlı bir yöntem olarak uygulanmaktadır (Çetinkaya-Açar ve ark. 2010, Yolci-Ömeroğlu ve ark 2012, Yavuz ve Aksoy 2016).

#### **2.8. Gıda İşleme Süreçlerinde Pestisit Kalıntılarının Değişimi**

Gıda işleme süreçlerinin pestisit kalıntı seviyelerine olan etkisi literatürde yapılan birçok çalışma ile incelenmiş ve Çizelge 2.4'de özetlenmiştir.

**Çizelge 2.4.** Farklı ürünlerde ve farklı metotlarda pestisit kalıntılarının giderimleri

Ürün	Uygulanan İşlem	Pestisit	Etki Şekli	Kalıntı Giderme (%)	Referans
Domates	15 sn musluk suyu	Procymidone	Yarı sistemik	68	Cengiz ve ark. 2007
Domates	3 dk asetik asit ile yıkama	Fenhexamid	Kontak	53	Ghani ve ark. 2010
		Boscalid	Yarı sistemik	49	
Ispanak	Musluk suyu	Imidacloprid	Sistemik	24	Abdullah ve ark. 2016a
	%10 sodyum karbonat	Imidacloprid	Sistemik	41	
	%10 asetik asit	Imidacloprid	Sistemik	83	
Beyaz lahana	500 mg/saat ozonlama	Chlorfluazuron	Kontak	75	Chen ve ark. 2013
		Chlorothalonil	Kontak	77	
Elma	2 ppm ozonlu su	Boscalid	Yarı sistemik	42	Sadlo ve ark. 2017
Kabak	Kabuk soyma	Kresoxim-methyl	Yarı sistemik	100	Boulaid ve ark. 2012
Domates	Kabuk soyma	Chlorothalonil	Kontak	96	Kwon ve ark. 2015
Salatalık	Kabuk soyma	Diazinon	Sistemik	67	Cengiz ve ark. 2006
Elma	Meyve suyu eldesi	$\beta$ -cypermethrin	Kontak	85-95	Li ve ark. 2015
Kiraz	Meyve suyu eldesi	Chlorpyrifos	Kontak	90	Hadzhikinova ve ark. 2006
Domates	5 dk Kaynatma	Cyprodinil	Kontak	86	Lozowicka ve Jankowska 2016
Patlıcan	10 dk Kaynatma	Cypermethrin	Kontak	41	Walia ve ark. 2010
Üzüm	Fırında kurutma	Chlorpyrifos	Kontak	90	Özbey ve ark. 2017
Hünnap	Fırında ve Mikrodalgayla kurutma	Malathion ve tebuconazole	Kontak	11,4-95	Zhao ve ark. 2017a

### 2.8.1. Yıkama

Yıkama hem ev hem de ticari hazırlıkta ön adım olan en yaygın işleme yöntemidir. Çoğu meyve, sebze ve yapraklı yiyecekler tüketilmeden önce veya proses sırasındaki diğer işlem basamaklarından önce yıkama aşamasına girmelerinden dolayı, pestisitlerin kalıntı miktarları belli bir oranda azalmaktadır. Yıkamanın azaltmadaki etkinliği, pestisitlerin sudaki ve yıkama işlemi sırasında kullanılan diğer kimyasal çözücülerdeki çözünürlüğüne, ürünün yapısına ve çevresel koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Dordevic ve Durovic-Pejcev 2016a, Bajwa ve Singh-Sandhu 2014).

Biberlerin musluk suyuyla yıkanması sırasında malathion kalıntılarının %67-78 oranlarında uzaklaştırıldığı bulunmuştur (Bhagirathi ve ark. 2001). Kırmızı biberlerin su içinde 5 dakika süre ile çalkalanmasıyla chlorpyrifos ve fenitrothion kalıntı konsantrasyonlarının %30-40 daha azaldığı tespit edilmiştir (Lee 2001).

Brokolinin musluk suyu ile yıkanması sırasında cypermethrin, azoxystrobin, boscalid, chlorpyrifos, iprodione,  $\lambda$ -cyhalothrin ve pyraclostrobin kalıntıları sırasıyla %38, %41, %24, %24, %46, %6 ve %23 oranında azalma göstermiştir (Lozowicka and Jankowska 2016).

Domateslerin musluk suyu kullanılarak basitçe yıkanması işleminin chlorpyrifos başlangıç seviyesinin %97 oranında ve parathion-ethyl için saptanamayan seviyelere kadar azalmasında etkili olduğu bulunmuştur (Reiler ve ark. 2015). Domateslerde 0,86 ppm başlangıç konsantrasyonunda bulunan procymidone kalıntı seviyesi, akan suyun altında 15 saniye yıkanarak %68 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Cengiz ve ark. 2007).

Taze fasulyenin suyla yıkanmasıyla malathion kalıntısı %96 oranında azalırken, şeftalide aynı etkin maddenin azalması %38–40 oranında, kirazda ise %80 civarlarındadır. Yıkama işleminin aynı tarım ilacı kalıntısının azalmasındaki etkisinin ürün çeşitlerine göre değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir (Öğüt ve ark. 2014).

Lahananın asetik asit çözeltisi ile (%10 konsantrasyonda) 20 dakika süreyle yıkanmasıyla chlorpyrifos, p,p-DDT, cypermethrin ve chlorothalonil sırasıyla %79, %65, %74 ve %75 oranında azalmışlardır. NaCl çözeltisi ile yıkama (20 dakika boyunca %10 konsantrasyonda) aynı pestisitlerin başlangıç seviyelerinde sırasıyla %67, %65, %73 ve

%74 oranlarında azalmıştır. Musluk suyu ile aynı koşullarda yıkamanın (20 dakika boyunca) %17, %17, %19 ve %15 azalma oranlarıyla daha az etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir (Zhang ve ark. 2007).

Salatalığın akan suyun altında 15 saniye yıkanmasıyla diazinon ve carbaryl kalıntı seviyesinin yaklaşık %22 oranında azaldığı bulunmuştur (Cengiz ve ark. 2007). Salatalıkların musluk suyu ile 20 dakika yıkanması ile trichlorfon, dimethoate, dichlorvos, fenitrothion ve chlorpyrifos kalıntı seviyelerinin sırasıyla %53, %32, %52, %26 ve %62 oranlarında azaldığı bulunmuştur (Liang ve ark. 2012).

Patlıcan ile yapılan bir çalışmada, chlorantraniliprole kalıntılarının seviyesi ürün yıkandıktan sonra %86-88 oranında azalmıştır (Vijayasree ve ark. 2015).

Patateslerin musluk suyu ile yıkanmasıyla chlorpropham kalıntı seviyesi %33-47 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Lentza-Rizos ve Balokas 2001). Patateslerin yıkanmasından sonra lindane, hexachlorobenzene, p, p-DDT, dimethoate, pirimiphos-methyl ve malathion seviyeleri sırasıyla %20, %27, %18, %12, %18 ve %11'e azalma göstermiştir (Soliman 2001).

Yıkama işlemi çileklerdeki pestisit kalıntı seviyelerinin azaltılmasında da etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Bupirimate, pirimicarb, tetraconazole, deltamethrin, pyraclostrobin,  $\lambda$ -cyhalothrin, folpet, boscalid, iprodione, trifloxystrobin, fludioxonil, cyprodinil,  $\alpha$ -cypermethrin, fenhexamid, acetamiprid ve chlorpyrifosun başlangıç seviyeleri %20 ila %68 arasında azalma göstermiştir (Lozowicka and Jankowska 2016).

Meyve suyu üretimi sırasında elmaların ilk adım olarak yıkama işlemine tabi tutulmasıyla chlorpyrifos,  $\beta$ -cypermethrin, tebuconazole, acetamiprid ve carbendazim kalıntıları sırasıyla %21, %6, %12, %66 ve %47 oranlarında azaltıldığını rapor etmişlerdir (Li ve ark. 2015).

Yıkama işlemi nektarinlerde bulunan methidathion, iprodione, malathion, myclobutanil, parathion-methyl, chlorpyrifos, fenarimol ve pirimicarb kalıntılarını %8-34 oranında azaldığı bulunmuştur (Pugliese ve ark. 2004).

### 2.8.2. Ozon ile yıkama

Meyve ve sebzelerde pestisit kalıntılarının uzaklaştırılmasında ozon uygulaması, gaz olarak veya su içerisinde çözündürülerek kullanıldığı bilinmektedir. Ozon uygulaması meyve ve sebzelerden kalıntıları azaltmak için yeni bir yöntem olarak bilinmektedir ve farklı ürünlerde bulunan pestisitlerin kalıntısının giderilmesinde çok etkili olduğunu bildirmişlerdir (Velioğlu ve ark. 2016, Pazır ve Turan 2017, Yolci-Ömeroğlu ve ark. 2018a).

Taze çay yapraklarına O<sub>3</sub>/UV/TiO<sub>2</sub> (ozon/ultraviyole/titanyum oksit) uygulaması ile cypermethrinde %80, malathionda ise %78 azalma olduğunu bildirmişlerdir (Lin ve ark. 2012).

Ozonlu su ile yıkama işlemi sonucunda domateslerdeki imidacloprid, fenazaquin ve  $\lambda$ -cyhalothrinin kalıntılarının sırasıyla; %40, %57, %20 oranında azalırken, doğrudan suda yıkama işlemi sonucunda ise; %32, %57, %8 oranında azalmıştır (Baltacı 2015).

Beyaz lahana ve çin lahanasına 250 mg/saat ozon uygulaması ile chlorfluazuron %60 ve chlorothalonil %55 oranında azalma tespit edilirken, 500 mg/saat ozon uygulandığında ise chlorfluazuron için %75, chlorothalonil için %77 azalma olduğu tespit edilmiştir (Chen ve ark. 2013).

Zeytinlerin beş dakika ozonlu su ile yıkama uygulamasında chlorpyrifos,  $\beta$ -cyfluthrin,  $\alpha$ -cypermethrin ve imidacloprid kalıntıları %38-61 oranlarında azalmıştır (Kırış 2014).

Elmalara iki farklı seviyede (1 ve 10 ppm) ozon uygulanarak mancozeb kalıntılarının %56-97 oranında azaldığını rapor etmişlerdir (Hwang ve ark. 2001).

Chlorothalonil kalıntısı içeren bir portakal 5 dakika boyunca ozonlandığında kalıntı miktarında %100'lük bir azalma gözlenmiştir. Aynı şekilde tetradifon içeren limonda 5 dakika ozonlama ile kalıntı miktarında %99 chlorpyrifos-ethyl içeren greyfurtta ise kalıntı miktarında %94 azalma tespit etmişlerdir. Ozonlu suda yapılan yıkama işleminde azalma oranı %50-98 arasında iken musluk suyunda %4-39 arasında azalma gözlenmiştir (Kusvuran ve ark. 2012). Limonla yapılan diğer bir çalışmada ise 3, 6 ve 9 dakika ozonlu

su (2, 4, 8 mg/L) uygulamalarında chlorothalonil için kabuklu örneklerde %28-92, kabuksuz örneklerde %70-89 oranları arasında; chlorpyrifos-ethyl için kabuklu örneklerde %18-82, kabuksuz örneklerde %7-89 oranları arasında; tetradifon için kabuklu örneklerde %16-95, kabuksuz örneklerde %14-100 oranları arasında azalmalar gözlenmiştir (Aslansoy 2012).

### **2.8.3. Soyma**

Soyma, birçok meyve ve sebzenin işlenmesinde önemli ve ilk adımlardan biridir. Kimyasal, mekanik, buhar veya dondurucu soyma işlemlerinin, pestisitlerin kimyasal niteliğine ve çevresel koşullarına bağlı olarak, kalıntı miktarlarında önemli ölçüde veya neredeyse tamamen uzaklaştırma sağlayabildiği bildirilmektedir (Kaushik ve ark. 2009).

HCB, lindane ve p,p-DDT kalıntılarının başlangıç seviyelerinin domateslerin soyulmasıyla %80 ila %82 arasında azaldığı gözlenmiştir (Abou-Arab 1999). Diğer bir çalışmada ise soyma işleminin domateste kalıntısı bulunan pyridaben için %70, pyrifenox ve tralomethrin için %100 azalma etkisi yarattığını rapor etmişlerdir (Boulaïd ve ark. 2005). Domateslerde başlangıçta 0,86 ppm olan procymidone seviyesi soyma işlemi ile 0,20 ppm'e azalarak kalıntı seviyesi %77 oranında azaldığı ortaya konulmuştur (Cengiz ve ark. 2007). Hasat edildikten üç gün sonra soyulan domateslerde dimethoate, malathion ve parathion-methyl kalıntı seviyeleri ortalama %28 azalmıştır. Chlorpyrifos ve parathion-ethyl tamamen soyulma yoluyla uzaklaştırıldığı bildirilmiştir (Reiler ve ark. 2015). Soyulmuş domateslerde chlorothalonil için %96, oxadixyl için %60 ve thiophanate-methyl için %93'ün üzerinde azalma olduğu rapor edilmiştir (Kwon ve ark. 2015).

Kabaklarda kabuk soyma işlemi ile acrinathrin kalıntılarının %90 oranında ve kresoxim-methyl kalıntılarının ise %100 oranında azaldığı gözlenmiştir (Boulaïd ve ark. 2012).

Chlorpyrifos kalıntı seviyesinin kuşkonmazın soyulması ile %60-73 oranında azaldığı tespit edilirken, biberlerde ise saptanamayan seviyelere getirildiği tespit edilmiştir (Chavarri ve ark. 2004, 2005).

Salatalıkta diazinon başlangıç kalıntı seviyesinin soyma işlemi ile %67 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Cengiz ve ark. 2006).



#### **2.8.4. Meyve suyu eldesi**

Pestisitlerin meyvelerden meyve suyuna geçişi kabuk ve posada kalan miktarına ve pestisitlerin fiziko-kimyasal özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Kalıntı miktarındaki azalma, santrifüjleme veya filtreleme gibi berraklaştırma işlemleri ile de oluşmaktadır (Kaushik ve ark. 2009).

Domateslerin suyu elde edildikten sonra HCB, lindane, p,p-DDT, dimethoate, profenofos ve pirimiphos-methyl kalıntı miktarlarında %72 ila %77 arasında azalma gözlenmiştir (Abou-Arab 1999).

Hünnaptan meyve suyu eldesi sırasında triadimefon kalıntısı %14 ve %43 oranlarında azaldığı bulunmuştur (Zhao ve ark. 2017b).

Konsantre elma suyunun üretimi sırasında, fenitrothion kalıntısının %90'ından fazlası, yıkanmamış elmalardan presleme ve filtrasyon ile uzaklaştırıldığı ortaya konulmuştur. Elma suyu üretimi sırasında azinphos-methyl, chlorpyrifos, fenvalerate ve methomylin %97, %100, %97 ve %78 oranında, elma sosunun üretiminde ise bu dört pestisit tamamı %95'den fazla oranda azaltıldığı tespit edilmiştir (Zabik ve ark. 2000).

Yapılan diğer bir çalışmada ise ticari elma suyu üretiminde yer alan yıkama, meyve suyu eldesi, sterilizasyon ve enzimatik muamelenin,  $\beta$ -cypermethrin, chlorpyrifos, tebuconazole, acetamiprid ve carbendazim kalıntılarında %85-95 oranında azalmaya neden olduğunu ortaya koymuşlardır (Li ve ark. 2015).

#### **2.8.5. İnfüzyon**

Tüm dünyadaki en popüler iki içecek olan çay ve kahve hazırlanırken pestisit kalıntıları azaltılabilmektedir. Çay bahçelerinde kullanılan bir organofosfat olan quinalphosun %64'ü işleme esnasında kaybolmakta ve geri kalan %36'lık kısmının sadece %16'sı infüzyona aktarıldığı bilinmektedir. Quinalphosun infüzyona aktarılması, sudaki çözünürlüğünden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Jaggi ve ark. 2000). Üretilen çaydaki propargite kalıntılarının infüzyona aktarımının %23-40 arasında olduğu görülürken, %35-53 oranında pestisit kalıntısının ise başlangıçta kullanılan yapraklarda kaldığı görülmüştür (Kumar ve ark. 2005).

### 2.8.6. Maltlama

Maltlama tahıllara uygulanan bir yöntemdir. Çimlenme ve fırın kurutma işlemlerini içermektedir (Kaushik ve ark. 2009). Olgunlaşmış ve filtrelenmiş birada myclobutanil, propiconazole ve nuarimol kalıntı seviyelerinin bu işlemler sırasında azaldığı rapor edilmiştir (Navarro ve ark. 2007).

### 2.8.7. Öğütme

Öğütme, buğdayı un veya irmik haline getirilmesi için yapılan işleme denilmektedir. Öğütme; endosperm ve kepeğin birbirinden ayırmak ve endospermi un haline getirmek için uygulanan yöntemdir (Kaushik ve ark. 2009). Buğdayı öğütüp un elde ettikten sonra malathion kalıntılarının %95 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Uygun ve ark. 2005). Makarnada, buğdaydan irmiğe geçişi sırasında malathion %16-28, fenitrothion %17-22, clorpyrifos-methyl %7-8 ve pirimiphos methyl %23-28 oranlarında azalma gözlenmiştir (Uygun ve ark. 2008).

### 2.8.8. Fermentasyon

En basit biyoteknolojik işlemlerden biri olan fermentasyon sırasında, enzimlerin proteinlerin çoğunu aminoasitlere ve düşük molekül ağırlıklı peptitlere hidrolize ettiği bilinmektedir. Pastacılık, süt, şarap ve bira gibi çeşitli gıdaların üretiminde uygulanmaktadır ve fermentasyon sırasında pestisit kalıntılarının azaldığı gıda ürünlerinin çoğunda gözlenmiştir (Kaushik ve ark. 2009).

Lahananın fermentasyonu sırasında bifenthrin ve metalaxyl kalıntılarının %57-72 ve %81-85 oranlarında azaldığı sonucuna varılmıştır (Jung ve ark. 2009).

Buğdayın *Lactobacillus plantarum* ile fermentasyonu sırasında pirimiphos-methyl kalıntısı %15-34, bifenthrin ise %16-42 oranlarında azaldığı belirtilmiştir (Dordevic ve Durovic-Pejcev 2016b).

Kırmızı şarapta *Oenococcus oeni* bakterisi kullanılarak yapılan malolaktik fermentasyon sırasında, chlorpyrifos, dicofol, chlorothalonil ve procymidone konsantrasyonları sırasıyla %70, %40, %35 ve %25 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir (Ruediger ve ark. 2005).

*Saccharomyces cerevisiae* mayası kullanılan buğday fermentasyonu sonucunda chlorpyrifos-methyl konsantrasyonu %14-19 oranında azaldığı gözlenmiştir (Dordevic ve Durovic-Pejcev 2015).

### 2.8.9. Isıl işlemler

Gıda muhafazasında kullanılan ısıl işlem teknikleri pestisitlerin kalıntılarında azalmaya neden olmaktadır (Kaushik ve ark.2009).

Çeşitli sebzelerin su ile kaynatılması sırasında chlorpyrifos kalıntı miktarının %12 ila %48 arasında azaldığı tespit edilmiştir, azalma etkisi %38 oranla ıspanakta ve %29 oranla karnabaharda en fazla görülmüştür. Ayrıca yapılan aynı çalışmada chlorpyrifosun metaboliti olan 3-5-6 trichloro 2 pyridinol'ün pişirme sırasında ıspanakta 0,09 mg/kg'dan 0,21 mg/kg'a, patlıcanda 0,05 mg/kg'dan 0,017 mg/kg'a, domateste 0,04 mg/kg'dan 0,025 mg/kg'a, bamyada 0,06 mg/kg'dan 0,028 mg/kg'a arttığı sonucuna varılmıştır. Bu durumda chlorpyrifosun ısıl işlem sırasında metaboliti olan 3-5-6 trichloro 2 pyridinol'e parçalandığı belirtilmiştir (Randhawa ve ark. 2007).

Lahananın otuz dakika kaynatılmasıyla diazinon ve dichlorvos kalıntı miktarları %80-90 oranında azaldığı bulunmuştur (Kang ve Lee 2005).

Brokolinin beş dakika kaynatılmasıyla,  $\alpha$ -cypermethrin, azoxystrobin, boscalid, chlorpyrifos, iprodione,  $\lambda$ -cyhalothrin ve pyraclostrobin miktarları sırasıyla %34, %81, %69, %43, %87, %34 ve %52 oranında azalma tespit etmişlerdir. Domateste ise azoxystrobin, boscalid, cyprodinil, fludioxonil ve pyraclostrobin kalıntıları %82, %97, %86, %69 ve %75 oranında azalma görülmüştür. Aynı şekilde çilek ve frenk üzümü meyvelerinin beş dakika kaynatılmasıyla acetamiprid, boscalid, bupirimate, chlorpyrifos, cyprodinil, fenhexamid, fludioxonil, folpet, iprodione, pirimicarb, pyraclostrobin, tetraconazole ve trifloxystrobin'nin %34-93 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Lozowicka ve Jankowska 2016).

Biberin pişirilmesiyle başlangıçtaki chlorpyrifos miktarı %39 oranında azaltılmış ve 3 ay depolamadan sonra kalan kalıntılar da kaybolmuştur, kuşkonmazların 98 °C'de dört dakika haşlanmasıyla chlorpyrifos %83 oranında azaldığı gözlenmiştir. Pişirme derecesi 115 °C'ye artırılıp yirmi dakika bu koşulda tutulduğunda chlorpyrifos kalıntısı yine

azalmış ve azalma oranının %92'ye arttığı görülmüştür (Chavarri ve ark. 2005). Pişirme süresi ve sıcaklığının kalıntı miktarları üzerinde etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Bir diğer çalışmada 100 °C'de pişirilmiş domateslerdeki maneb kalıntısı incelenmiş ve ısıtma işlemi sonucunda kalıntı miktarında %74 azalma sağlandığı ortaya konulmuştur (Kontou ve ark. 2004).

Sebzelerin kızartılması ve pişirilmesi tekniklerinin, pestisit kalıntı miktarlarında azaltıcı yönde bir etkisinin olduğu bilinmektedir. Lahananın 100 °C'de beş dakika süresince bir tavada kızartılmasıyla chlorpyrifos, p,p-DDT, cypermethrin ve chlorothalonil kalıntılarının sırasıyla %87, %68, %85 ve %85 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir (Zhang ve ark. 2007).

Patlıcana uygulanan farklı pişirme tekniklerinin cypermethrin kalıntısı üzerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda ızgarada pişirmenin %50, yağda pişirmenin %45, suda pişirmenin %41 ve mikrodalgada pişirmenin ise %40 oranında azalma sağladığı sonucuna varılmıştır (Walia ve ark. 2010).

Kurutma basit, geleneksel bir gıda muhafaza işlemidir. Gıdalar güneşte, fırında veya bir gıda kurutucusunda kurutulabilmektedir. Kurumanın pestisit kalıntılarını önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir (Kaushik ve ark. 2009). Güneşte veya sıcak havayla kurutmanın, kırmızı biberden chlorpyrifos ve fenitrothion kalıntılarının %20-30 oranında azalttığı gözlenmiştir (Lee 2001).

Dört kurutma işlemi (dondurularak, fırında, güneşte ve mikrodalgayla) uygulanarak hünap meyvelerinde bulunan dichlorvos, malathion, chlorpyrifos, triadimefon, hexaconazole, myclobutanil, kresoxim-methyl, tebuconazole, epoxiconazole, bifenthrin ve cyhalothrin kalıntılarının %11 ila %95 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir (Zhao ve ark. 2017a).

Fırında 50 °C'de 72 saat, 60 °C'de 60 saat, 70 °C'de 48 saat, 80 °C'de 36 saat kurutulmuş üzüm örneklerinde dimethoate, diazinon, chlorpyrifos ve methidathion kalıntılarının %90 azaldığı bir diğer çalışmada bildirilmiştir. Sıcaklık arttıkça, kurutma işlemi sırasında pestisitlerin hızlı bir şekilde degrade olduğu görülmüştür (Özbey ve ark. 2017). Güneşte

kurutulmuş üzümelerde, methamidophos %64-71 oranında azalmıştır. Pestisit kalıntılarında olan azalmaların, kuruma sırasında kalıntıların buharlaşmasına bağlandığı rapor edilmiştir (Athanasopoulos ve ark. 2005).

Meyve ve sebzelerin konserveye işlenmesi sırasında yıkama, soyma, sıkma, pişirme ve konsantre etme aşamaları gerçekleştirilmektedir. Ayrıca 121 °C'de belirli zaman aralığında sterilizasyon da uygulanmaktadır. Konservleme işlemi sonunda bazı pestisitlerin başlangıç miktarlarının %90 ila %100 arasındaki oranlarda azaldığı sonucuna varılmıştır (Chavarri ve ark. 2005, Kaushik ve ark. 2009). Konserve domates ezmesi üretmek için yapılan sterilizasyon sırasında domates ezmesindeki chlorpyrifos miktarı %23 oranında azalırken, onun metaboliti olan 3-5-6 trichloro 2 pyridinol miktarında %8 oranında artış gözlenmiştir (Han ve ark. 2013). Biberlerin konserveye işlenmesi sırasında üründe bulunan chlorpyrifosların başlangıç miktarının %61'inin son ürüne aktarıldığı; ancak bu kalıntı miktarının konservelerin depolanmasından 3 ay sonra tamamen yok olduğunu bildirmişlerdir. Diğer bir taraftan şeftali konservelerinin iki yıl depolanmasına rağmen acephate kalıntısının başlangıç konsantrasyonunun %11'inin hala üründe bulunduğu tespit edilmiştir (Chavarri ve ark. 2005).

#### **2.8.10. Dondurma**

Dondurma, en yaygın kullanılan gıda koruma işlemlerinden biri olup gıdalardaki tat, doku ve besin değerini başka yöntemlerden daha iyi korumaktadır (Dordevic ve Durovic-Pejcev 2016a).

Kabaklar dondurulup 15 gün depolandıktan sonra imidacloprid ve diethofencarb kalıntılarının %31 ve %9 oranında azaldığı belirtilmiştir (Oliva ve ark.2017).

Yıkanmadan ve yıkandıktan sonra dondurulan kirazlardaki diazinon, parathion-methyl, captan, methidathion, cypermethrin ve deltamethrin kalıntılarının zamanla değiştiği görülmüştür. Yıkanmış ve dondurularak saklanan kiraz örneklerindeki pestisit kalıntı miktarlarında azalma tespit edilmiştir. Yıkanmayarak dondurulan kiraz örneklerindeki pestisit kalıntı miktarlarının da dondurma süresi uzadıkça periyodik olarak azaldığı rapor edilmiştir (Öğüt ve ark. 2014).

### **2.8.11. Depolama**

Depolama sırasında pestisit kalıntı miktarlarındaki değişim, pestisitlerin buharlaşmasına, metabolizmasına, uygulanan formülasyon türüne, depolama sıcaklığı ve nemine bağlı olmaktadır (Dordevic ve Durovic-Pejcev 2016a).

Arpanın 26,7 °C’de altı ay depolanması sonrasında malathion ve izomalathion kalıntılarının %65-72 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Uygun ve ark. 2007). 240 gün süreyle depolanan buğdayda, pirimiphos-methyl kalıntısının %60 oranında azaldığı saptanmıştır (Sgarbiero ve ark. 2002). Bir diğer çalışmada da buğdayın 180 gün depolanmasından sonra deltamethrin kalıntısının 0,5 ppm oranından 0,03-0,2 ppm’e azaldığı sonucuna varılmıştır (Balnova ve ark. 2007).

Salatalık numunelerinin altı gün boyunca 4 °C’de depolamasıyla dichlorvos kalıntı seviyesi %70 oranında, üç gün boyunca 4 °C’de depolama ile %48 oranında azaldığı gözlenmiştir (Cengiz ve ark. 2006).

12 ay depolanma sonucunda malathion kalıntısı mısır tanelerinde %64, fasülyede ise %47 oranında azalması saptanmıştır (Lalah ve Wandiga 2002). Soya fasulyesinin chlorpyrifos sulu çözeltisi ile muamele edilip kapalı plastik bir kutu içerisine yerleştirilmesi ve 120 gün depolanmasından sonra chlorpyrifos kalıntısı %62 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Zhao ve ark. 2014).

### **2.8.12. Isıl olmayan yeni teknolojilerle pestisit kalıntılarının azalması**

Yüksek basınç uygulamaları, vurgulu elektriksel alan, ultrases, soğuk plazma, atmosferik ortamda soğuk plazma uygulamaları gibi ısıl olmayan yenilikçi teknolojilerin de pestisit kalıntılarını azalttığı belirtilmiştir (Misra ve ark. 2014, Misra 2015, Misra ve ark. 2016).

Stapleton ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, 2-chloropyridine’in, ultraviyole lamba (254 nm, 110 W) ve ultrasonikasyon (20 kHz’lik sabit frekansta ve 250 W’a kadar değişen güçte) kullanılarak sudaki degradasyon araştırılmıştır. Sonuç olarak 2-chloropyridine 300 dakika ultrasonikasyon yapılmasıyla %90 oranında parçalandığı bildirilmiştir.

Chowdhury ve ark. (2014)'de patlıcanda gama ışınları uygulamasıyla, pestisit kalıntılarındaki azalmayı incelemiştir. 0,5 kGy radyasyon dozunun uygulanmasıyla diazinon, chlorpyrifos ve phosphamidon kalıntılarının sırasıyla %35-43, %40-48, ve %30-45 oranlarında azaldığı gözlenmiştir. Radyasyon uygulama dozu 1 kGy'a çıkarılınca aynı pestisitlerin parçalanma oranlarının sırasıyla %80-91, %85-90 ve %90-95 düzeylerine yükseldiği rapor edilmiştir (Chowdhury ve ark. 2014).

Brüksel lahanasına 5°C ve 25°C sıcaklıklarda 30 dakika süre ile 0,1-400 MPa basınçlarında uygulanan yüksek hidrostatik basınç uygulamasının chlorpyrifosu %80 oranında uzaklaştırdığı gözlenmiştir (Iizuka ve Shimizu 2014).

Cengiz ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, düşük yoğunluklu elektrik akımı ve ultrasonik işlemi birlikte kullanarak domatesteki pestisit kalıntılarının azaltılmasını araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda ultrases işleminin ve elektroliz ünitesinin optimum çalışma frekans ve amperleri 1400 mA + 40 kHz, 800 mA + 24 kHz, 1400 mA +24 kHz olarak bildirmişlerdir. Bu kombinasyonlar kullanılarak, captan, thiamethoxam ve metalaxyl kalıntıları %94, %70 ve %95 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Yaban mersinlerinde 80 kV'de 5 dakika soğuk plazma uygulanması sonucu imidacloprid kalıntılarında %75,62, boscalid kalıntılarında ise %80,18 oranlarında azalma olduğu gözlenmiştir (Sarangapani ve ark. 2017).

## **2.9. İşleme Faktörü**

Yasal mevzuatlarda maksimum kalıntı limitleri çoğunlukla işlenmemiş tarımsal ürünler için belirlenmiştir (EC 2005). Gıdalar, raf ömürlerinin uzatılması ve evde kullanmaya/yemeye hazır hale dönüştürülmesi için geçirdiği teknolojik işlemler sonrasında "işlenmiş gıda" olarak adlandırılırlar. Bunlar, kabuk soyma, boyut küçültme, haşlama, konserve, yıkama, pişirme, kurutma, dondurma, kaynatma vb. temel gıda işlemlerini içerir. Bu tip işlemler, yukarıda açıklandığı gibi gıdalardaki pestisit kalıntı seviyelerini önemli derecede etkileyebilirler (Scholz ve ark. 2017).

Gıdanın işlenmiş halindeki pestisit kalıntı seviyesi, işlenmemiş ilk halinde bulunan seviyesine göre pestisit fiziko-kimyasal özelliklerine bağlı olarak artma veya azalma eğilimi gösterebilir. İşlenmiş gıdaların maksimum kalıntı seviyelerine (MRLs) uygun

olması için işleme faktörlerinin dikkate alınması gerekir. İşleme faktörleri (PF), işlenmiş gıdadaki pestisit kalıntı seviyesinin işlenmemiş ilk halindeki pestisit kalıntı seviyesine oranı olarak tanımlanmaktadır. İşleme faktörü, işlenmiş ürünlerdeki kalıntıların ve işlenmemiş ürünler için yasal standartlara uygunluğuna karar vermek için dikkate alınmaktadırlar (Anonim 2008, Scholz ve ark. 2017). İşlenmiş ürünlerde işleme faktörü (Pf)'nün 3 veya daha fazla deneme yapılarak elde edildiğini belirtmişlerdir (Anonim 2008). Türk Gıda Kodeks'inde 357 adet işleme faktörü bulunmaktadır. İşleme faktörünün 1'den büyük olması gıda işleme süreci sırasında kalıntı miktarının arttığını, 1'den küçük olması azaldığının göstergesidir. Bu durumda pestisit işlenmemiş durumuna ait mevzuattaki MRL değeri işleme faktörüne bölünerek işlem görmüş ürün için yeni bir MRL değeri oluşturulur ve numunelerdeki kalıntı miktarı bu yeni değer ile değerlendirilir (Anonim 2019e)



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Numunelerin Temini

Araştırma kapsamında, Antalya'daki bir üreticinin 2018 yılında hasat ettiği ve Bursa Meyve ve Sebze halinde satışa sunduğu limon (*Citrus limon*) ve portakal (*Citrus sinensis valencia*) numuneleri kullanılmıştır (Şekil 3.1). Numuneler plastik kasalar içinde, çalışmanın gerçekleşmesine kadar 5-7 °C ve %90-95 bağıl nem şartlarındaki soğuk hava deposunda 2 ay saklanmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmalarda kullanılan portakal ve limon numuneleri

Bu süre sonunda portakal ve limona ait 3'er adet laboratuvar numunesi "ilaç uygulanmamış kontrol numunesi (K)" olarak ayrılmış ve aşağıda belirtilen pestisit kalıntı analiz (Bölüm 3.6) yöntemiyle analiz edilmiştir. "İlaç uygulanmamış kontrol (K)" limon numunelerinde ortalama 0,33 mg/kg derişiminde thiophanate-methyl ve portakal numunelerinde ortalama 0,01 mg/kg derişiminde imazalil kalıntısının bulunduğu tespit edilmiştir. Portakalların ortalama nem değeri %94,05±0,1 g olarak ve limonun ortalama nem değeri ise %82,35±0,3 g olarak ölçülmüştür (MA150 Sartorius, Göttingen, Almanya) (Şekil 3.2). Bu kontrol laboratuvar numunelerinde bulunan her bir portakal biriminin ortalama ağırlığını 223 g ile 246 g arasında ve limon birimlerinin ortalama ağırlığının 156 g ile 185 g arasında değıştiğı tespit edilmiştir. Yasal mevzuata göre birim ağırlığı 25-250 g arasında olan elma, portakal gibi orta ebatlı ürünlerin laboratuvar numunesi 1 kg'dan ve 10 birimden az olmamalıdır (Anonim 2011). Dolayısıyla, çalışma kapsamında çalışılan her tekerrüre ait laboratuvar numunesi bu kriteri sağlamıştır ve toplam numune miktarı da buna olanak sağlayacak kadar temin edilmiştir. Bu bağlamda gerçekleştirilecek tüm işlemlere ait laboratuvar numunelerinin bu kriteri sağlaması için toplam 115 kg

portakal ve 40 kg limon numunesi temin edilmiştir. Kontrol numunesi dışındaki portakal ve limon numunelerine aşağıda belirtilen ilaçlanma aşaması (Bölüm 3.2) uygulanmıştır.



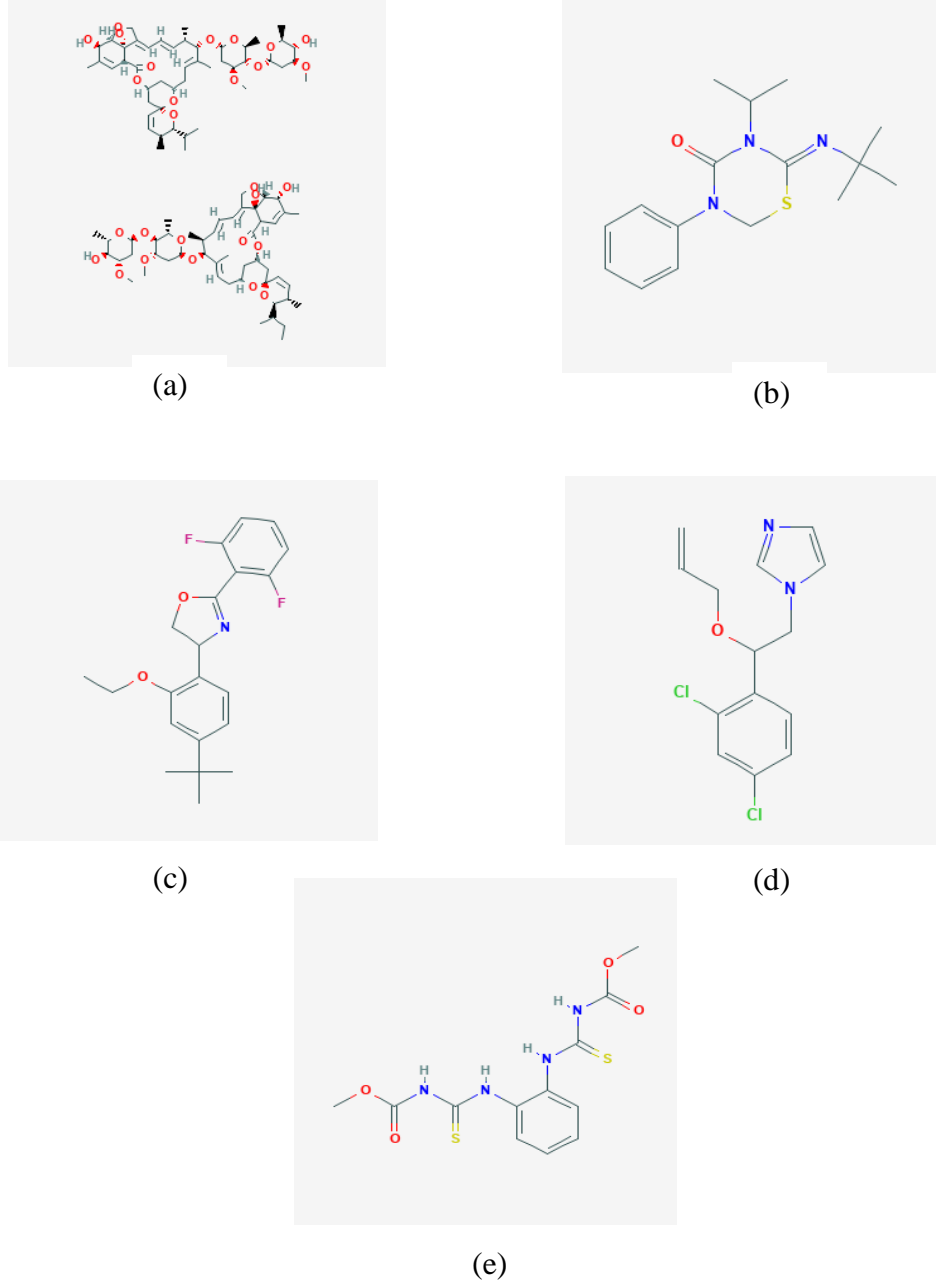
**Şekil 3.2.** Nem ölçüm cihazı (MA150 Sartorius, Göttingen)

### **3.2. Numunelerin Ticari Pestisit Formülasyonları ile Laboratuvar Ortamında İlaçlanması**

Literatürde yapılan çalışmalarda, bir tarladan elde edilen birincil numuneler arasındaki pestisit kalıntı dağılımının %41 ile 112 arasında değiştiği saptanmıştır (Ambrus 2000). Bunun yanı sıra, bitki koruma ürünlerinin uygulanma tekniğine, ilaçlama sırasında ürünün ağaçtaki veya topraktaki pozisyonuna vb. bağlı olarak, birincil ürün üstünde de pestisit kalıntılarının homojen bir şekilde dağılmadığı ortaya konulmuştur. Bu heterojen dağılımın, numune hazırlama ve öğütme sırasında ölçüm belirsizliğine katkıda bulunduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Yolci-Ömeroglu ve ark. 2013). Dolayısıyla, bu çalışma kapsamında kullanılan portakal numuneleri seçilen pestisit formülasyonları ile laboratuvar ortamında daldırma yöntemiyle ilaçlanmışlardır (Hassan ve ark. 2018). Bu şekilde bir laboratuvar numunesini oluşturan birincil portakal ve limon numuneleri arasında ve üstünde kalıntı miktarının homojen bir dağılımı sağlanmıştır ve saptanabilen düzeyde kalıntı miktarı elde edilmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçları arasında heterojenlikten kaynaklanan farklılık bertaraf edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılmak üzere narenciye bahçe veya depolardaki ilaç uygulamalarında yaygın olarak kullanılan ve farklı fizikokimyasal özelliklere sahip abamectin, buprofezin, etoxazole, imazalil ve thiophanate-methyl isimli 5 farklı pestisit etken maddesinin ticari

formülasyonları Muğla’da bulunan bir ilaç bayisinden temin edilmiştir. Kullanılan ilaçlar ve aktif maddesini oluşturan pestisitlere dair özellikler Çizelge 3.1’de ve Şekil 3.3’de özetlenmiştir.



**Şekil 3.3.** Portakal ve limona uygulanan pestisitlerin organik formları a) abamectin, b) buprofezin, c) etoxazole, d) imazalil ve e) thiophanate-methyl (Anonim 2019f)

Laboratuvarında, portakallar ve limonlar tek tip boyuta göre seçilmiştir. Tüm numunelerinin aynı anda ilaçlanmasına yetecek ve tüm yüzeyinin ilaçlı suyla kaplanmasını sağlayacak sayıda plastik kaplar (20 L) içinde solüsyonlar hazırlanmıştır. Pestsit formülasyonları herbir kapta kullanılmak üzere 10 L suya eklenerek, ilaçlama solüsyonları hazırlanmıştır. Çizelge 3.1’de sunulan (5 mL/10 L abamectin, 5 mL/10 L buprofezin, 5 mL/10 L etoxazole, 10 mL/10 L imazalil ve 6 g/10 L thiophanate-methyl) pestsitlerin, hazırlanan sulu çözeltiye numuneler daldırılmıştır. Kapların içine yaklaşık 10’ar kg portakal ve limon numuneleri yerleştirilmiştir. Numunelerin tüm yüzeylerinin ilaçla muamele edilmesine olanak verecek şekilde karıştırma sağlanarak 30 dk ilaçlı suda bekletilmiştir (Şekil 3.4 a). Bu süre sonunda numunelerin yüzeylerinin kuruması için yere serilmiş polipropilen örtüler üstünde açık havada 3-4 saat bekletilmişlerdir (Şekil 3.4 b). Kuruyan numunelerden 3 adet laboratuvar numunesi “İlaç uygulanmış kontrol numunesi (İK)” olarak ayrılmıştır. Geri kalan numunelerden OECD Rehberi’ne göre işleme çalışmalarında kullanılan ham tarımsal ürünler, konsantrasyon/seyreltme faktörlerinin belirlenen yeterli seviyelerde işlenmiş ve ölçülebilir kalıntılar içermeye yönelik yapılmıştır. Bu, işleme çalışmaları için yeterli kalıntı seviyeleri elde etmek için uygulanmıştır (Anonim 2008). Aşağıda belirtilen her bir işleme süreçlerinden (Bölüm 3.3-3.5) 3 tekerrür gerçekleştirmek için 3 adet laboratuvar numunesi oluşturulmuştur. Numuneler, işlemler yapıncaya kadar bir gün +4 °C’de polipropilen torbalarda saklanmışlardır.

**Çizelge 3.1.** Çalışma kapsamında analiz edilen aktif maddelerinin (pestisitlerin) fiziko-kimyasal özellikleri.

Aktif madde adı	Ticari adı	Üretici Firma	İçerik (g/L) ve Formülasyonu	Önerilen Doz; Çalışmada Kullanılan doz	Etkili Organizma	Etki Şekli	MRL <sup>4</sup>	Sudaki çözünürlüğü (mg/L)	Log Pow <sup>5</sup>	Molekül ağırlığı (g/mol)	Buhar Basıncı (mPa)	Kaynama Noktası (°C)	Erime Noktası (°C)
Abamectin	Asmition	Feras Kimya	18-EC <sup>1</sup>	25 ml/100 L su; 5 ml/10 L su	İnsektisit	Yarı-sistemik	0,015	1,21 (25 °C)	4,4	873,09	1,5x10 <sup>-9</sup>	940	150-155
Buprofezin	Korfezin	Koruma Klor Alkali	400-SC <sup>2</sup>	35 veya 65 ml/100 L su; 5 ml/10 L su	İnsektisit	Kontak	1	0,9 (5 °C)	4,93	305,44	0,042	395	106,1
Etoxazole	Novamite	Astranova Tarım	110-SC <sup>2</sup>	25 ml/100 L su; 5 ml/10 L su	Akarisit	Kontak	0,1	7,54x10 <sup>-2</sup> (20 °C)	5,59	359,41	0,007	449,1	101-102
Imazalil	Sorides	Astranova Tarım	500-EC <sup>1</sup>	400 ml/100 L su; 10 ml/10 L su	Fungisit	Sistemik	5	180 (20 °C)	3,82	297,17	0,158	347	52,7
Thiophanate-Methyl	Emtop	Edmar Tarım	60-WP <sup>3</sup>	60 g/100 L su; 6 g/10 L su	Fungisit	Sistemik	6	26,6 (20 °C)	1,40	342,38	9x10 <sup>-3</sup>	342	172

<sup>1</sup> Emülsiyon konsantre

<sup>2</sup>Süspansiyon konsantre

<sup>3</sup>Islak toz

<sup>4</sup>MRL: Maksimum Kalıntı Miktarı (mg/kg), turunçgiller için mevzuatta belirtilen limit değer (Anonim 2016)

<sup>4</sup>n-oktanol/su dağılım katsayısı; <sup>4</sup>Pestisitlerin oktanol/su bölme katsayısı (LogP<sub>ow</sub>), bir bileşiğin oktanol içindeki çözünürlüğünün (polar olmayan bir çözücü) sudaki çözünürlüğüne (polar bir çözücü) oranını temsil eder (Kwon ve ark. 2015).

<sup>5</sup> Sadece portakala ait MRL değeridir (Anonim 2016).



(a)

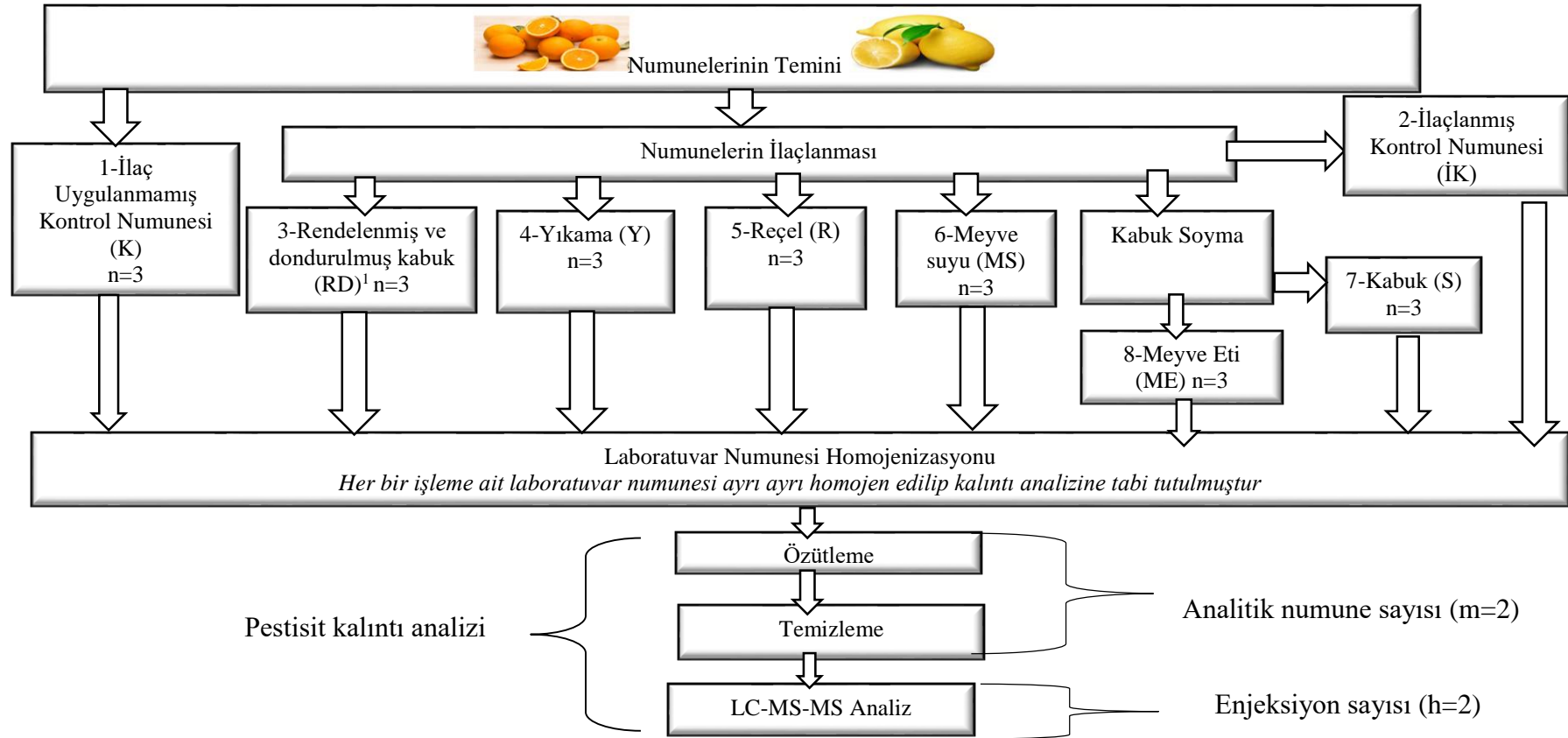


(b)

**Şekil 3.4.** Numunelerin daldırarak ilaçlanması (a) ve güneşte kurutulması (b)

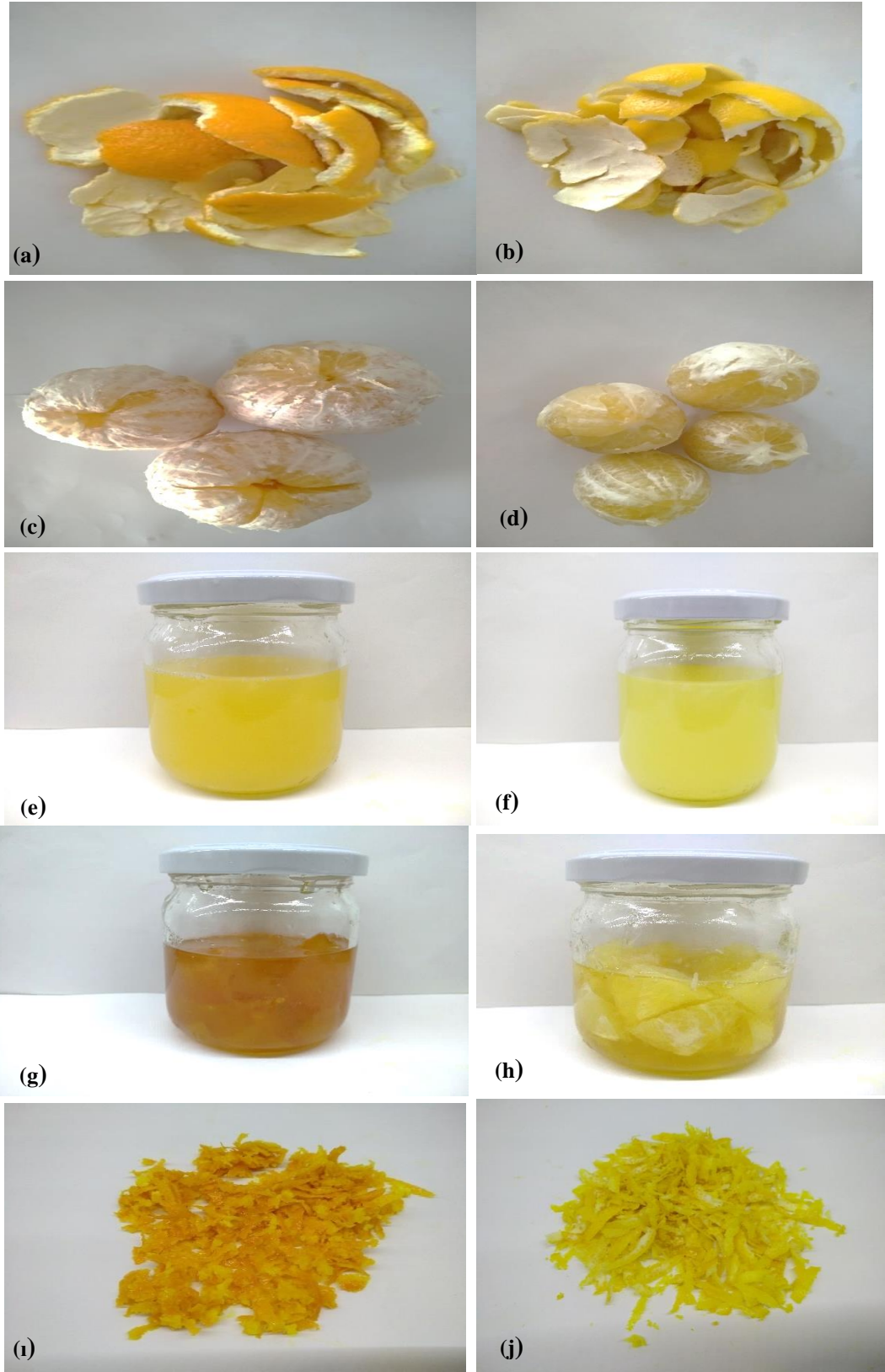
### 3.3. Evsel İşlemler

Evsel işlemlerin turunçgillerde bulunan pestisit kalıntıları üzerine olan etkisini değerlendirmek için portakal ve limon numuneleri kullanılmıştır. Her iki turunçgil çeşidine tüm işlemler uygulanmıştır. Şekil 3.5’de çalışma kapsamında gerçekleştirilen deney deseni ve Şekil 3.6’da bu işlemler sonucu elde edilen numuneler sunulmuştur. Her bir işlem üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. İşlenmiş ürünlerden reçel ve meyve suyu cam kavanozlarda, diğerleri polipropilen numune poşetlerinde numune homojenizasyonu işlemine tabi tutulana kadar bir gün süreyle +4 °C’de saklanmıştır. Ancak rendelenmiş ve dondurulmuş numuneler -20 °C’de analizler gerçekleşene kadar saklanmışlardır.



**Şekil 3.5.** Deney deseni 1 (“n”, işlem tekrarını ve laboratuvar numune sayısını ifade etmektedir”; “m, her bir laboratuvar numunesinden alınan analitik numune sayısını ifade etmektedir; “h” her bir analitik numune için yapılan enjeksiyon sayısını ifade etmektedir ) (<sup>1</sup>Depolama süresi boyunca değişimi gözlemek için aynı laboratuvar numunesinden depolamanın 1., 2. ve 3. ayında numuneler alınarak ayrı ayrı analiz edilmiştir)





**Şekil 3.6.** Evsel işlemler sonucu elde edilen numuneler (portakal için-(a) kabuk soyma (K), (c) meyve eti (ME), (e) meyve suyu (MS), (g) reçel (R), (i) rendelenerek dondurulmuş kabuk (RD); limon için-(b) kabuk soyma (K), (d) meyve eti (ME), (f) meyve suyu (MS), (h) reçel (R), (j) rendelenerek dondurulmuş kabuk (RD))



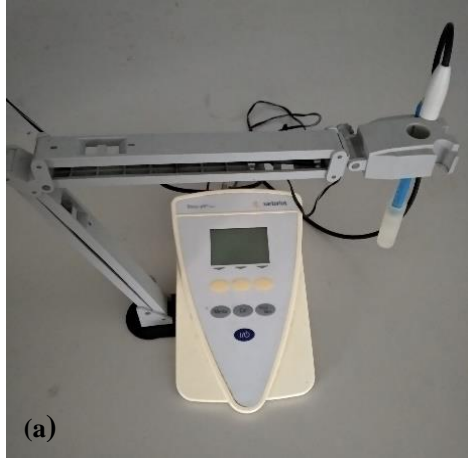
*Gelişigüzel yıkama işlemi (Y)*; Evsel işlemlerde kullanılmak üzere ayrılan tüm numuneler 1 dakika boyunca musluk suyu altında el ile ovularak yıkanmışlardır. Bu işlem sadece portakal numunelerine uygulanmıştır.

*Kabuk soyma işlemi (S) ve meyve etinin ayrılması (ME)*; Portakal ve limon numunelerinin bir bıçak yardımıyla kabukları ve beyaz meyve etleri birbirinden ayrılmışlardır. Kabuk/meyve eti ağırlık oranlarının (%), portakal için %29 ile %35 arasında ve limon için %26 ile %32 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

*Rendelenmiş ve dondurulmuş kabuk (RD)*; Meyve etinden ayrılmış kabuklar bir rende yardımıyla rendelenmiştir ve -20 °C' de depolanmışlardır. Depolama süresinin etkisini değerlendirmek için depolamanın birinci, ikinci ve üçüncü aylarında bu aşamalar için ayrılmış laboratuvar numuneleri alınarak kalıntı analizi gerçekleştirilmiştir.

*Evsel meyve suyu üretimi (MS)*; Portakal ve limon numuneleri bıçak yardımıyla ikiye bölünüp ev tipi bir meyve sıkacağına portakal suyu elde edilmiştir. Elde edilen meyve suyularının ortalama pH'ı  $2,82 \pm 0,05$  (Mettler Toledo Seven compact pH/Ion pHmeter, Canada) (Şekil 3.7) olduğu tespit edilmiştir.

*Evsel reçel üretimi (R)*; Portakal ve limon numunelerinin kabukları hafif bir şekilde rendelenerek ayrılmıştır. Meyve eti üstünde kalan ince tabaka halindeki kabuğunda bulunan acılık maddelerini uzaklaştırmak amacıyla, kaynar suda 15 dakikada 3 kere haşlanma işlemi uygulanmıştır. Her defasında haşlama suyu dökülerek yeni su kullanılmıştır. Ardından bir bıçak yardımıyla meyveler 2 cm büyüklüğünde küplere bölünerek dilimlenmiştir. Diğer taraftan kütlece meyve ile 1:1 oranında olacak şekilde şeker aynı miktardaki su ile 30 dk kaynatılarak şerbet elde edilmiştir. Bu sürenin sonunda iki üç damla limon suyu şerbete eklenerek asitlenmesi sağlanmıştır. Dilimlenmiş meyveler şerbete eklenerek reçel kıvamına getirilene kadar 30 dakika kaynatılmıştır. Elde edilen reçeller kavanozlara sıcak dolun yapılarak ters çevrilmiş ve soğuyana kadar bekletilmiştir. Elde edilen reçellerin ortalama pH'ı  $3,45 \pm 0,06$  ve suda çözünür kuru maddesi (Briks)  $72,65 \pm 0,64$  g/100 g (RA-500 Model Kyoto Electronics ManufacturingCo. Ltd., Japonya) (Şekil 3.7) olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 3.7.** a) pH metre b) Refraktrometre

### **3.4. Farklı Solüsyonlar ile Yıkama**

Turunçgillerde bulunan pestisit kalıntıları üzerine çeşitli yıkama tekniklerinin etkisini araştırmak için çalışma kapsamında 8 farklı yıkama yöntemleri ilaçlanmış portakal numunelerine uygulanmıştır (Şekil 3.8).

*Soğuk suda yıkama (Y<sub>1</sub>).* Bu yıkama işlemi sırasında ilaçlanmış her bir portakal laboratuvar numunesi yaklaşık <10 °C sıcaklıkta olan 3 L suyun içerisine daldırılmış ve 15 dk bekletilmiştir.

*Sodyum klorür çözeltilerinde yıkama işlemi (Y<sub>2</sub>-Y<sub>4</sub>).* Oda sıcaklığındaki (25 °C) %2, %5 ve %10 sodyum klorür (NaCl) içeren (Extra Pure, Tekkim) 3 L yıkama suyuna ilaçlanmış portakal laboratuvar numuneleri ayrı ayrı daldırılarak 15 dk bekletilmiştir.

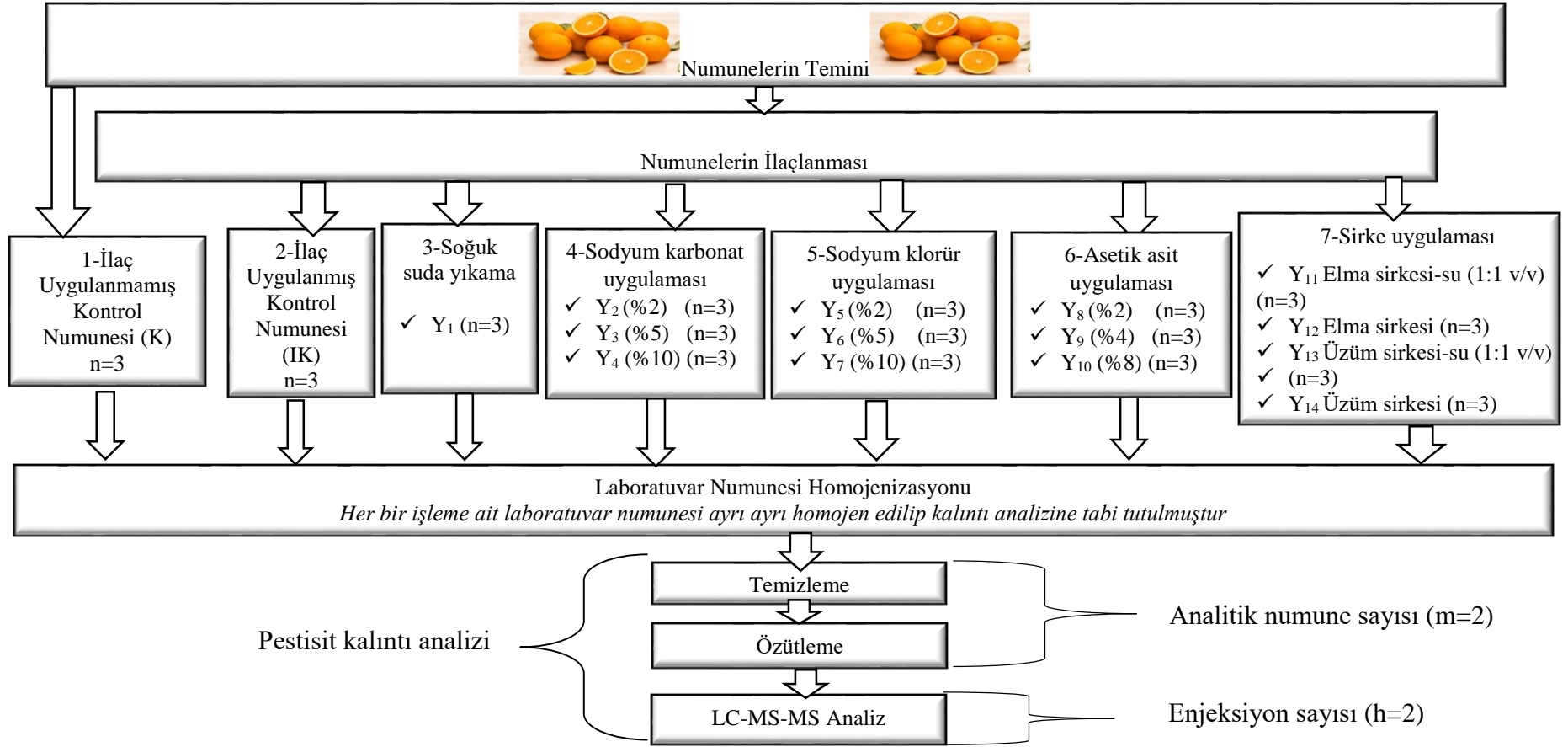
*Sodyum karbonat çözeltilerinde yıkama işlemi (Y<sub>5</sub>-Y<sub>7</sub>).* İlaçlanmış portakal laboratuvar numuneleri oda sıcaklığındaki (25 °C) %2, %5 ve %10 derişimdeki sodyum karbonat (NaCO<sub>3</sub>) (Extra Pure, Tekkim) içeren 3 L suya daldırılarak 15 dk bekletilmiştir.

*Asetik asitle (99.0-100.0 %Gıda Tip Buzlu-Extra Pure, Tekkim) yıkama işlemi (Y<sub>8</sub>-Y<sub>10</sub>).* %2, %4 ve %8 oranında asetik asit (CH<sub>3</sub>COOH) çözeltisi bulunan 3 L'lik sulara ilaçlanmış portakal laboratuvar numuneleri daldırılarak 15 dk bekletilmiştir.

*Elma sirkesi (Galle, ticari) ve üzüm sirkesi (Galle, ticari) ile yıkama işlemi (Y<sub>11</sub>-Y<sub>14</sub>).* İlaçlanmış portakal laboratuvar numuneleri 3 L elma (%4 asetik asit içeren) ve üzüm

sirkesi (%4 asetik asit içeren) içeren yıkama kaplarına daldırılarak 15 dk bekletilmişlerdir. Ayrıca hacimce 1:1 (v/v) oranında su ile seyreltilmiş elma ve üzüm sirkesi içeren yıkama kaplarına ilaçlanmış portakal numuneleri daldırılarak 15 dk bekletilmişlerdir.

Yıkama işlemi sonunda portakal numunelerinin sularının kuruması için oda sıcaklığında yaklaşık yarım saat bekletilmişlerdir. İşlenmiş rnler polipropilen numune poşetlerine konularak laboratuvarında numune homojenizasyonu gerçekleştirilene kadar bir gün süreyle +4 C’de buzdolabında muhafaza edilmiştir.



**Şekil 3.8.** Deney deseni 2 (“n”, işlem tekrarını ve laboratuvar numune sayısını ifade etmektedir”; “m, her bir laboratuvar numunesinden alınan analitik numune sayısını ifade etmektedir; “h” her bir analitik numune için yapılan enjeksiyon sayısını ifade etmektedir)

### 3.5. Kurutma

Turunçgillerde bulunan pestisit kalıntıları çeşitli kurutma tekniklerinin etkisini araştırmak için çalışma kapsamında ilaçlanmış portakal numunelerine 4 farklı kurutma yöntemi uygulanmıştır (Şekil 3.9 ve Şekil 3.10). Kurutma işlemleri sırasında kullanılan sıcaklık ve vakum basınç değerleri literatürlerde yer alan çalışmalara (Depilli ve ark. 2008, Rafiee ve ark. 2010, Akdaş ve Başlar 2014) ve yapılan ön işlemlere dayanılarak seçilmiştir.

Kurutma deneyleri için seçilen ortalama  $80 \pm 2$  mm çapındaki portakallar, soyulmadan boylamasına  $4 \pm 0,5$  mm kalınlığında dilimler halinde kesilmiştir. Numunelerin başlangıçtaki nem içeriği, dijital nem analiz cihazı (MA150; Sartorius, Göttingen, Almanya) ile  $5,33$  g  $H_2O/g$  k.m. olarak ölçülmüştür (kuru madde).  $100 \pm 5$  g portakal dilimleri yağlı kağıt üzerine düzgün bir şekilde yerleştirilmiştir. Numunelerin ağırlığı kurutma deneyleri sırasında 30 dakikalık aralıklarla, ancak mikrodalga ön işlemi sırasında ise 5 dakikalık aralıklarla  $0,01$  g hassasiyetinde dijital bir terazi (Mettler Toledo, MS3002S) kullanılarak kaydedilmiştir. Ön deney sonuçlarına dayanarak, ürünlerde herhangi bir yanmaya neden olmadan portakal dilimlerinin en iyi kuruma özelliklerini elde etmek için etkili mikrodalga gücünün  $90$  W olduğu tespit edilmiştir.

*Sıcak hava kurutma ( $K_1-K_3$ ).*  $200$  W,  $220$  V,  $50-60$  Hz spesifikasyonlarına sahip kabin tipi kurutucu gerçekleştirilmiştir. Kurutucuların sıcaklığı  $\pm 2$  °C hassasiyetinde ve bağıl nemi  $\pm 2\%$  hassasiyetinde sensörler ile belirlenmiştir. Kurutmalar,  $60$ ,  $70$  ve  $80$  °C sıcaklıklarda kararlı bir bağıl nem ( $20\%$ ) oranı ile tamamlanmıştır.

*Mikrodalga ön işlemlili sıcak hava kurutma ( $K_4-K_6$ ).* Bu yöntemde, sıcak hava ile kurutma aşamasına geçmeden önce  $90$  W güçte 30 dakikalık mikrodalga ön işlemi uygulanmıştır. Mikrodalga ön işlemi,  $230$  V,  $\sim 50$  Hz ve maksimum  $800$  W teknik özelliklerine sahip ev tipi bir mikrodalga fırında (Bosch, HMT72G420, Münih, Almanya) gerçekleştirilmiştir. Cihaz,  $520 \times 479 \times 341$  cm boyutlarındaki mikrodalga uygulama bölmesinden ve  $315$  mm çapındaki döner cam plakadan oluşmuştur. 30 dakika ön işlem sonrası sıcak hava kurutması  $60$ ,  $70$  ve  $80$  °C sıcaklıklarda kararlı bir bağıl nem ( $20\%$ ) ile tamamlanmıştır.

*Vakum kurutma (K<sub>7</sub>-K<sub>12</sub>).* Bu uygulama, bir vakum kurutucusunda (Mammert VO 400, Almanya, 49 L hacim) farklı sıcaklık (60, 70 ve 80 °C) ve mutlak basınç (15 ve 30 kPa) kombinasyonlarında yapılmıştır.

*Mikrodalga ön işlemlili vakum kurutma (K<sub>13</sub>-K<sub>18</sub>).* Bu yöntemde portakal numuneleri, vakum kurutucudan 30 dakika önce 90 W güçte gerçekleştirilen bir mikrodalga ön işlem aşaması ve vakum kurutucuda farklı sıcaklık (60, 70 ve 80 °C) ve mutlak basınç (15 ve 30 kPa) kombinasyonları kullanılarak kurutulmuşlardır. Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de bu uygulamalardan sonra elde edilen kurutulmuş portakal dilimlerinin resimleri sunulmuştur.

Yukarıda anlatılan 18 adet kurutma işlemlerinde portakal dilimlerinin nem içeriği 0,09 g H<sub>2</sub>O/g km'ye inene kadar kurutulmuştur ve tüm kurutma işlemleri üç tekkerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9). Kurutulmuş numuneler bir vakum paketlenme makinasında (Seles DZ-350/MS) paketlenildikten sonra pestisit kalıntı analizlerine kadar geçen sürede -20°C’de bulunan bir dondurucuda saklanmışlardır.



(a)

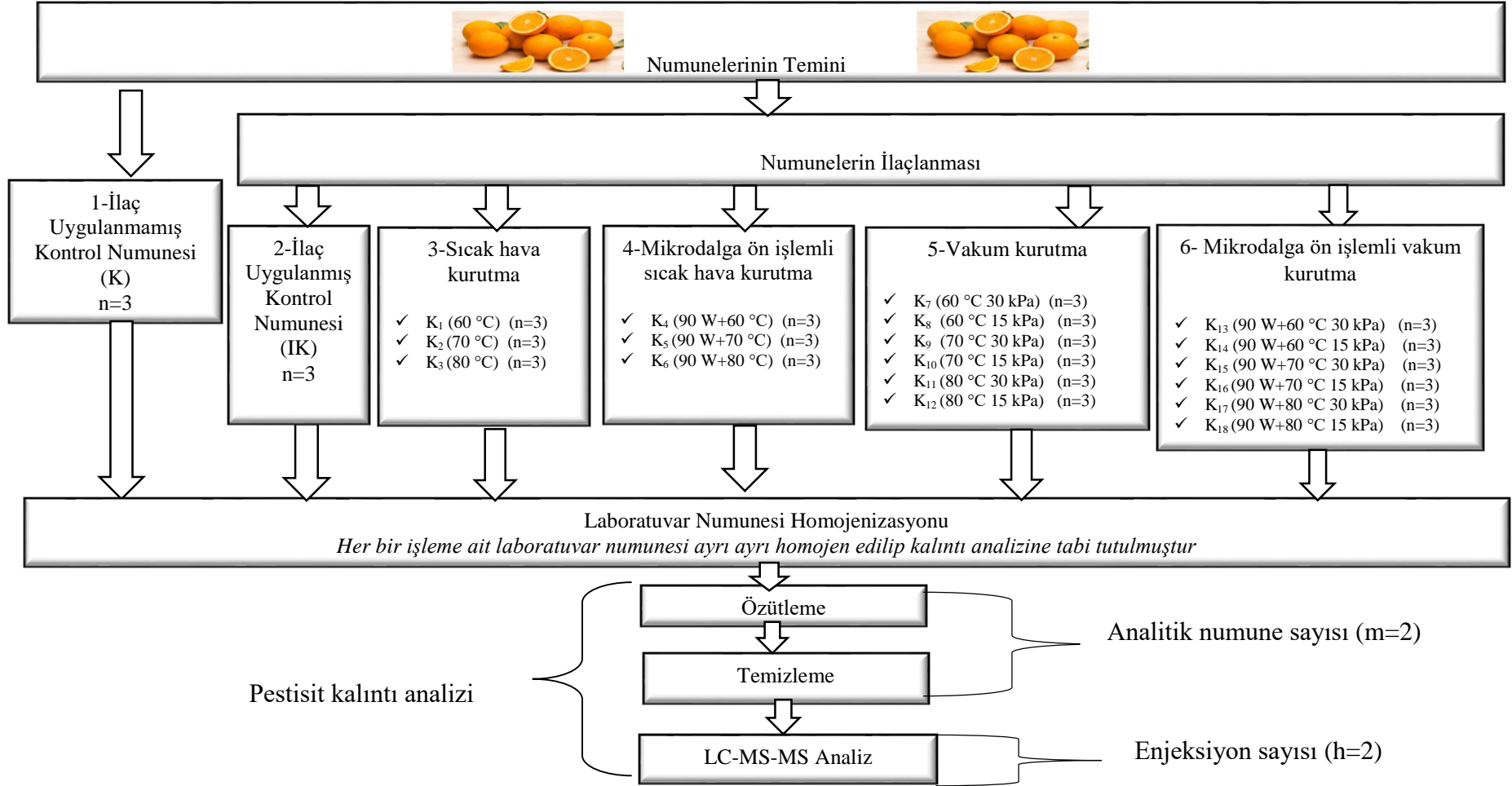


(b)



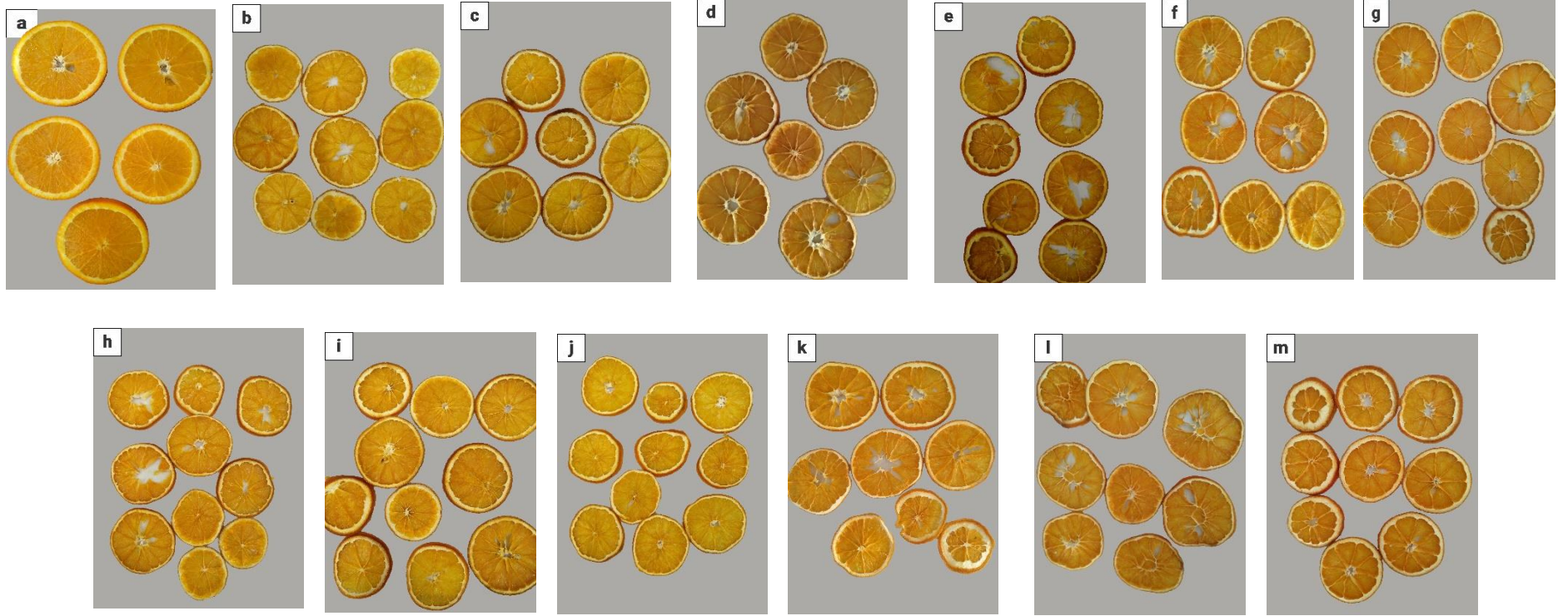
(c)

**Şekil 3.9.** (a); Sıcak hava kurutma cihazı, (b); vakumla kurutma cihazı ve (c); mikrodalga



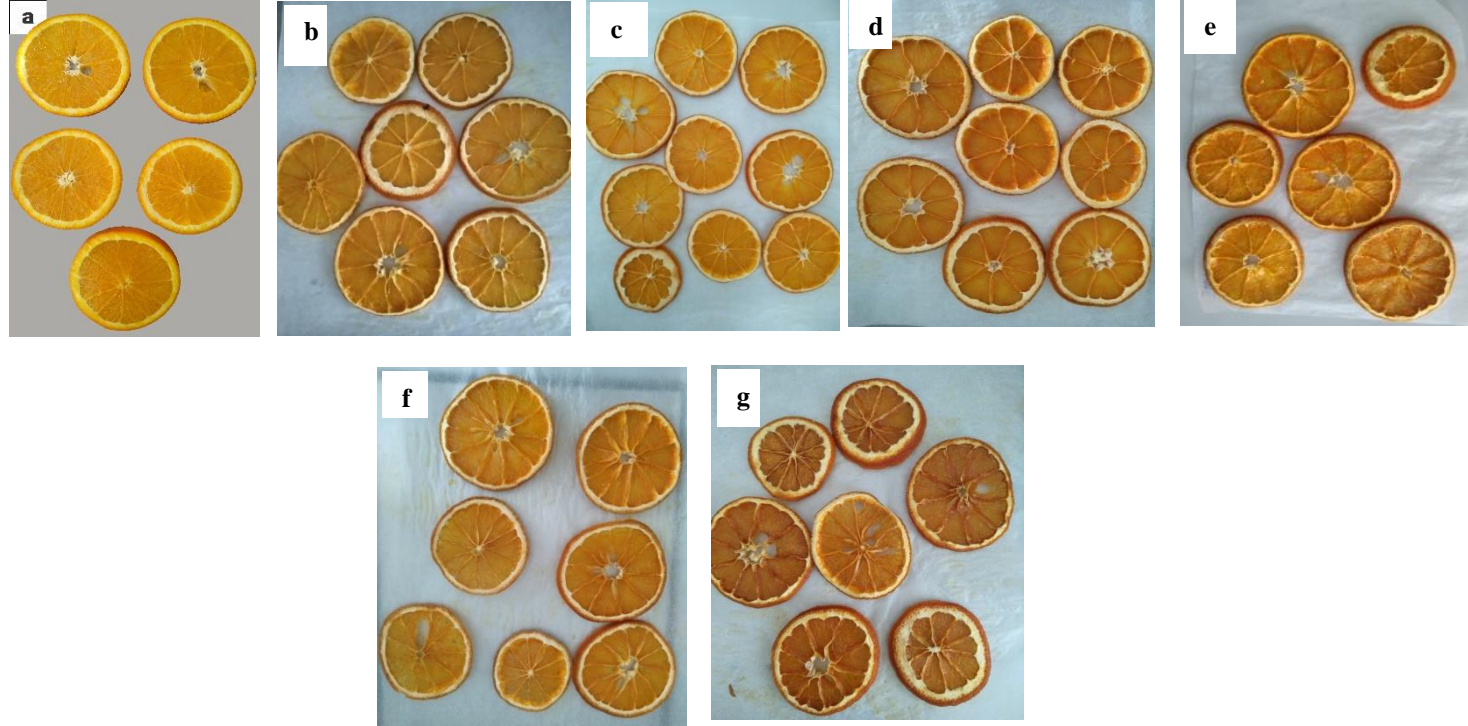
**Şekil 3.10.** Deney deseni 3 (“n”, işlem tekrarını ve laboratuvar numune sayısını ifade etmektedir; “m”, her bir laboratuvar numunesinden alınan analitik numune sayısını ifade etmektedir; “h” her bir analitik numune için yapılan enjeksiyon sayısını ifade etmektedir)





**Şekil 3.11.** Mikrodalga ön işlemlili (MDVK) ve işlemsiz vakumla kurutma (VK) portakal şekilleri (a); taze ilaçlanmış portakal (IK), (b) K<sub>8</sub> (60°C & 15 kPa VK), (c) K<sub>14</sub> (60°C & 15 kPa MDVK), (d) K<sub>7</sub> (60°C & 30 kPa VK), (e) K<sub>13</sub> (60°C & 30 kPa MDVK), (f) K<sub>10</sub> (70°C & 15 kPa VK), (g) K<sub>16</sub> (70°C & 15 kPa MDVK), (h) K<sub>9</sub> (70°C & 30 kPa VK), (i) K<sub>15</sub> (70°C & 30 kPa MDVK), (j) K<sub>12</sub> (80°C & 15 kPa VK), (k) K<sub>18</sub> (80°C & 15 kPa MDVK), (l) K<sub>11</sub> (80°C & 30 kPa VK), (m) K<sub>17</sub> (80°C & 30 kPa MDVK)





**Şekil 3.12.** Mikrodalga ön işlemlili (MDSK) ve işlemsiz sıcak hava (SK) ile kurutulmuş portakal şekilleri (a) taze ilaçlanmış portakal (IK), (b) K<sub>1</sub> (60 °C), (c) K<sub>4</sub> (60 °C MDSK), (d) K<sub>2</sub> (70 °C SK), (e) K<sub>5</sub> (70°C MDSK), (f) K<sub>3</sub> (80°C SK), (g) K<sub>6</sub> (80°C MDSK)

### **3.6. Pestisit Kalıntı Analizi**

Çalışma kapsamında kullanılan çözümler (asetonitril, glasiyel asetik asit, metanol, formik asit) pestisit kalıntı analizlerine ve sıvı kromatografi analizlerine uygun saflıkta Merck (Almanya)'den temin edilmiştir. Kromatografik analizde kullanılmak üzere, pestisit etken maddelerinin saf standartları (saflığı>%99) sertifikalı olarak Dr. Ehrenstorfer' den (Almanya) temin edilmiştir. Analizlerde diyonize saf su kullanılmıştır (Milli Q purification system, Merck, Almanya).

#### **3.6.1. Numunelerin homojenizasyonu**

Laboratuvar numunelerin homojenizasyonu amacıyla; K, İK, S, ME ve Y<sub>1</sub>-Y<sub>14</sub> kodlu laboratuvar numunelerinde bulunan her bir limon ve portakal birimi dörde bölünmüştür ve çapraz karşılıklı iki kısım alınarak partikül büyüklüğü 2-3 mm olacak şekilde homojen edilmişlerdir (RechtGM 200, Haan, Almanya). R ve K<sub>1</sub>-K<sub>18</sub> kodlu laboratuvar numunelerinin tamamı homojen edilirken, RD ve MS kodlu laboratuvar numuneleri homojenizasyon işlemine tabi tutulmamışlardır. Her bir homojen edilmiş laboratuvar numunesinden 2 analitik numune ayrılmıştır ve analiz gerçekleştirilene kadar kapaklı poliüretan numune saklama kaplarında -20°C'de maksimum bir ay saklanmışlardır.

#### **3.6.2. Özütleme ve temizleme işlemi**

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen pestisit kalıntı analizi (Şekil 3.13 ve Şekil 3.14) QuEChERS (hızlı, kolay, ucuz, etkili, sağlam ve güvenli) çoklu kalıntı metoduna dayanmaktadır (AOAC 2007). 50 ml'lik santrifüj tüpüne 15±0,1 g hassasiyetle homojen edilmiş analitik numune tartılmıştır (Shimadzu ATX224, Japonya). Reçel ve kurutulmuş numunelerinde ise 5±0,1 g numune tartılıp üstüne 10 mL dionize su eklenmiştir. Sonrasında, 15 mL %1'lik glasiyel asetik asitli asetonitril çözeltisi eklenmiş ve 1 dakika süreyle vorteks (Stuart Scientific, İngiltere) ile karıştırılmıştır. Bir sonraki aşamada, numune ve çözeltinin tamamı 6000 mg MgSO<sub>4</sub> ve 1500 mg sodyum asetat'tan oluşan 15 ml'lik QuEChERS özütleme tüpüne aktarılmıştır (Chromabond, Almanya) ve tekrar 1 dakika boyunca vorteks ile karıştırılmıştır. 5 dakika 5000 rpm' de santrifüj (Sigma 2-16P, Osterode, Almanya) işlemi gerçekleştirilmiştir. Numunenin üst fazından 8 mL alınan özüt 1200 mg MgSO<sub>4</sub> ve 400 mg diamino içeren QuEChERS katı faz ekstraksiyon temizleme tüpüne (Chromabond, Almanya) eklenmiştir ve 30 saniye vorteks ile karıştırılmıştır. 5

1 dakika 5000 rpm’de santrifüj işlemi gerçekleştirildikten sonra 1 mL numune 0,45 µm çaplı politetrafloroetilen (PTFE) filtreden süzülerek sıvı kromatografi üçlü kudrapol kütle spektrofotometresi (LC-MS-MS) enjeksiyon şişelerine aktarılmıştır.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

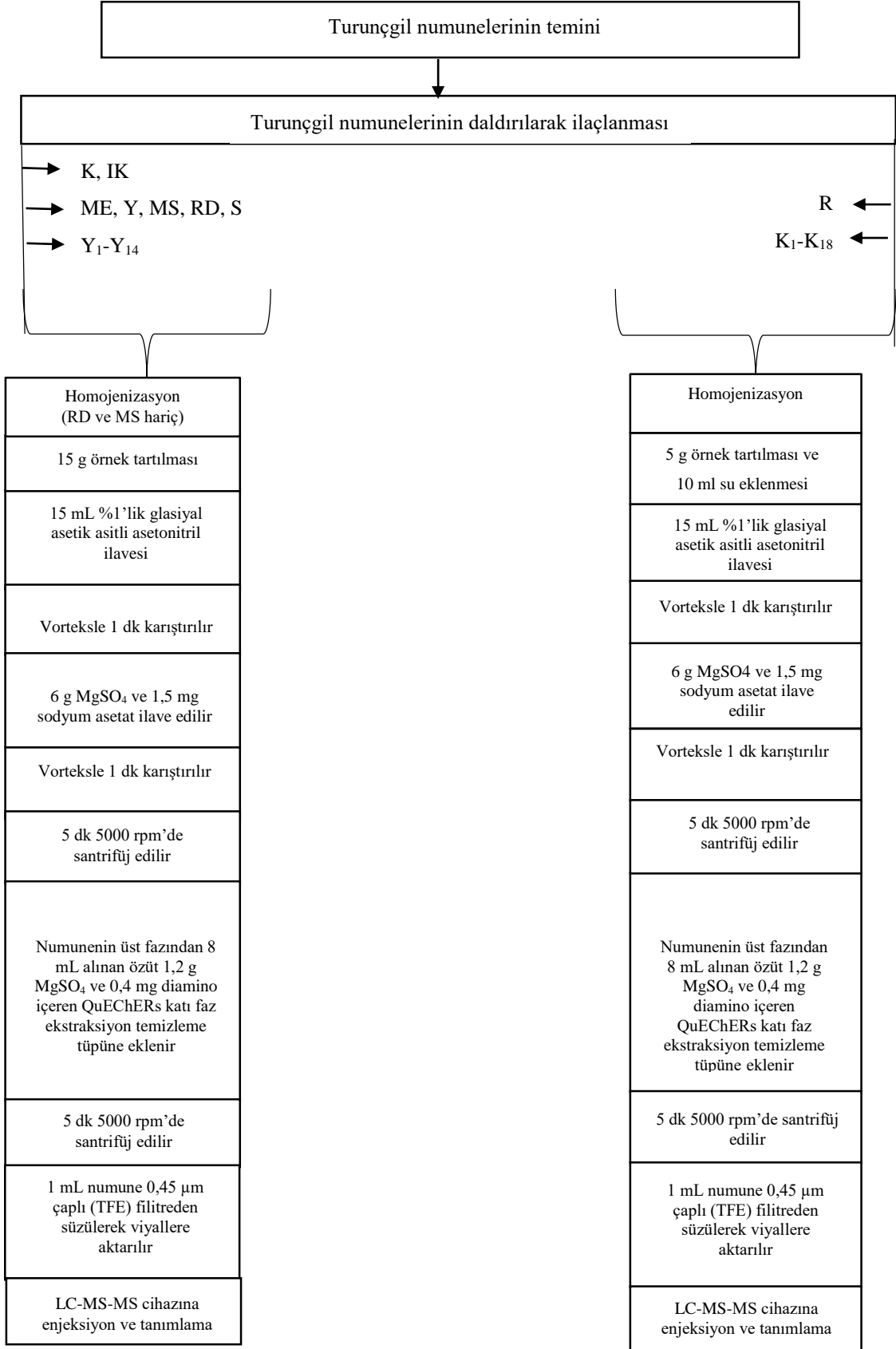


(f)



(g)

**Şekil 3.13.** Pestisit kalıntı analiz aşamaları; (a) örneklerin tartımı, (b) özütleme işlemi, (c) temizleme işlemi, (d) vorteks ile karıştırma, (e) santrifüjleme, (f) viyallere aktarılma, (g) LC-MS-MS cihazı ile enjeksiyon



**Şekil 3.14.** QuEChERS yöntemi akış şeması (AOAC 2007)

### 3.6.3. Kromatografik analiz

Kromatografik analizler, Agilent marka 1260 II model sıvı kromatografisi ve ona bağlı kütle spektrofotometresinde (LC-MS-MS-6470A TripleQuadrupole) her bir pestisit için pozitif elektron püskürtme iyonizasyon (ESI) modunda çoklu reaksiyon izleme (MRM) çifti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. LC-MS-MS sisteminde Agilent Poroshell C18 (2,1x150 mm iç çapı, 2,7 µm partikül büyüklüğü) kolon kullanılmıştır.

Hareketli faz %0,1 formik asitli suda hazırlanmış 5 mM amonyum asetat (A) ve saf metanoldan (B) oluşmuştur. Hareketli faz gradyan programında 0,5 mL/dakika akış hızıyla ve maksimum 500 bar ile sırasıyla başlangıçta B %20 oranında olup 0,5 dakika tutulmuştur; 10. dakikaya kadar lineer olarak B %95 oranına artırılmıştır ve orada 3 dakika tutulmuştur; 13,10. dakikaya kadar A %80 oranına artırılmış ve bu şekilde enjeksiyon bitene kadar (16 dakika) sabit tutulmuştur (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2.** LC-MS-MS cihaz ve hareketli faz şartları

<b>LC Kolon:</b> 2.1 mm x 150 mm x2.7µm				
<b>Enjeksiyon süresi:</b> 18 dk.				
<b>Pompa programı</b>				
<b>Zaman (dk)</b>	<b>A%</b>	<b>B%</b>	<b>Akış (dak/mL)</b>	<b>Maksimum basınç (bar)</b>
0,50	80	20	0,300	500
10,00	5	95	0,300	500
13,00	5	95	0,300	500
13,10	80	20	0,300	500
16,00	80	20	0,300	500

Enjeksiyon hacmi 10 µL, fırın sıcaklığı 40 °C, toplam elüsyon zamanı 18 dakikadır. İyon kaynağında püskürtme ve kurutma gaz (N<sub>2</sub>) akış hızı 10 mL/dak ve 11 mL/dak'dır. Isı blok sıcaklığı ve kurutma gaz sıcaklığı 325 °C ve 400 °C'dir. Püskürtme basıncı 40 psia ve kapiler voltajı ise 3,0 kV'dır. Her bir pestisit etken maddesi için çoklu reaksiyon izleme

(MRM) ve pozitif iyon modunda bir ana iyon ve iki parçalamaya iyonu kullanılarak tanımlama yapılmıştır (Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.3.** LC-MS-MS tanımlama programı.

	RT <sup>1</sup> (dk)	CV <sup>2</sup>	Öi <sup>3</sup>	1.Pi <sup>4</sup>	ÇE (V) <sup>5</sup>	iO <sup>6</sup>	Öi <sup>3</sup>	2.Pi <sup>4</sup>	ÇE (V) <sup>5</sup>
			<i>Nicel tanımlama iyonları</i>				<i>Nitel tanımlama iyonları</i>		
Abamectin	12,822	150	895,9>	751,4	48	19,9	895,9>	327,2	8
Buprofezin	11,815	100	306,2>	201,1	6	32,0	306,2>	116,1	9
Carbendazim	11,854	140	192,2>	160,1	15	18,5	192,2>	132,1	30
Etozazole	12,147	140	360,3>	141,1	15	19,4	360,3>	340,2	30
Imazalil	8,685	120	297,1>	41,2	21	48,8	297,1>	159,0	30
Thiophanate-Methyl	7,953	120	343,1>	151,0	3	11,7	343,1>	311,0	5

1 Alıkonma zamanı; 2 Kone voltajı; 3 Öncül iyon; 4 Parçalanma/Geçiş iyonu; 5 Çarpışma enerjisi; 6 İyon oranı

#### 3.6.4. Standartların hazırlanması ve kromatografik tanımlama

Toz halinde bulunan saf pestisit aktif madde standartların her birinden 10 mg/mL derişiminde stok standart çözeltileri %0,1 asetik asitli asetonitrilde (10 mL asetik asit 1000 mL' ye asetonitril ile tamamlanır) hazırlanmıştır (A) ve %0,1 asetik asitli asetonitril ile uygun oranda seyreltilerek 10 mg/l derişiminde karışım stok standart çözeltisi elde edilmiştir (B). Bu standartlar kullanılabilecek kadar 1 sene boyunca -20 °C'de koyu renkli saklama şişelerinde saklanmıştır. Kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında kullanılan 20 µg/L-800 µg/L derişim aralığındaki karışım kalibrasyon ara stok standart çözeltileri (C<sub>1</sub>-C<sub>7</sub>); B çözeltilerinden uygun oranda alınarak %0,1 asetik asitli asetonitrilde günlük olarak hazırlanmıştır.

Kromatografik analizlerde cihazın pestisite verdiği sinyale, matriks etkisinin olduğu bilinmektedir. Matriks uyumlu kalibrasyon genellikle matriks etkilerini dengelemek için kullanılır (SANTE 2017). Bu amaçla hedef analitleri içermeyen organik portakal numunesi temin edilmiştir ve yukarıda açıklanan pestisit kalıntı analiz yöntemiyle özütlenip temizlenerek boş matriks test porsiyonu elde edilmiştir. C<sub>1</sub>-C<sub>7</sub> derişim aralığındaki kalibrasyon çalışma standartlarından 100 µL, boş matriks test numunelerinden 800 µL alınıp LC-MS-MS enjeksiyon şişelerinde 100 µL %1 asetik asitli asetonitrille 1 mL'e tamamlanarak 2 µg/l-80 µg/L aralığında yedi farklı (D<sub>1</sub>-D<sub>7</sub>) matriks

uyumlu kalibrasyon standardı hazırlanmıştır. Çizdirilen ağırlıklı doğrusal kalibrasyon eğrisinin fonksiyonundan (Yolci-Ömeroğlu ve ark. 2018b) yararlanılarak pestisit etken maddelerinin miktarı (x) µg/kg cinsinden bulunur.

$$y = a + bx \quad (3.1)$$

y cihazın verdiği sinyal, a ise kalibrasyon eğrisinin kesişim noktası, b ise eğrinin eğimi, ve x ise numunenin derişimini ifade etmektedir.

**Çizelge 3.4.** Kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında kullanılan standart çözeltilerinin (D1-D7) hazırlanması

Ara Stok (µg/L) (C <sub>1</sub> -C <sub>7</sub> )	Seviye	Alınan Miktar (µL)	Son derişim (µg/L) (D <sub>1</sub> -D <sub>7</sub> )	Matriks (µL)	Solvent (µL)	Son Hacim (µL)
800	7	100	80	800	100	1000
600	6	100	60	800	100	1000
400	5	100	40	800	100	1000
200	4	100	20	800	100	1000
100	3	100	10	800	100	1000
50	2	100	5	800	100	1000
20	1	100	2	800	100	1000

### 3.7. Analiz Metodunun Güvenirliği

Pestisit kalıntı analizlerinde seçilen standart analiz yöntemi, laboratuvar koşullarında uluslararası rehber (SANTE 2017) uyumlu bir şekilde yüksek asit ve su içerikli gıdalar ile yüksek şeker ve düşük su aktiviteli gıdalar için 10 µg/kg ile 60 µg/kg seviyelerinde daha önceden yapılan çalışmalarla (tekrarlanabilirlik, laboratuvar içi tekrar üretilebilirlik, geri kazanım, doğrusallık, raporlama limiti) doğrulanmıştır. Ayrıca bu çalışma kapsamında, her parti analizde hedef pestisitleri içermeyen kör numune 10 µg/kg seviyesinde çalışma kapsamındaki pestisitler ile kirletilmiş ve 9 adet toplam geri kazanım çalışması gerçekleştirilmiştir. Bunlara ilaveten, her kromatografik analiz sırasında kalibrasyon fonksiyonu kullanılarak (Denklemler 3.1) standart çözeltilerinin derişimleri hesaplanmıştır ve bunun gerçek derişimlerinden olan farkı % sapma olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sapma değerinin ±%20'den büyük olmaması durumunda

numunelerin derişimleri elde edilen kalibrasyon eğirisinden hesaplanmıştır (SANTE 2017).

### 3.8. İşlenmiş Üründeki Kalıntı Miktarının Değişimi ve İşleme Faktörünün Hesaplanması

İşlenmiş ürünlerdeki pestisit kalıntı miktarındaki (%) değişim aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır;

$$\% \text{ Değişim}(\text{Pozitif veya negatif}) = \frac{(A - B)}{A} \times 100 \quad (3.2)$$

Burada A; işlenmemiş ilaçlı kontrol portakal veya limon numunesindeki (IK) pestisit kalıntı miktarını; B ise işlem görmüş (soyma, kurutma vs..) portakal veya limon numunesindeki kalıntı miktarını ifade etmektedir.

İşlem faktörü (PF), ham tarımsal üründeki pestisit miktarının, işlenmiş ürüne oranıdır (Anonim 2008, Claeys ve ark. 2011, Scholz ve ark. 2017). 1'den küçük veya daha yüksek bir faktör, sırasıyla azalma veya derişimi göstermektedir. İşleme faktörünün denklemi eşitlik 2'de verilmiştir.

$$PF = \frac{B}{A} \quad (3.3)$$

### 3.9. İstatistiksel Analiz

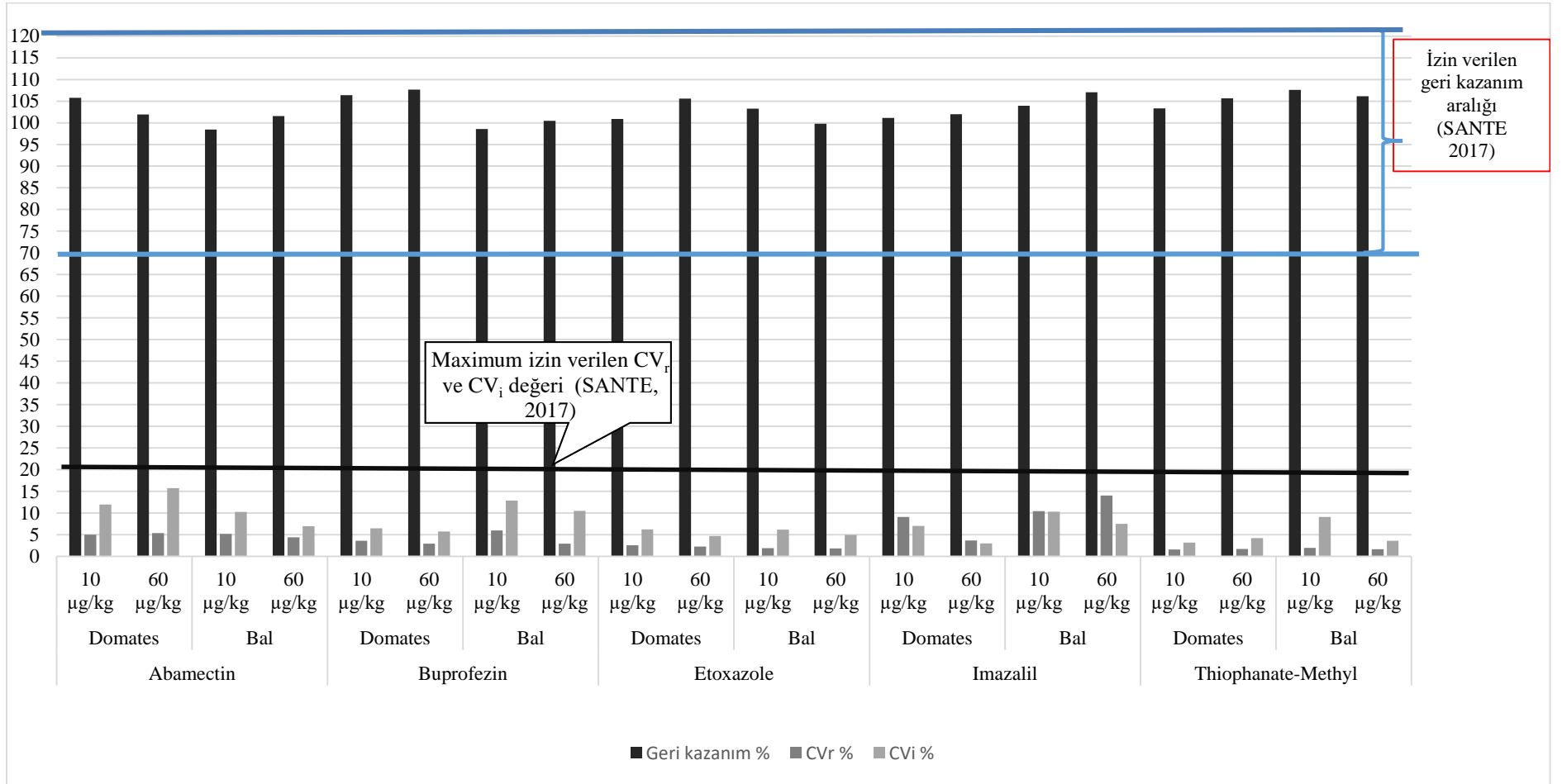
Tüm işlemler üç tekerrür (n=3), pestisit kalıntı analizleri iki tekerrürlü analitik numune (m=2) ve kromatografik analiz ise iki tekerrürlü (h=2) enjeksiyon olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ortalama ± standart hata olarak sunulmuştur. İşlemler arasında anlamlı bir fark olup olmadığı varyans analizi ile değerlendirilmiş ve farklılığın derecesi Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Analizlerde  $P < 0,05$ 'lik güven seviyeleri dikkate alınmıştır. Pestisit kalıntılarının fizikokimyasal özellikleri ile yıkama işlemleri arasındaki ilişki Pearson Korelasyon'u ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz için SPSS 23 sürümü (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılmıştır.



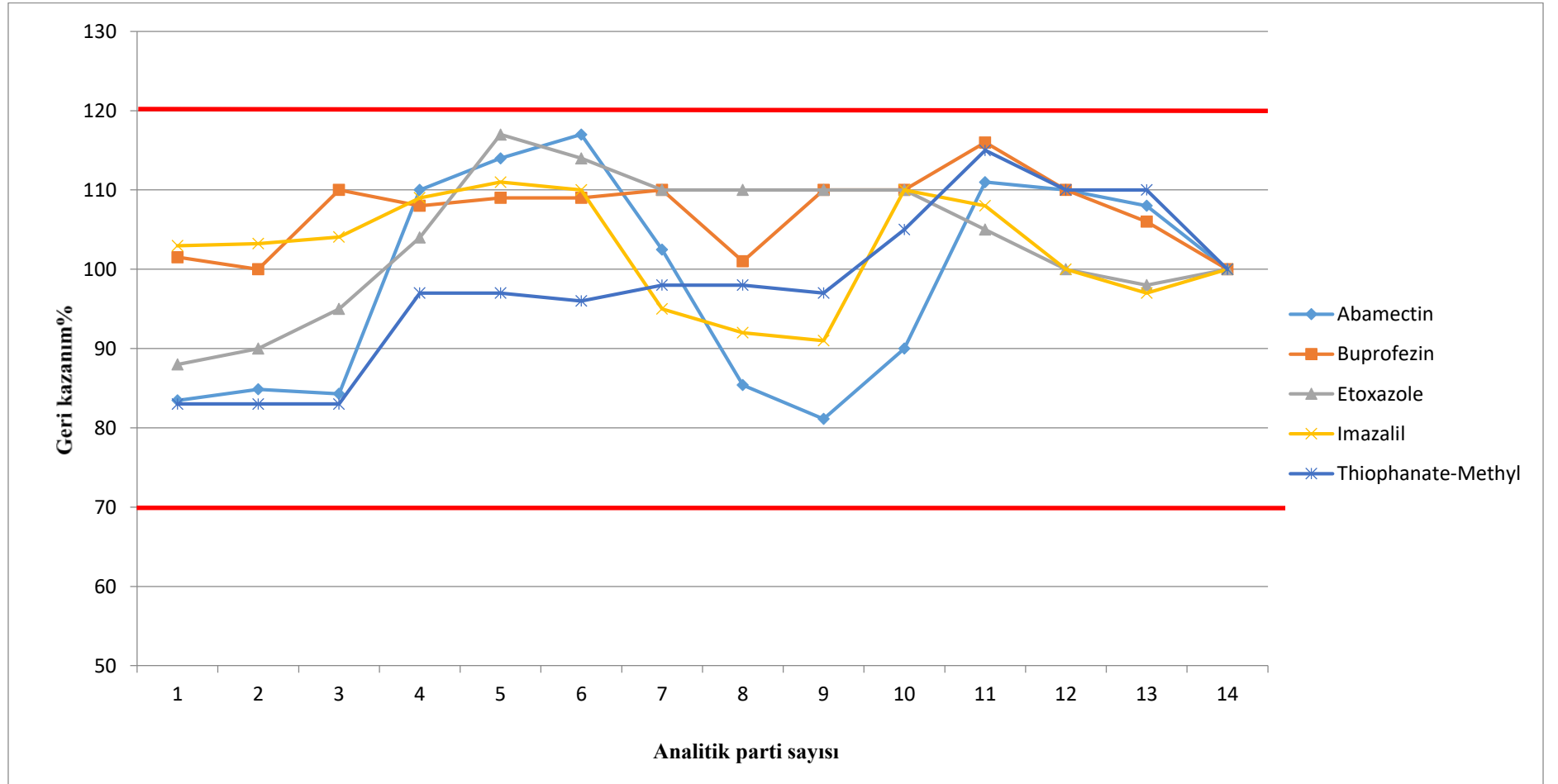
## **4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

### **4.1. Analiz Metodunun Güvenirliği**

Pestisit kalıntı analizlerinde seçilen standart analiz yöntemi, laboratuvar koşullarında uluslararası rehber (SANTE 2017) uyumlu bir şekilde yüksek asit ve su içerikli gıdalar ile yüksek şeker ve düşük su aktiviteli gıdalar için 10 µg/kg ile 60 µg/kg seviyelerinde doğrulanmıştır. Yapılan doğrulama çalışmaları sırasında metodun raporlama limitin 10 µg/kg olduğu, tekrarlanabilirliğinin (%CV<sub>r</sub>) %0,82-6,03, laboratuvariçi tekrar üretilebilirliğin (%CV<sub>i</sub>) %3,21-15,76, ortalama geri kazanım değerinin %98,47-107,60 aralığında olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.1). Ayrıca çalışma kapsamında her bir analitik parti sırasında raporlama limit seviyesinde (10 µg/kg) hedef pestisitleri içermeyen portakal numunesine kirletme yoluyla geri kazanım çalışması yapılmıştır. Şekil 4.2'de sunulduğu üzere ortalama geri kazanım %81,1-116,0 aralığında değiştii gözlenmiştir. Elde edilen tüm bu sonuçlar izin verilen maksimum değerlerden küçük olduğundan (SANTE 2017) çalışma kapsamında kullanılan metodun güvenilir ve elde edilen sonuçların doğru olduğu sonucuna varılmıştır.

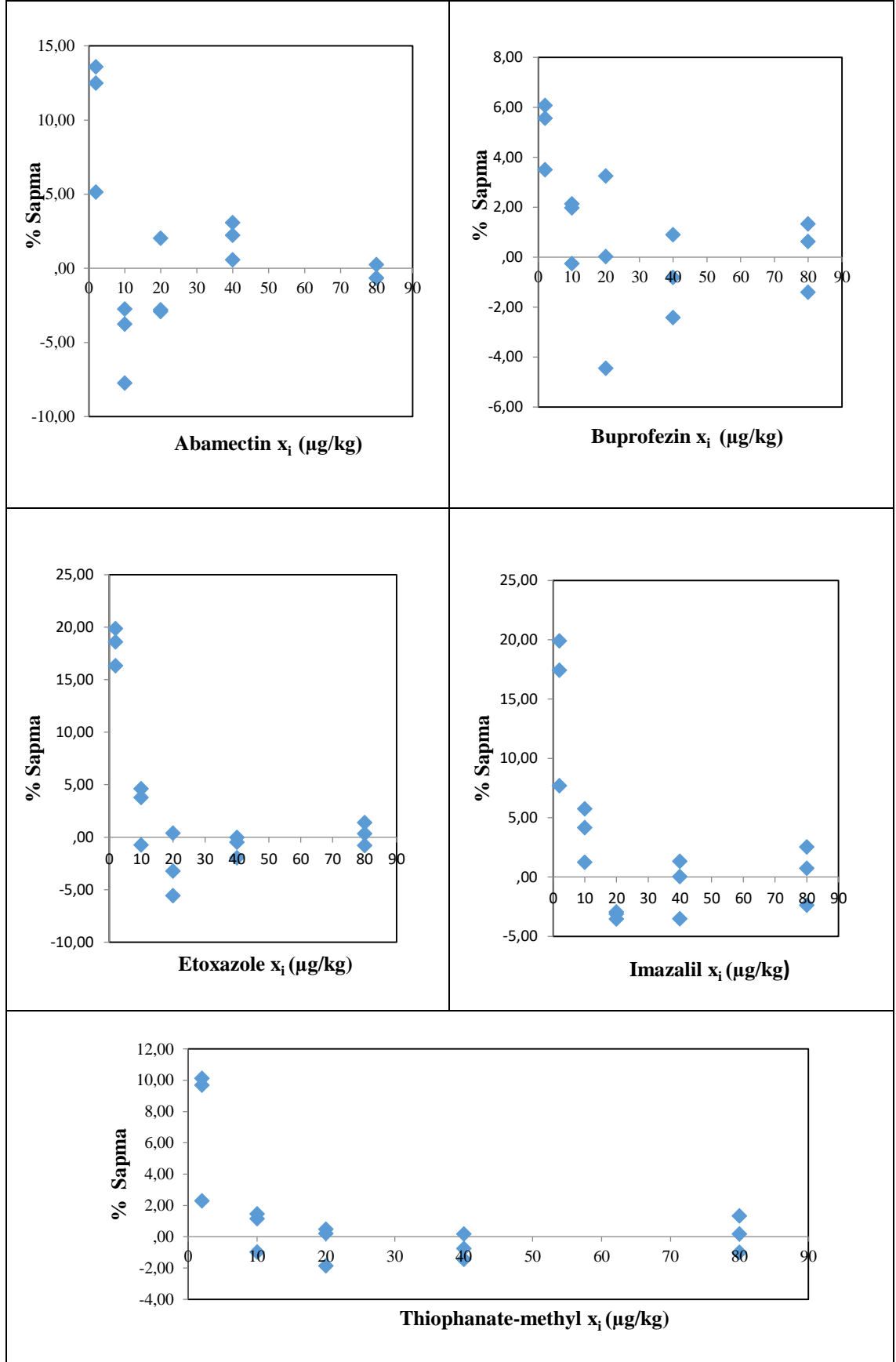


Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan metodun performans parametreleri

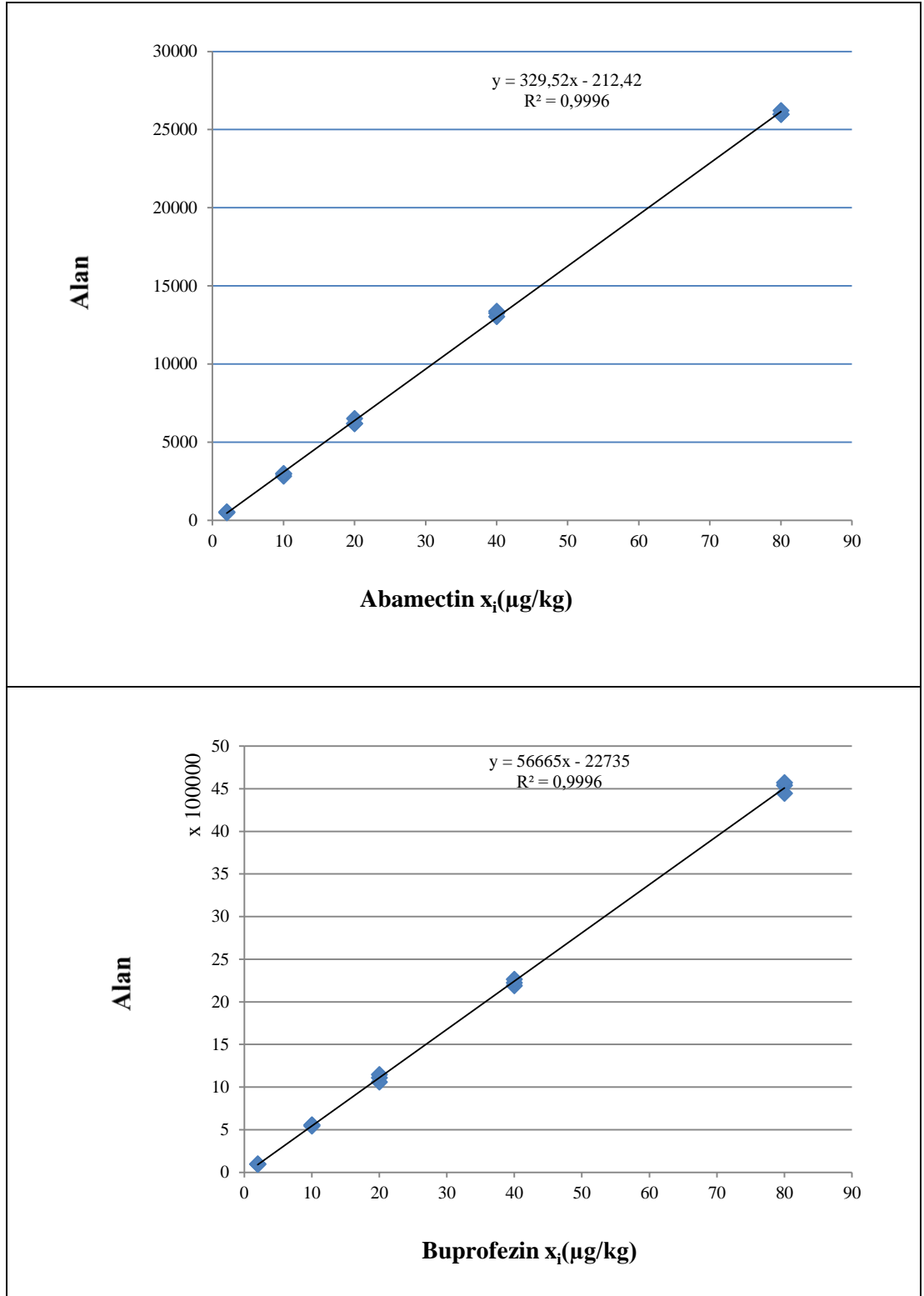


Şekil 4.2. Çalışmada sırasında gerçekleştirilen geri kazanım sonuçları

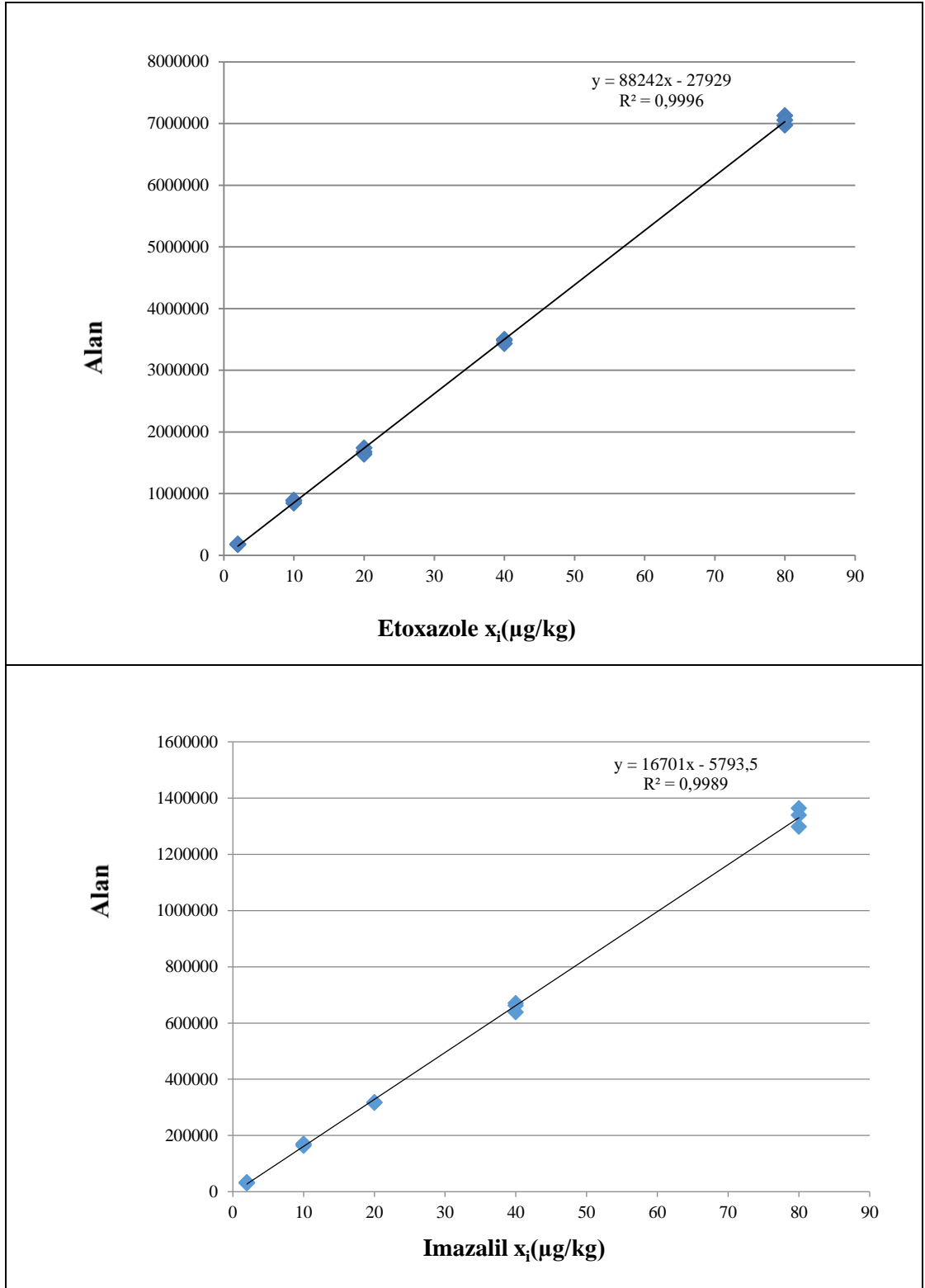
Metodun doğrusallığı 2-80 µg/kg aralığındaki derişimlere sahip standart çözeltiler ile çizilen 8 noktalı ağırlıklı kalibrasyon eğrisinden elde edilmiştir. Kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında kullanılan standart çözeltilerinin kalibrasyon fonksiyonu kullanılarak hesaplanan derişimlerinin, gerçek derişimlerinden farkı % sapma olarak hesaplanarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.3). Sapma değerinin (%) düşük derişimlerde yüksek olduğu ancak yüksek derişimlerde azaldığı gözlenmiştir. Ancak, elde edilen tüm % sapma değerlerinin uluslararası rehberde (SANTE 2017) ±%20 olarak belirtilen kabul kriterini aşmadığı gözlenmiştir. Ayrıca kalibrasyon eğrisinin korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) 0,999'dan büyük olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.4-4.6).



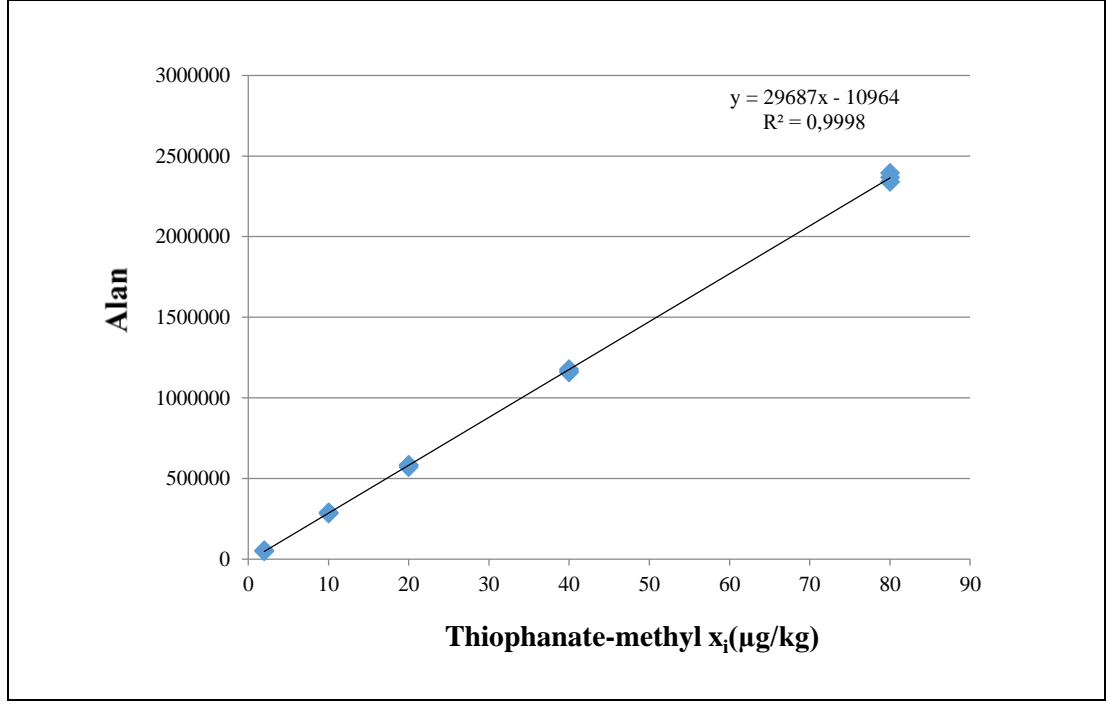
Şekil 4.3. Kalibrasyon eğrilerinin % sapma grafiği



Şekil 4.4. Abamectin ve buprofezin'in kalibrasyon eğrisi



Şekil 4.5 Etoxazole ve imazalil'in kalibrasyon eğrisi



**Şekil 4.6.** Thiophanate-methyl kalibrasyon eğrisi.

#### **4.2. İşlem Görmemiş Portakal ve Limonun (İK) Kalıntı Miktarı**

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü'nün (OECD) 2008 yılında yayınladığı rehberde işleme faktörlerinin hesaplanması için yapılacak çalışmalarda işlem görmemiş tarımsal ürünlerdeki kalıntı miktarlarının tayin limitinden (LOQ) büyük olması önerilmektedir (Anonim 2008). Laboratuvar ortamında daldırma yöntemiyle elde edilen ilaçlanmış ancak işlem görmemiş limonlarda pestisit kalıntı miktarı 0,025 mg/kg-4,173 mg/kg ve portakallarda pestisit kalıntı miktarı 0,030 mg/kg-3,753 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.1 ve 4.2). Bu seviyeler analiz metodunun LOQ seviyesi olan 0,010 mg/kg'dan büyük olduğu için OECD kriterlerini karşıladığı sonucuna varılmıştır.

#### **4.3. Evsel İşlemlerin Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi**

Turunçgillerde bulunan pestisit kalıntılarının evsel işlemlerinin etkisi portakal ve limon numuneleri kullanılarak çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1 ve 4.2'de, Ek 1 ve Ek 2'de sunulmuştur. İşlem görmemiş numunelerde bulunan kalıntı miktarı, işlem görmüş numunelerdekinden istatistiki olarak farklı ( $p < 0,05$ ) olduğu gözlenmiştir (imazalilin yıkanmış portakalda bulunan kalıntı miktarı hariç). En yüksek kalıntı miktarı kabuk ve dondurulmuş rendelenmiş kabuklarda gözlenirken, en fazla pestisit giderimi



meyve etine, meyve suyuna ve reçele işleme sırasında ortaya çıkmıştır. Her bir işlemin pestisit kalıntıları üstüne olan etkisi detaylı olarak 4.3.1-4.3.5 bölümlerinde ele alınmıştır.

**Çizelge 4.1.** Portakal numunelerinde farklı işleme tekniklerinin pestisit kalıntı miktarlarına etkisi (Her bir işlem 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir)

Pestisitler (mg/kg)					
Uygulanan İşlemler	Abamectin	Buprofezin	Etoxazole	Imazalil	Thiophanate-methyl
İşlemsiz (IK)	0,030±0,004 <sup>b</sup>	0,189±0,047 <sup>d</sup>	0,082±0,025 <sup>d</sup>	2,113±0,475 <sup>c</sup>	0,110±0,030 <sup>c</sup>
Gelişigüzel yıkama (Y)	0,020±0,003 <sup>c</sup>	0,136±0,023 <sup>de</sup>	0,050±0,001 <sup>e</sup>	1,643±0,271 <sup>c</sup>	0,019±0,003 <sup>d</sup>
Kabuk (S)	0,080±0,012 <sup>a</sup>	0,650±0,091 <sup>b</sup>	0,296±0,025 <sup>c</sup>	2,963±0,366 <sup>b</sup>	0,104±0,041 <sup>c</sup>
Meyve Eti (ME)	<LOQ	0,080±0,014 <sup>de</sup>	<LOQ	0,453±0,011 <sup>d</sup>	0,015±0,005 <sup>d</sup>
Meyve Suyu (MS)	<LOQ	0,037±0,001 <sup>e</sup>	<LOQ	0,580±0,001 <sup>d</sup>	0,397±0,316 <sup>b</sup>
Reçel (R)	<LOQ	0,019±0,005 <sup>e</sup>	<LOQ	0,105±0,008 <sup>e</sup>	<LOQ
Dondurulmuş Kabuk (1.ay) (RD <sub>1</sub> )	0,090±0,017 <sup>a</sup>	0,686±0,025 <sup>b</sup>	0,436±0,005 <sup>ab</sup>	3,753±0,254 <sup>a</sup>	0,486±0,127 <sup>a</sup>
Dondurulmuş Kabuk (2.ay) (RD <sub>2</sub> )	0,032±0,011 <sup>b</sup>	0,840±0,036 <sup>a</sup>	0,466±0,030 <sup>a</sup>	3,866±0,075 <sup>a</sup>	0,520±0,051 <sup>a</sup>
Dondurulmuş Kabuk (3.ay) (RD <sub>3</sub> )	0,069±0,011 <sup>a</sup>	0,533±0,020 <sup>c</sup>	0,393±0,152 <sup>b</sup>	2,846±0,055 <sup>b</sup>	0,390±0,085 <sup>b</sup>

Aynı sütundaki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p≤0,05)

**Çizelge 4.2.** Limon numunelerinde farklı işleme tekniklerinin pestisit kalıntı miktarlarına etkisi (Her bir işlem 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir)

Pestisitler (mg/kg)					
Uygulanan İşlemler	Abamectin	Buprofezin	Etoxazole	Imazalil	Thiophanate-methyl
İşlemsiz (IK)	0,011±0,001 <sup>c</sup>	0,246±0,030 <sup>d</sup>	0,040±0,003 <sup>e</sup>	1,730±0,242 <sup>c</sup>	0,253±0,028 <sup>c</sup>
Kabuk (S)	0,036±0,003 <sup>a</sup>	0,660±0,017 <sup>c</sup>	0,343±0,032 <sup>d</sup>	3,030±0,526 <sup>b</sup>	0,813±0,115 <sup>b</sup>
Meyve eti (ME)	<LOQ	0,024±0,001 <sup>e</sup>	<LOQ	0,056±0,003 <sup>d</sup>	0,014±0,002 <sup>d</sup>
Meyve Suyu (MS)	<LOQ	0,035±0,001 <sup>e</sup>	<LOQ	0,146±0,023 <sup>d</sup>	0,031±0,005 <sup>d</sup>
Reçel (R)	<LOQ	0,020±0,001 <sup>e</sup>	<LOQ	0,116±0,024 <sup>d</sup>	<LOQ
Dondurulmuş Kabuk (1.ay) (RD <sub>1</sub> )	0,042±0,009 <sup>a</sup>	0,910±0,020 <sup>b</sup>	0,530±0,010 <sup>b</sup>	4,163±0,213 <sup>a</sup>	1,230±0,173 <sup>a</sup>
Dondurulmuş Kabuk (2.ay) (RD <sub>2</sub> )	0,043±0,005 <sup>a</sup>	1,060±0,034 <sup>a</sup>	0,593±0,011 <sup>a</sup>	4,173±0,077 <sup>a</sup>	0,716±0,005 <sup>b</sup>
Dondurulmuş Kabuk (3.ay) (RD <sub>3</sub> )	0,019±0,002 <sup>b</sup>	0,650±0,036 <sup>c</sup>	0,490±0,010 <sup>c</sup>	3,116±0,083 <sup>b</sup>	0,563±0,142 <sup>b</sup>

Aynı sütundaki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p≤0,05)

### 4.3.1 Yıkama (Y)

Yıkama, gıdaların işlenmesinde ön adımlardan biri olan işleme biçimidir. Musluk suyu altında portakallar yıkandığında %26-84 oranında bir azalma gözlenmiştir. Literatürde portakal için yapılan bir çalışmada, musluk suyuyla yıkamanın carbendazim, abamectin, imidacloprid, prochloraz ve cypermethrin kalıntılarını %43-85 arasında azalttığı tespit edilmiştir (Li ve ark. 2012). Domateslerde bulunan chlorothalonil, oxadixyl ve thiophanate-methyl kalıntıları, 10 sn boyunca yapılan yıkama işlemi ile sırasıyla %92, %52 ve %84 olarak azaldığı tespit edilmiştir (Kwon ve ark. 2015). Elde ettiğimiz sonuçlarla uyumlu olarak, literatürde yapılan diğer çalışmalarda da meyve ve sebzelerin gelişigüzel yıkanarak pestisit miktarlarının azaldığı raporlanmıştır (Bonnechere ve ark. 2012, Shiboob ve ark. 2014, Reiler ve ark. 2015). Bu çalışmada, suda çözünebilirlikleri (Çizelge 3.1) çok az olan abamectin, buprofezin ve etoxazole için düşük oranda bir azalma (%31-%38) sağlanırken, en yüksek orandaki azalma (%84) ise suda çözünürlüğü nispeten yüksek olan thiophanate-methyl için elde edilmiştir. Polat ve Tiryaki (2019) karpas biberinde bulunan çeşitli pestisit kalıntılarının azaltılması için uyguladıkları farklı yıkama işlemlerinin bu organik bileşenlerin suda çözünürlüğüne, oktanol-su katsayısına, uygulanan işleme ve süresine bağlı olduğunu gözlemlemiştir. Diğer taraftan, suda çözünürlüğü yüksek olan imazalil için çalışma sonucunda %26 oranında bir azalma sağlanmıştır. Benzer şekilde, Vass ve ark. (2015) limonda bulunan imazalil kalıntısının soğuk suyla yıkama işlemiyle sadece %2'sinin azaldığını gözlemlemiştir. Romeh ve ark. (2009) hasat edilen ürünün doğasının, son ürünlerdeki pestisit kalıntı miktarlarının değişiminde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Pestisitlerin meyvelerin yüzeyinde kuruyabildiklerini ve dış kısmındaki olası bir mumsu yapıya bağlanarak absorbe edilebildiklerini ortaya koymuşlardır. Bu bağlamda oktanol-su katsayısı yüksek olan (3,82) imazalilin sistemik etki mekanizması olmasına rağmen portakalın kabuğundaki yağlı tabakaya tutunarak, yıkama işlemiyle çok azalmadığı belirtilebilir.

### 4.3.2 Kabuk soyma ve meyve etinin ayrılması

Soyma, birçok meyve ve sebzelerin işlenmesinde önemli ve ilk adımdır. Meyvelerin ve bazı sebzelerin dış tabakalarını veya kabuklarını kesmek, ayırmak ve pestisit kalıntılarını azaltmak için etkili bir yöntemdir. Kimyasal, mekanik, buhar veya dondurucu soyma işlemlerinin pestisitlerin kimyasal niteliğine ve çevresel koşullara bağlı olarak,

kalıntılarını önemli ölçüde uzaklaştırılmasını sağlayabildiği de rapor edilmektedir (Kaushik ve ark. 2009, Chung 2018).

Portakal kabuğu analiz edildiğinde bütün portakala ait laboratuvar numunesinin analiz edilmesiyle elde edilen ortalama başlangıç derişimine göre %83-%270 oranında artış gösterdiği sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde limon kabuklarındaki kalıntı miktarlarının başlangıç derişimlerine göre tüm pestisitlerin için arttığı gözlenmiştir (Bkz. Çizelge 4.1 ve 4.2). Benzer şekilde literatürde limon kabuğu üzerine yapılan bir çalışmada, fenhexamid kalıntısının %43'ünün kabuktan albedo tabakasına geçtiğini ve sadece %18'inin buradan meyve etine geçiş yaptığı gözlenmiştir. Yapılan bu çalışma pestisit kalıntısının meyve etine düşük oranda geçiş yaptığı ve bu sonuca pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin ve meyve kabuklarının yapısının etkisinin olduğu belirtilmiştir (Calvaruso ve ark. 2018). Yine şeftali üzerine yapılan çalışmada chlorpyrifos-methyl, fenitrothion ve procymidone kalıntılarının (Balnova ve ark. 2006); portakalda imidacloprid, carbendazim, abamectin ve cypermethrin kalıntılarının (Li ve ark. 2012); domateste chlorothalonil, difenoconazole, azoxystrobin, thiophanate-methyl ve carbendazim kalıntılarının (Liu ve ark. 2014, Rodrigues ve ark. 2017) kabukta daha fazla oranda kaldığı gözlemiştir.

Bu araştırma kapsamında elde edilen bu sonuçlar pestisitlerin kabuk tabakasında kaldığı meyve etine doğru difüzyonunun az oranda gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Kalıntı miktarlarının artış gösterme sebepleri arasında pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri ve oktanol-su katsayısı ( $\log P_{O/W}$ ) olduğu düşünülmektedir (bkz. Çizelge 3.1). Liu ve ark. (2016) çalışmasında, turunçgil kabuklarında bulunan spirotetramat kalıntısının başlangıç derişimine göre arttığını bildirmişlerdir. Elde edilen bu sonuç, kütüküler bal mumunun meyve etine gerçekleşecek kalıntı difüzyonunu engellemesi olarak açıklanmıştır. Pestisitlerin balmumuna tutunduklarında (Han ve ark. 2014), fiziksel olarak meyve etine difüzyonlarının engellendiği (Kimbara ve ark. 2012) literatürde yapılan diğer çalışmalarda da bildirilmiştir (Holland ve ark. 1994, Boulaid ve ark. 2005, Kaushik ve ark. 2009, Kwon ve ark. 2015). Ayrıca işlenmemiş portakal ve limon numuneleri analiz edildiğinde numunenin tamamı (kabuk ve meyve eti dahil) homojen edilmesinden dolayı, işlenmemiş bütün portakalda bulunan pestisit kalıntı miktarı kabukta bulunana göre daha seyreklik olmaktadır. Elde edilen sonuçlara, portakal ve limon kabuğunun nem oranının

(17,65±0,1 g su/g kuru madde) bütün numunelere göre daha düşük olmasının da yol açtığı düşünülmektedir.

Portakal kabuklarının meyve etinden ayrılması sonucu meyve etinde abamectin ve etoxazole kalıntısı tespit edilemezken, buprofezin %57, imazalil %73, thiophanate-methyl %86 oranlarında azalma gözlenmiştir. Aynı şekilde limon meyve etinde abamectin ve etoxazole kalıntısı tamamen giderilirken, buprofezin %90, imazalil %95 ve thiophanate-methyl %97 oranında azalmıştır. Etoxazole kontak ve abamectin ise yarı sistemik bir pestisit olduğundan elde edilen sonuçların pestisitlerin etki mekanizması ile ilişkili olduğu sonucuna varılabilir. Diğer taraftan kontak etki mekanizmasına sahip, suda çözünürlüğü düşük ve logP<sub>O/W</sub> yüksek olan buprofezinin bu özelliklerine rağmen, meyve etine doğru belirli oranda difüzyona uğradığı da gözlenmiştir. Thiophanate-methyl ve imazalil sistemik bir pestisit olmasından dolayı ilaçlama yapıldıktan sonra kütle transferiyle meyve etine doğru daha çok difüzyon olması beklenirken portakal kabuklarının kalın olması ve ilaç uygulamasından bir gün sonra kabuk soyma işlemlerinin gerçekleşmesi bu sonucu doğrulduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan, benzer şekilde sistemik bir fungusit olan benomyl'in de papayadaki kalıntısı kabuk soyma işlemi ile %41 ila %83 arasında azalmıştır (Yolci-Ömeroğlu ve ark. 2015). Thiophanate-methyl rutin uygulamalarında son ilaç uygulaması ile hasat arasında üç gün geçmesi beklenirken, imazalil için yirmi bir gün beklenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, gerçek tarla denemesi ile yapılan çalışmalarda hasat edilene kadar geçen sürede kalıntı miktarı daha fazla azalacağından uygulanan işlemlerin kalıntı miktarının azaltma oranını da düşüreceği literatürde yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Özel ve Tiryaki 2018, Polat ve Tiryaki 2019).

Portakalda yapılan diğer bir çalışmada, bu çalışmadaki sonuçlarla uyumlu bir şekilde pestisit kalıntılarının çoğunlukla kabukta dağıldığı tespit edilmiştir. Imidacloprid, carbendazim, abamectin ve cypermethrin kalıntılarının yaklaşık %8 ila %18'nin yıkanmamış portakal meyve etinde bulunduğunu tespit etmişlerdir (Li ve ark. 2012). Soyulmuş domateslerde chlorothalonil için %96, oxadixyl için %60 ve thiophanate-methyl için %93'ün üzerinde azalma olduğu bildirilmiştir. Azalma oranına, pestisitlerin logP<sub>O/W</sub> değerlerinin etkisi olduğu belirtilmiştir (Kwon ve ark. 2015). Liu ve ark. (2014) çalışmasında domateslerin soyulmasıyla thiophanate-methyl %84,2 oranında azalma

gösterirken, metaboliti olan carbendazim %87 oranında azalma göstermiştir. Benzer şekilde farklı pestisit ve matriks kombinasyonlarında yapılan birçok çalışmalarda kabukların soyulmasıyla meyve etinde pestisit kalıntılarının azaldığını ve buna pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin etkisi olduğu vurgulanmıştır (Cengiz ve ark. 2006, Cengiz ve ark. 2007, Kaushik ve ark. 2009, Bonnechere ve ark. 2012, Boulaïd ve ark. 2012, Han ve ark. 2014, Andrade ve ark. 2015, Reiler ve ark. 2015).

### **4.3.3 Meyve suyu eldesi**

Meyve suyu eldesi, bitki dokularından meyve suyu çıkarma işlemidir. Hızlıca büyük miktarda meyve suyu tüketmek kolay ve genellikle tercih edilen bir yöntemdir. (Lozowicka ve ark. 2016). Bu çalışmada limon ve portakal meyvelerinin tamamından evsel işlemle meyve suyu elde edilmiş ve pestisit kalıntılarının işlenmiş numunedeki seviyeleri bu süreçte büyük ölçüde değişiklik göstermiştir.

Pestisit kalıntılarının meyvelerden meyve suyuna geçişi kabuk ve posada kalan miktarına ve pestisitlerin fiziko-kimyasal özelliklerine göre değişmektedir. Pestisitlerin meyve suyu eldesi işlemi, santrifüjleme veya filtreleme gibi berraklaştırma işlemleri ile de kalıntı miktarında azalma sağlanmaktadır (Kaushik ve ark. 2009, Dordevic ve Durovic-Pejcev 2016a).

Çizelge 4.1’de sunulduğu gibi portakal meyvelerinden evsel yöntemle meyve suyu elde edilmesinde abamectin ve etoxazole kalıntısı tespit edilmezken, buprofezin, imazalil ve thiophanate-methyl kalıntıları sırasıyla %93, %79 ve %63 oranında azalmıştır. Benzer şekilde, bu çalışmada polar olmayan bileşikler ( $\log P_{O/W} \geq 4.4$ , bkz. Çizelge 3.1) için limon suyunda abamectin ve etoxazole kalıntılarının tamamen yok olduğu gözlenmişken (Çizelge 4.2), buprofezin, imazalil ve thiophanate-methyl kalıntılarının limon suyunda sırasıyla %86, %92 ve %90 oranında azaldığı gözlenmiştir. Çalışmada en yüksek azalma suda çözünürlüğü az olan pestisitlerde (abamectin ve etoxazole) görülürken, suda en yüksek çözünürlüğe sahip pestisitlerin (thiophanate-methyl ve imazalil) meyve suyunda kalıntı bırakabildiği tespit edilmiştir. Bu sonuç, pestisit kalıntılarının suda çözünürlüklerine (Özel ve Tiryaki 2018) bağlı olarak meyve kabuğu/pulp ile meyve suyu arasındaki dağılımına dayandırılabilir.

Benzer şekilde Li ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada da portakaldan portakal suyu eldesinde imidacloprid, abamectin, cypermethrin ve prochloraz kalıntılarının sırasıyla %47, %46, %95 ve %81 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca Athanasopoulos ve Pappas (2000) tarafından yapılan çalışmada limon suyunda azinphos-methyl kalıntısı tespit edilememiştir. Bunun nedeni olarak azinphos-methyl kalıntısının limonun flavedo ve albedo bölümüne nüfuz etmemesi olarak açıklanmıştır.

Hendawi ve ark. (2013) yaptığı çalışmada çilek suyunda imidacloprid kalıntısını incelemiştir. İşlenmemiş çilek meyvesiyle kıyaslama yapıldığında, imidacloprid kalıntısı çilek suyunda ilaçlamadan sonra gerçekleşen hasat süresine bağlı olarak %25-%33 oranında azaldığı gözlenmiştir. Bu azalmaya, imidaclopridin suda çözünürlüğünün (514 µg/mL) ve oktanol-su katsayısının (2,7) etken olduğu belirtilmiştir. Meyve etinin genellikle lipofilik özellikteki pestisitleri tuttuğunu meyve etinden meyve suyuna difüzyonla geçiş yapmasına engel olduğu ve ayrıca filtrasyon ve berraklaştırma işlemi ile derişiminin daha da azaldığı belirtilmiştir.

Literatürde yapılan diğer çalışmalarda da meyve suyu eldesinde, pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerine bağlı olduğunu ve kalıntılarının azalma gösterdiğini bildirmişlerdir (Rasmussen ve ark. 2003, Martin ve ark. 2013, Kwon ve ark. 2015, Li ve ark. 2015, Lozowicka ve ark. 2016, Hassan ve ark. 2018).

#### **4.3.4 Rendelenerek dondurma işlemi**

Dondurma işlemi, gıda kalitesi üstüne etkili olan kimyasal reaksiyonları yavaşlattığı için yaygın olarak kullanılan bir gıda koruma yöntemidir ve gıdalarda tat, doku ve besin değerinin diğer yöntemlere nazaran daha iyi korunmasına olanak vermektedir (Kaushik ve ark. 2009). Portakal ve limon kabukları, atıkların değerlendirilmesi, kabuğun raf ömrünün fizikokimyasal yapısında bozukluklar oluşmadan artırılması ve pastacılık ürünlerinde kullanmak üzere evsel veya ticari dondurma işlemleriyle saklanmaktadır. Dondurma işlemiyle aromaları daha iyi korunmaktadır.

Yapılan bu çalışmada rendelenmiş portakal ve limon kabuklarında bulunan pestisit kalıntıları başlangıç seviyelerine göre istatistiki olarak farklılık göstermektedir ( $p < 0,05$ ) ve derişim olarak daha yüksek seviye elde edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan

meyve kabukları rendelendiği zaman kabuk kısmının üst tabakası rendelenmek için kullanılmıştır, “kabuk soyma (S)” işleminde ise kabuklar, mezokarp kısmından meyve etinden ayrılmıştır. Dolayısıyla rendelenmiş kabukta bulunan kalıntı miktarları Çizelge 4.1 ve 4.2’ de sunulan “kabuk soyma (S)” işleminin sonrası elde edilen kabuktaki kalıntı miktarından daha yüksektir. Ancak bu fark etoxazole, imazalil, thiophanate-methyl için istatistiki olarak anlamlıyken ( $p < 0,05$ ), abamectin ve buprofezin de istatistiki olarak ( $p > 0,05$ ) anlamsızdır.

Ayrıca üç ay boyunca depolanan dondurulmuş portakal ve limon kabuklarının depolama süresi uzadıkça pestisit kalıntılarının azaldığı gözlenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda da pestisit kalıntılarının, azalan sıcaklıklarla değiştiği ve muhtemelen işleme sırasında azaldığı bildirilmiştir (Bouzari ve ark. 2015, Hamilton ve ark. 2004). Benzer şekilde, Ögüt ve ark. (2014) donmuş kirazlardaki diazinon, parathion-methyl, captan, methidathion, cypermethrin ve deltamethrin kalıntılarının depolama süresince azaldığını raporlamışlardır. Başka bir çalışmada, kabaklar dondurulduktan sonra ve depolama süresince imidacloprid, diethofencarb, trifloxystrobin ve myclobutanil kalıntıları incelenmiştir. 15 ve 30 gün depolamanın sonucunda dondurulmuş kabakların trifloxystrobin ve myclobutanil kalıntılarında önemli bir değişiklik gözlenmezken, imidacloprid kalıntısında artış, diethofencarb kalıntısında azalma göstermiştir (Oliva ve ark. 2017). Yapılan diğer çalışmalarda da depolama süresi arttıkça dondurulmuş ürünlerde pestisit kalıntılarının azaldığını bildirmişlerdir (Abou-Arab 1999, Chauhan ve ark. 2012a, Chauhan ve ark. 2012b, Oliva ve ark. 2017)

#### **4.3.5 Reçele işleme**

Reçel ve marmelat, meyvelerin yüksek oranda şekerle ısı ile işleme tabi tutularak dayanıklı hale getirildiği ürünlerdir. Portakal ve limon reçelinde abamectin, etoxazole ve thiophanate-methyl kalıntısı tespit edilmezken, buprofezin ve imazalil’de başlangıç derişimlerine kıyasla portakalda %90-92 ve limonda ise %94-95 oranlarında azalma gözlenmiştir. Çalışma kapsamında portakalın ve limonun reçele işlenmesi amacıyla, ön işlem olarak haşlama işlemi gerçekleştirilmiş ve haşlama suyu üç defa atıldıktan sonra son aşamada taze su ve şeker ilavesiyle pişirilme gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla pestisit kalıntı miktarlarının azalması; suda çözünen pestisitlerin üç defa değiştirilen sıcak haşlama suyuyla birlikte uzaklaştırılmasıyla (Kaushik ve ark. 2009, Dordevic ve Durovic-

Pejcev 2016a), uygulanan ısıl işlem sırasında gerçekleşen buharlaşmayla, ısıl bozulmayla ve ısıl işlemde uygulanan sıcaklık ve süre parametrelerinin etkisiyle açıklanabilir (Bajwa ve Sandhu 2014, Lozowicka ve ark. 2016). Hendawi ve ark. (2013) çileğin reçele işlenmesi ile imidacloprid kalıntısının yaklaşık %15 civarlarında azaldığını raporlamışlardır. Ancak yapılan bu çalışmada çileğin işlenmesi için bu çalışma kapsamında uygulanan bir haşlama ve haşlama suyunun atılması aşaması gerçekleşmemiştir. Lozowicka ve ark. (2016) kara frenk üzüm reçelinde yaptığı çalışmada, thiophanate-methyl kalıntısının %82 oranında en fazla, difenoconazole'ın %29 oranla en düşük oranda azaldığını ortaya koymuşlardır. Yapılan bir diğer çalışmada, turuncgil marmelatında spirotetramat ve metaboliti olan dört farklı pestisit B-enol, B-glu, B-mono ve B-keto kalıntılarında inceleme yapılmıştır. Marmelatta B-keto kalıntısı başlangıç derişimine göre %68 azalırken diğer tüm pestisitler tamamen giderildiği bulunmuştur (Liu ve ark. 2016). Dolayısıyla reçel pişirme tekniğine ve üründeki pestisit kalıntısının fizikokimyasal yapısına göre başlangıç derişiminin azalmasında farklılık oluşabileceği belirtilebilir.

#### **4.4 Farklı Yıkama İşlemlerinin Pestisit Kalıntı Giderimindeki Etkinliği**

Yıkama hem ev hem de ticari hazırlıkta ön adım olan en yaygın işleme şeklidir. Biyolojik kalıntıları ve pestisit kalıntılarını gidermek için evde meyve ve sebzelerin yıkanması gerekmektedir (Rodrigues ve ark. 2017). Portakalın farklı yıkama teknikleri ile muamelesiyle abamectin, buprofezin, etoxazole, imazalil ve thiophanate-methyl kalıntılarında oluşan değişim Çizelge 4.3 ve Şekil 4.7' de sunulmuştur.

##### **4.4.1 Soğuk su ile yıkama (Y<sub>1</sub>)**

Soğuk suda (Y<sub>1</sub>) yıkama işlemlerinin pestisit kalıntıları üzerine etkisi incelendiğinde %3-68 arasında azaldığı gözlenmiştir. Abamectin ve etoxazolün yıkama işleminden sonraki derişimi başlangıç derişiminden istatistiki olarak farksız ( $p>0.05$ ) olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla azalma oranları diğer pestisitlere kıyasla daha az olmuştur ve sırasıyla %3 ve %9 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.7). Benzer şekilde, bu iki pestisit evsel yıkama işlemi (Y) (Bölüm 4.3.1) sonrasındaki azalma oranları da (%37 ve %38) diğer pestisitlere nazaran daha düşük elde edilmiştir, ancak Y koşullarında elde edilen azalma oranı Y<sub>1</sub> şartlarında elde edilene kıyasla daha yüksek olmuştur (%31-38). Bu sonuç evsel yıkama

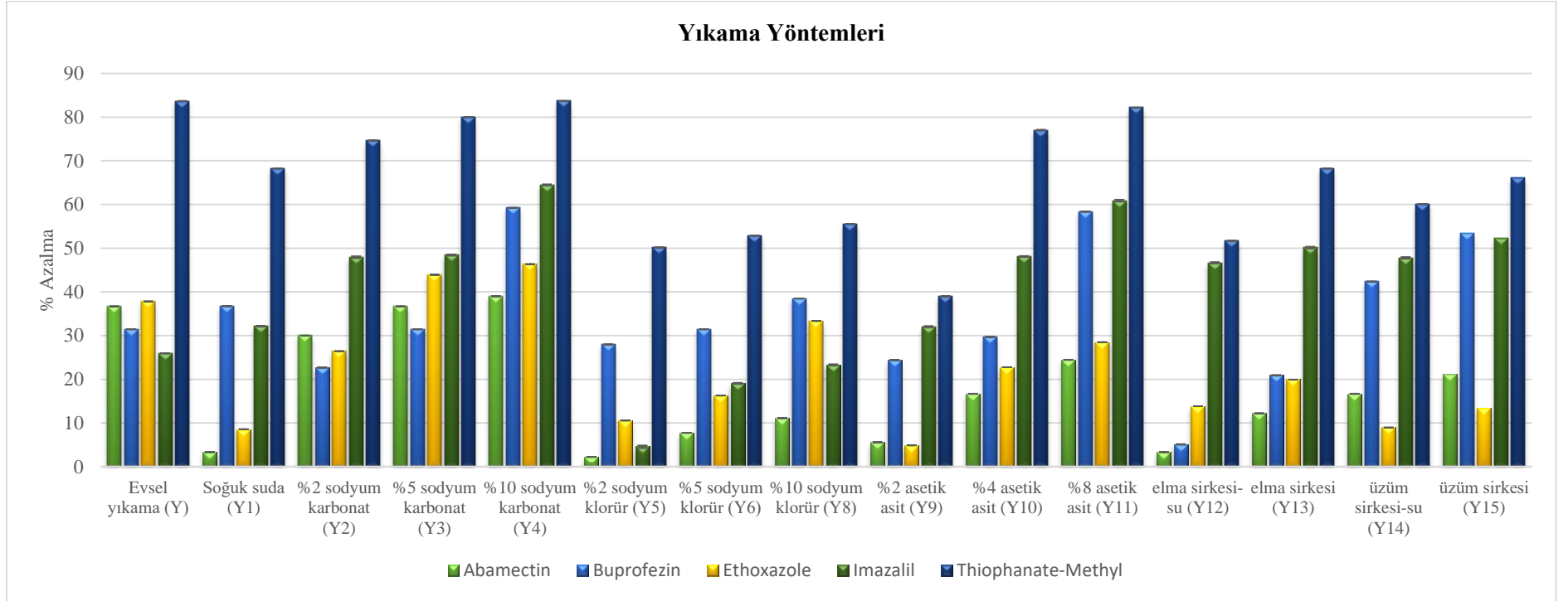


işleminde (Y) uygulanan ovalama işleminin etkinliğini ortaya koymaktadır. Her iki yıkama tekniğinde de thiophanate-methyl en yüksek oranda kalıntısı azalan pestisit olarak gözlenmiştir.

**Çizelge 4.3.** Portakal numunelerinde farklı yıkama tekniklerinin pestisit kalıntı miktarlarına etkisi (Her bir işlem 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir)

Pestisitler (mg/kg)					
Uygulanan İşlemler	Abamectin	Buprofezin	Etoxazole	Imazalil	Thiophanate-methyl
İşlemsiz (IK)	0,030±0,004 <sup>a</sup>	0,189±0,047 <sup>a</sup>	0,082±0,025 <sup>a</sup>	2,113±0,475 <sup>a</sup>	0,110±0,030 <sup>a</sup>
Soğuk Suda (Y <sub>1</sub> )	0,029±0,003 <sup>a</sup>	0,120±0,010 <sup>c</sup>	0,075±0,013 <sup>a</sup>	1,433±0,041 <sup>bc</sup>	0,035±0,005 <sup>b</sup>
% 2 Sodyum Karbonat (Y <sub>2</sub> )	0,021±0,002 <sup>b</sup>	0,147±0,015 <sup>b</sup>	0,060±0,013 <sup>a</sup>	1,100±0,040 <sup>c</sup>	0,028±0,003 <sup>bc</sup>
% 5 Sodyum Karbonat (Y <sub>3</sub> )	0,019±0,001 <sup>b</sup>	0,130±0,017 <sup>bc</sup>	0,046±0,003 <sup>b</sup>	1,090±0,035 <sup>c</sup>	0,022±0,003 <sup>c</sup>
% 10 Sodyum Karbonat (Y <sub>4</sub> )	0,018±0,002 <sup>b</sup>	0,077±0,002 <sup>d</sup>	0,044±0,010 <sup>b</sup>	0,750±0,017 <sup>d</sup>	0,018±0,001 <sup>d</sup>
% 2 Sodyum Klorür (Y <sub>5</sub> )	0,029±0,006 <sup>a</sup>	0,137±0,020 <sup>bc</sup>	0,073±0,009 <sup>a</sup>	2,017±0,075 <sup>a</sup>	0,055±0,013 <sup>ab</sup>
% 5 Sodyum Klorür (Y <sub>6</sub> )	0,028±0,002 <sup>a</sup>	0,130±0,017 <sup>bc</sup>	0,069±0,015 <sup>a</sup>	1,710±0,043 <sup>b</sup>	0,052±0,008 <sup>ab</sup>
% 10 Sodyum Klorür (Y <sub>7</sub> )	0,026±0,003 <sup>a</sup>	0,117±0,020 <sup>c</sup>	0,055±0,012 <sup>ab</sup>	1,620±0,027 <sup>b</sup>	0,049±0,007 <sup>ab</sup>
% 2 Asetik Asit (Y <sub>8</sub> )	0,028±0,007 <sup>a</sup>	0,143±0,005 <sup>b</sup>	0,078±0,008 <sup>a</sup>	1,437±0,046 <sup>bc</sup>	0,067±0,009 <sup>b</sup>
% 4 Asetik Asit (Y <sub>9</sub> )	0,025±0,001 <sup>a</sup>	0,133±0,025 <sup>bc</sup>	0,063±0,014 <sup>a</sup>	1,097±0,026 <sup>c</sup>	0,025±0,004 <sup>c</sup>
% 8 Asetik Asit (Y <sub>10</sub> )	0,023±0,004 <sup>a</sup>	0,079±0,003 <sup>d</sup>	0,059±0,014 <sup>ab</sup>	0,827±0,018 <sup>d</sup>	0,019±0,004 <sup>d</sup>
Elma Sirkesi-Su (Y <sub>11</sub> )	0,029±0,007 <sup>a</sup>	0,220±0,028 <sup>b</sup>	0,075±0,007 <sup>a</sup>	1,127±0,039 <sup>c</sup>	0,053±0,005 <sup>b</sup>
Elma Sirkesi (Y <sub>12</sub> )	0,026±0,002 <sup>a</sup>	0,150±0,017 <sup>b</sup>	0,066±0,011 <sup>a</sup>	1,053±0,026 <sup>cd</sup>	0,035±0,004 <sup>b</sup>
Üzüm Sirkesi-Su (Y <sub>13</sub> )	0,025±0,004 <sup>a</sup>	0,109±0,013 <sup>c</sup>	0,075±0,013 <sup>a</sup>	1,103±0,024 <sup>c</sup>	0,044±0,004 <sup>b</sup>
Üzüm Sirkesi (Y <sub>14</sub> )	0,024±0,004 <sup>a</sup>	0,088±0,009 <sup>cd</sup>	0,071±0,018 <sup>a</sup>	1,007±0,015 <sup>cd</sup>	0,037±0,004 <sup>b</sup>

Aynı sütundaki farklı küçük harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark vardır ( $p \leq 0.05$ ).



**Şekil 4.7.** Farklı yıkama yöntemlerinin pestisit kalıntılarının miktarları üzerine etkisi

Benzer şekilde, başka bir portakal çalışmasında thiabendazole ve imazalil kalıntılarının soğuk suda yıkanmasının sırasıyla %14 ve %38 oranında azalma tespit edilmiştir (Kruve ve ark. 2007). Bezelyelerin soğuk suda yıkanmasıyla maneb kalıntılarının %55 azalma görülmüştür (Marshall 1982). Bu bulgularla elde edilen verilerimizin sonuçları benzerlik göstermektedir. Aynı şekilde Kruve ve ark. (2007) portakalları soğuk suda yıkayarak imazalil kalıntısının %38 oranında azaldığını söylemiş ve bu bulgular elde ettiğimiz sonuçlarla benzer şekildedir.

#### **4.4.2. Sodyum karbonat çözeltisi ile yıkama (Y<sub>2</sub>-Y<sub>4</sub>)**

Sodyum karbonat çözeltileri ile yıkama uygulamaları, meyve ve sebzelerden pestisit kalıntılarının giderilmesinde tercih edilen yöntemler arasındadır (Satpathy ve ark. 2012; Abdullah ve ark. 2016a). Sodyum karbonat ile yıkama uygulamalarının sırasıyla (Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub> ve Y<sub>4</sub>) işlemlerinde tüm pestisit kalıntıları başlangıç derişimlerine kıyasla istatistiki olarak önemli düzeyde (etoxazole'ün Y<sub>2</sub> derişimde elde edilen sonucu hariç) azalmıştır (p<0,05). Pestisit kalıntılarının azalma oranları abamectin, etoxazole, imazalil ve thiophanate-methyl için sırasıyla %30-39, %22-59, %26-46, %47-48-64 ve %74-80-84 aralığında olduğu gözlenmiştir. En yüksek azalma imazalil ve thiophanate-methyl kalıntılarında elde edilmiştir. Bu sonuç pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri ile açıklanabilir, ayrıca sodyum karbonatın kimyası gereği etki mekanizması fungusit olan pestisitleri daha fazla azalttığı da literatürde belirtilmiştir (Palou ve ark. 2002, Schirra ve ark. 2008).

Çalışmadan elde edilen bulgulara benzer şekilde Satpathy ve ark. (2012) araştırmasında patlıcanda chlorpyrifos, fenitrothion ve malathion kalıntılarının %0,1 sodyum karbonat ile muamele edilmesinin sonucunda sırasıyla %75, 82 ve 87 oranlarında azalma göstermişlerdir. Domateslerde bulunan myclobutanil, boscalid vefenhexamid kalıntılarının %5 sodyum karbonatlı yıkama işlemi sonucu sırasıyla %28, 51 ve 53 oranlarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir (Ghani ve ark. 2010).

Sodyum karbonatlı yıkama işlemlerinde derişim arttıkça pestisit kalıntılarında doğrusal azalma gözlenmiştir. Bu çalışmaya benzer şekilde, Abdullah ve ark. (2016a) tarafından yapılan çalışmada, ıspanağın %4, %7 ve %10 derişimindeki sodyum karbonat ile yıkanması sonucunda imidacloprid ve acetamaprid kalıntılarının sırasıyla %27-32-41 ve

%29-34-43 oranlarında artan derişim oranıyla azaldığını bildirmişlerdir. Amir ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, ıspanakta bulunan deltametrin ve chlorpyrifos kalıntılarının sodyum karbonatlı yıkama işlemlerinin artmasıyla doğrusal bir şekilde azaldığı gözlenmiştir. Deltamethrin kalıntısı %2 derişimindeki sodyum karbonatlı yıkama işlemi sonucunda %12 oranında azalırken, %10'luk derişimde %74 oranıyla en yüksek azalma oranı elde edilmiştir. Aynı şekilde chlorpyrifos kalıntısı %2'lik derişimde %28 azalırken, %10'luk derişimde %86 oranında azalma göstermiştir.

#### **4.4.3. Sodyum klorür çözeltisi ile yıkama (Y<sub>5</sub>-Y<sub>7</sub>)**

Sodyum klorür ile yıkama uygulamaları, meyve ve sebzelerde bulunan pestisit kalıntılarının azalmasında kullanılan diğer bir yıkama şeklidir (Abou-Arab 1999, Abdullah ve ark. 2016b, Banshtu ve Patyal 2018). Çalışma kapsamında, sodyum klorür ile yıkama uygulamalarını içeren Y<sub>5</sub>, Y<sub>6</sub> ve Y<sub>7</sub> işlemlerinde abamectin, buprofezin, etoxazole, imazalil ve thiophanate-methyl kalıntıları sırasıyla %2-11, %28-38, %10-33, %4-23 ve %50-55 oranlarında azalma göstermiştir. Sodyum klorürlü yıkama işlemlerinde derişim arttıkça tüm pestisit kalıntılarında da doğrusal azalma gözlenmekle beraber istatistiki olarak anlamlı derecede farklılık ( $p < 0,05$ ) buprofezin, etoxazole ve imazalil'de görülmüştür.

Literatürde yer alan bir çalışmada, karnabaharda endosülfan kalıntısının %4-7-10 derişimindeki sodyum klorür ile yıkama işlemi sonucunda %15-22-29 oranlarında azalma tespit etmişlerdir (Abdullah ve ark. 2016b). Aynı şekilde Liang ve ark. (2012) çalışmasında salatalıkların %2 ve %5 derişimindeki sodyum klorür ile 20 dk yıkama işleminden sonra fenitrothion kalıntısında %31 ve %51 oranında, dimethoate kalıntısında %50 ve %65 oranında ve chlorpyrifos kalıntısında %66 ve %69 oranında azalma tespit etmişlerdir. Amir ve ark. (2019) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, ıspanağın %2-4-6-8-10 derişimindeki sodyum klorürlü yıkama işlemine tabi tutulmasıyla deltamethrin ve chlorpyrifos kalıntılarının azaldığı gözlenmiştir. Deltametrin ve chlorpyrifos kalıntılarının en düşük azalma oranı, %2 derişiminde sodyum klorürle yıkanan ıspanakta sırasıyla %12 ve %26 olarak tespit edilmiştir. %10'luk yıkama solüsyonuna tabi tutulan ıspanakta, her iki pestisit için en yüksek azalma oranı (%70'ten büyük) elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, literatürde yer alan sonuçlarla uyumlu olduğu belirtilebilir.

#### 4.4.4. Asetik asit çözeltisi ve sirke ile yıkama (Y<sub>8</sub>-Y<sub>14</sub>)

Asetik asit, elma sirkesi ve üzüm sirkesi içeren solüsyonlarla yıkama işlemi, pestisit kalıntılarının azaltılmasında uygulanan bir yöntemdir (Liang ve ark. 2012, Osman ve ark. 2014, Andrade ve ark. 2015). Asetik asit ile yıkama uygulamalarının sırasıyla Y<sub>8</sub>, Y<sub>9</sub> ve Y<sub>10</sub> işlemlerinde abamectin (%5-16-24), buprofezin (%24-29-58), etoxazole (%4-22-28), imazalil (%32-48-60) ve thiophanate-methyl (%38-77-82) kalıntılarında başlangıç seviyelerine kıyasen azalma gözlenmiştir. Elma sirkesi-su karışımıyla (1:1 v/v) (Y<sub>11</sub>) ve %100 elma sirkesiyle (Y<sub>12</sub>) yıkanan portakallarda, abamectin, buprofezin, etoxazole, imazalil ve thiophanate-methyl kalıntılarının sırasıyla %3-12, %5-21, %13-20, %46-50, ve %51-68 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde, üzüm sirkesi-su karışımı (1:1, v/v) (Y<sub>13</sub>) ve %100 üzüm sirkesi (Y<sub>14</sub>) ile yıkama işlemlerinin abamectin (%16-21), buprofezin (%42-53), etoxazole (%8-13), imazalil (%47-52) ve thiophanate-methyl (%60-66) kalıntılarını azalttığı sonucuna varılmıştır. Diğer bir taraftan, çalışma kapsamındaki pestisitlerin kalıntı miktarları, asetik asit ve sirke bazlı yıkama işlemleri sonucunda azalsa da abamectin ve etoxazol'de bu azalma istatistik olarak anlamlı düzeyde farklı bulunmamıştır (p>0,05).

Literatürde yapılan çalışmalarda da asit uygulamasının pestisit giderimde etkin bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur. Randhawa ve ark. (2014), %9 asetik asit uygulaması sonucu primophos-methyl kalıntılarının biberde %68, salatalıkta ise %83 oranında azaldığını ortaya koymuşlardır. Polat ve Tiryaki (2019) tarafından gerçekleştirilen güncel bir çalışmada, kapyra biberlere 2 dk ve 5 dk %9'lük asetik asit uygulaması sonucu acetamiprid, chlorpyrifos, formetanate hydrochloride kalıntılarının pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerine ve muamele zamanına bağlı olarak %4 ile %60 arasında azaldığını raporlamışlardır. Artan işlem süresinin azalma oranını artırdığı sonucuna da varmışlardır.

Benzer şekilde, domateslerin %4'lük sirke ile yıkanmasında malathion, profenophos ve chlorpyrifos kalıntılarının sırasıyla %19, %34 ve %59 oranında azalma olduğu rapor edilmiştir (Harinathareddy ve ark. 2014). Domates üzerine yapılan bir diğer çalışmada, %10 sirke ile yıkama işlemi sonucu diflubenzuron %41, procymidone %43, acetamiprid %93 oranında azalırken, fipronil kalıntısında ise artış görülmüştür. Elde edilen bu sonucun pestisitlerin fizikokimyasal özellikleriyle ve etki mekanizmasıyla

açıklanamayacağı belirtilmiştir ve sirke kullanımının domates matrisinin yapısında meydana getirdiği değişikliğe dayandırılabilceği sonucuna varılmıştır (Andrade ve ark. 2015). Üzümlerin %4 sirke ile yıkanması sonucu chlorpyrifos, profenophos ve malathion kalıntıları sırasıyla %37, %60 ve %70 oranında azalmıştır (Harinathareddy ve ark. 2015).

Ayrıca çalışma kapsamında elde edilen verilere göre asitli yıkamaların derişimleri arttıkça, pestisit kalıntı miktarlarındaki azalma oranı da kademeli olarak artış göstermiştir. Benzer şekilde, Zhang ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, kabakların asetik asit ile yıkanmasında chlorpyrifos, p,p-DDT, cypermethrin ve chlorothalonil kalıntılarının azalma oranlarının artan derişim ile kademeli olarak arttığı rapor edilmiştir.

#### **4.4.5. Pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin yıkama işlemleri üzerine etkisi**

Yıkama işlemleri sırasında pestisit kalıntılarının azaltılmasına, pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri arasında yer alan log  $P_{O/W}$  ve suda çözünürlüğün etkisi olduğu literatürde yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Amir ve ark. 2019) ve bu husus evsel yıkama (Y) işlemine tabi tutulan portakalların açıklandığı (4.3) bölümde detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Tüm yıkama işlemleri sırasında en yüksek azalma oranı thiophanate-methyl için elde edilmiştir. Thiophanate-methyl, oktanol-su arasındaki difüzyonu ortaya koyan en düşük log $P_{O/W}$  değerine sahiptir. Buna bağlı olarak; portakalın yağlı dış yüzeyine pestisit çok fazla tutunmadan suda çözünürlüğünün de etkisi ile güçlü bir şekilde yıkama işlemi ile derişimi azaltılmıştır. En düşük suda çözünürlüğe sahip olan pestisitlerden biri olan abamectin, bu özelliği ile ilişkili bir şekilde Y, Y<sub>1</sub> ve Y<sub>3</sub> uygulaması hariç tüm yıkama işlemlerinde en az azalma oranına sahip olmuştur. Diğer taraftan pestisit yüksek suda çözünürlüğe sahip olması pestisit uzaklaştırılmasında her zaman için aynı etkiye sahip olmadığı bilinmektedir (Polat ve Tiryaki 2019). Nitekim yüksek suda çözünürlüğe sahip imazalil, aynı zamanda yüksek log $P_{O/W}$  değerine sahip olduğundan portakalın balmumu katmanlarına nüfuz ettiği düşünülmektedir (Abou-Arab 1999). Dolayısıyla, suda çözünürlüğü daha düşük olan thiophanate-methyl'den daha az azalma oranı göstermiştir.

Pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri ile yıkama işlemleri arasındaki ilişki incelendiğinde (Çizelge 4.4) en yüksek korelasyonu logP<sub>ow</sub> değeri vermektedir. Ortaya çıkan negatif korelasyon doğrusal ama ters ilişki olduğunu ortaya koymaktadır.

**Çizelge 4.4.** Pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin farklı yıkama teknikleri ile pestisit zalatma oranına etkisinin incelenmesi

	Suda çözünürlük	Buhar basıncı	logP <sub>ow</sub>	Henry sabiti <sup>1</sup>
<b>Pearson Korelasyon Katsayısı</b>				
Soguksuda yıkama (Y <sub>1</sub> )	0,18	0,13	-0,92*	-0,41
%2 sodyum karbonat (Y <sub>2</sub> )	0,33	0,10	-0,86	-0,58
%5 sodyum karbonat (Y <sub>3</sub> )	0,15	-0,08	-0,78	-0,32
%10 sodyum karbonat (Y <sub>4</sub> )	0,32	0,25	-0,88	-0,37
%2 sodyum klorür (Y <sub>5</sub> )	-0,29	-0,32	-0,81	-0,14
%5 sodyum klorür (Y <sub>6</sub> )	-0,08	-0,13	-0,87	-0,22
%10 sodyum klorür (Y <sub>7</sub> )	-0,20	-0,22	-0,65	-0,12
%2 asetik asit (Y <sub>8</sub> )	0,50	0,46	-0,86	-0,55
%4 asetik asit (Y <sub>9</sub> )	0,35	0,20	-0,89*	-0,46
%8 asetik asit (Y <sub>10</sub> )	0,35	0,32	-0,88*	-0,46
Elma sirkesi-su (Y <sub>11</sub> )	0,65	0,48	-0,68	-0,43
Elma sirkesi (Y <sub>12</sub> )	0,50	0,34	-0,82	-0,47
Üzüm sirkesi-su (Y <sub>13</sub> )	0,43	0,41	-0,89*	-0,62
Üzüm sirkesi (Y <sub>14</sub> )	0,37	0,38	-0,89*	-0,57

\* Korelasyon istatistiksel olarak anlamlıdır

<sup>1</sup> Henry sabiti yarı uçucu bileşikler hava-su arasındaki dağılım oranını vermektedir

Diğer taraftan Yiğit ve Velioglu (2019), yıkama işlemleri ile pestisit kalıntılarının azaltılmasındaki etmenler arasında fizikokimyasal özelliklerin yanısıra pestisit numunedeki dağılımının da etkisi olduğunu vurgulamıştır. Sistemik bir pestisit meyvenin suyuna nüfuz edeceğinden yıkama işlemleri ile giderimi kolay olmayacağı gibi, kabukta tutunan kontak özellikli pestisitlerin de suda çözünürlüğü düşük ve polar özellikte olması durumunda yıkama işlemi ile kolayca başlangıç derişimi azaldığı belirtilmektedir.

#### **4.4.6 Farklı yıkama işlemlerinin (Y, Y<sub>1</sub>-Y<sub>14</sub>) karşılaştırılması**

Çalışma kapsamında, soğuk suyunun tek başına veya farklı asidik, alkali ve nötr çözeltilerle kombinasyonu halinde olması pestisit kalıntılarını azaltmak için etkili olduğu görülmüştür. Bir yıkama solüsyonu olarak kullanılan ve bir tuz çözeltisi durumunda olan sodyum klorür, sodyum karbonata kıyasla daha az bir azalma sağlamıştır. Sodyum karbonat genel anlamıyla en yüksek pestisit kalıntı giderimini sağlamakla beraber %10'luk derişiminin en etkili yöntem olduğu gözlenmiştir. Asidik çözeltilerden, %8 derişimli asetik asit, elma (%4 asetik asit) ve üzüm sirkesine (%4 asetik asit) kıyasla pestisit kalıntılarının giderilmesinde güçlü bir tutum sergilemiştir, çünkü %8'lik asetik asit, pestisit kalıntılarını giderilmesinde şelatlama maddesi olarak daha fazla güce sahiptir (Amir ve ark. 2019). Ancak elma (%4 asetik asit) ve üzüm sirkesinin (%4 asetik asit) pestisit giderimindeki etkisi ile %4'lük asetik asit solüsyonunun oluşturduğu etki arasında istatistiksel olarak fark olmadığı ( $p>0,05$ ) sonucuna varılmıştır.

Sonuç itibariyle, bu çalışma kapsamında yıkama çözeltilerinin derişimleri arttıkça pestisit kalıntı seviyelerinin daha fazla azaldığı ortaya çıkmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, Andrade ve ark (2015) tarafından domatesin yıkanması üzerine yapılan bir çalışmada elde edilen bulgular ile ve diğer literatürdeki çalışmalarla tutarlı olmuştur (Mee-Kin ve Huat 2010, Liang ve ark. 2012, Abdullah ve ark. 2016a,b, Amir ve ark. 2019).

#### **4.5. Kurutma Yöntemlerinin Pestisit Kalıntıları Üstüne Etkisi**

Literatürde yapılan çalışmalarda kurutma işlemlerinin pestisit kalıntısı seviyelerini etkilediği ortaya konulmuştur (Wang ve ark. 2003, Zhao ve ark. 2017a). Kurutma işlemleri, gıda sektöründe önemli bir yere sahip olmasına rağmen, bu işlemin pestisit kalıntılarında yaratacağı etkiler yıkama, pişirme, soyma, öğütme veya fırınlama gibi diğer işlem adımlarına kıyasla çok az çalışılmıştır (Noh ve ark. 2015). Bölüm 4.5.1'de, bu yöntemlerin kinetiği, 4.5.2-4.5.4'te bu kurutma işlemlerinin pestisit kalıntıları üstüne olan etkisi irdelenmiştir.



#### 4.5.1. Kurutma yöntemlerinin kinetiği

Kurutma en eski ve en yaygın koruma yöntemlerinden biridir, çünkü su aktivitesini azalttığı için nem kaynaklı bozulma reaksiyonlarının çoğunu en aza indirgenmektedir (Alasalvar ve Shahidi, 2013a,b). Tarımsal ürünlerin kurutma işlemleri (güneşte kurutma, havayla kurutma, fırında kurutma, vakumla kurutma, püskürtmeli kurutma, akışkan yatak kurutma, dondurarak kurutma ve mikrodalga kurutma) ürünün nem oranını azaltarak raf ömrünü uzatmaktadır (M'hiri ve ark. 2016). Bu çalışma kapsamında boylamasına kesilmiş portakal dilimleri sıcak hava, mikrodalga ön ön işlemlilişlemlili sıcak hava, vakum ve mikrodalga ön işlemlili vakum olmak üzere dört temel kurutma yöntemiyle farklı sıcaklık ve basınç kombinasyonlarındaki 18 koşulda kurutulmuşlardır (Çizelge 4.5). Bu koşullarda kurtulan portakal dilimlerinin son nemleri ve kurutma süreleri Çizelge 4.5'de, ayrıca zaman karşı nem grafikleri de Şekil 4.8'de sunulmuştur.

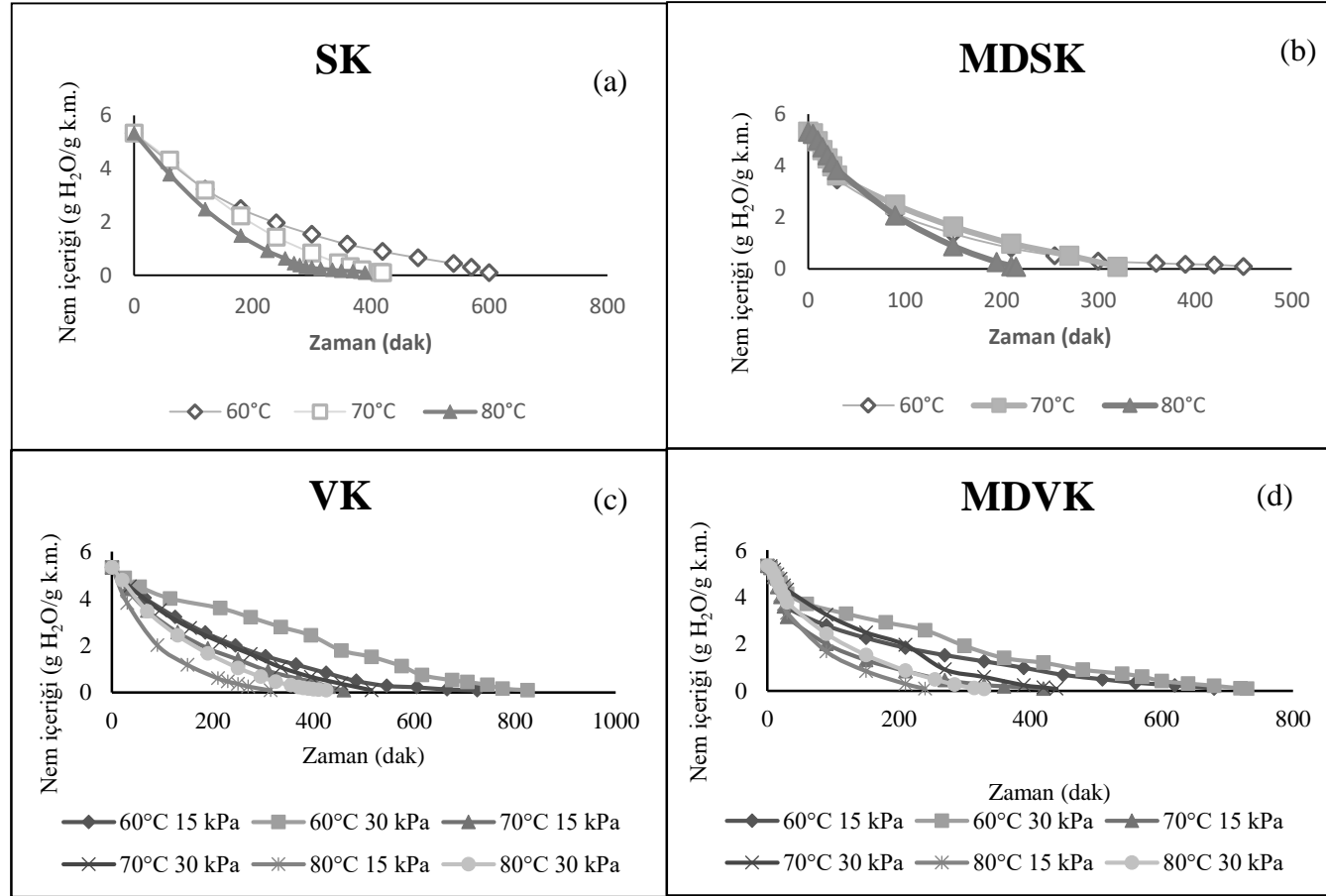
Sıcak hava ile kurutma, bir yıla kadar daha uzun bir raf ömrüne sahip olabilen ürünler sağlarken, kurutma süresi boyunca sıcak havaya maruz kalan ürünlerin kalitesi tazesine kıyasen azalabilmektedir (Kamiloğlu ve ark. 2016). Vakumla kurutma, meyve ve sebzelerin raf ömrünü artırmak için düşük basınç altında neminin uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Isıtma işlemini ve regülasyonunu sağlayan bir sistemden ve kurutma işlemi için özel olarak tasarlanmış bir vakum pompası tertibatından oluşmaktadır (Laopoolkit ve Suwannaporn 2011, Chong ve ark. 2015). Vakumla kurutma, sıcak hava ile kurutmaya alternatif ve etkili bir yöntemdir ve özellikle meyve ve sebzeler gibi ısı hasarına eğilimli ürünler için etkili olarak uygulanmaktadır (Chen ve ark. 2016, Özkan-Karabacak 2019). Mikrodalga kurutma, sıcak hava kurutma ve vakum kurutmadan daha kısa işlem süresi olan bir yöntemdir ve yüksek kaliteli gıdalar üretebilmektedir (Zhang ve ark. 2006; Zielinska ve ark. 2016). Ancak, sıcak hava kurutma, ürünün yüzeyindeki ve yüzeye yakın bölgelerdeki serbest suyun miktarını azaltılmasında mikrodalga kurutmadan daha etkilidir (Alibas 2007), diğer taraftan sıcak hava hızlı kuruyan yüzeyin sertleşmesiyle alt bölgelerde kalan suyun içeriden yüzeye doğru daha fazla buharlaşmasını önleyebilmektedir (Xu ve ark. 2018). Son yıllarda mikrodalga kurutma, vakum ve sıcak hava ile kurutma işlemlerinde bir ön işlem olarak kullanılmaktadır (Zhang ve ark. 2006). Sıcak hava kurutma işlemlerine alternatif olarak ortaya çıkan mikrodalga ön işlemlili sıcak hava kurutma, kurutma hızını artırdığından son yıllarda tercih edilen

yöntem haline gelmiştir (Xu ve ark. 2018). Vakumlu kurutma işleminin en büyük dezavantajı, işlem süresinin uzun olmasıdır. Aynı şekilde bunu azaltmak için mikrodalga ön işlemlili vakumla kurutma yöntemi kullanılmaktadır (Reis et al. 2014; Wang ve ark. 2019).

Literatürdeki bu bilgilerle uyumlu olarak, portakal numuneleri yaklaşık 0,09 g su/g kuru madde nemine kadar kurutulması için sıcak hava ile kurutma işleminde (K<sub>1</sub>-K<sub>3</sub>) 380-600 dk arasında gerçekleşirken mikrodalga ön işlemlili sıcak hava kurutma yöntemiyle bu süre 215-450 dk arasına indirilmiştir. Aynı şekilde, vakumla kurutma işlemi (K<sub>7</sub>-K<sub>12</sub>) sıcak havaya kıyasen daha uzun sürede (315-825 dk) gerçekleşmiştir. Mikrodalga ön işlemlili vakumlu kurutma işleminde (K<sub>13</sub>-K<sub>18</sub>) ise bu süre 240-730 dk'a aralığına indirilmiştir. Kurutma kinetiği grafikleri incelendiğinde (Şekil 4.8) kabuklu portakal dilimlerinin nem oranlarının zamanla azaldığı gözlenmektedir

**Çizelge 4.5.** Kurutma süreleri ve nem içerikleri

Kurutma İşlemi	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Güç (W)	Nem içeriği (g H <sub>2</sub> O / g km)	Kuruma Süresi (dk)
Sıcak Hava (K <sub>1</sub> )	60	-	-	0,098	600
Sıcak Hava (K <sub>2</sub> )	70	-	-	0,090	420
Sıcak Hava (K <sub>3</sub> )	80	-	-	0,099	380
Mikradalga ön işlemlili sıcak hava (K <sub>4</sub> )	60	-	90	0,099	450
Mikradalga ön işlemlili sıcak hava (K <sub>5</sub> )	70	-	90	0,091	320
Mikradalga ön işlemlili sıcak hava (K <sub>6</sub> )	80	-	90	0,090	215
Vakum (K <sub>7</sub> )	60	30	-	0,098	825
Vakum (K <sub>8</sub> )	60	15	-	0,092	725
Vakum (K <sub>9</sub> )	70	30	-	0,098	515
Vakum (K <sub>10</sub> )	70	15	-	0,090	460
Vakum (K <sub>11</sub> )	80	30	-	0,096	425
Vakum (K <sub>12</sub> )	80	15	-	0,090	315
Mikradalga ön işlemlili vakum (K <sub>13</sub> )	60	30	90	0,096	730
Mikradalga ön işlemlili vakum (K <sub>14</sub> )	60	15	90	0,098	680
Mikradalga ön işlemlili vakum (K <sub>15</sub> )	70	30	90	0,094	440
Mikradalga ön işlemlili vakum (K <sub>16</sub> )	70	15	90	0,098	420
Mikradalga ön işlemlili vakum (K <sub>17</sub> )	80	30	90	0,090	330
Mikradalga ön işlemlili vakum (K <sub>18</sub> )	80	15	90	0,094	240



**Şekil 4.8.** Kurutma yöntemlerinin kurutma eğrileri; (a) sıcak hava kurutma (SK, K<sub>1</sub>-K<sub>3</sub>), (b) mikrodalga ön işlemlili sıcak hava kurutma (MDSK, K<sub>4</sub>-K<sub>6</sub>), (c) vakum kurutma (VK, K<sub>7</sub>-K<sub>12</sub>), (d) mikrodalga ön işlemlili vakum kurutma (MDVK, K<sub>13</sub>-K<sub>18</sub>)

#### **4.5.2. Sıcak hava kurutma ve mikrodalga ön işlemlili sıcak hava kurutmanın pestisit kalıntılara etkileri**

Sıcak havayla kurutma, ısı ve sıcak havayı konveksiyonla ürüne aktarılan sebze ve meyveleri kurutmak için en yaygın kullanılan ticari tekniktir ve buharlaşan su da konveksiyonla havaya taşınmaktadır (Antal 2015). Mikrodalga enerjisinin, sıcak hava kurutmasıyla birleştirilmesi, her bir yöntemin tek başına uygulanmasıyla ilgili dezavantajların üstesinden gelmek için yeni bir araç olarak ortaya çıkmıştır (Gowen ve ark. 2006, Zhang ve ark. 2006, Alibas 2007, Varith ve ark. 2007). Su molekülleri tarafından mikrodalga enerjisinin hızlı emilimi, ürünün iç yüzeyinden ürünün yüzeyine doğru hızlı buharlaşmasına neden olmakta ve burada daha sonra konvektif sıcak hava akımları ile giderilmektedir. Aynı zamanda, birleştirilmiş kurutma yöntemi, kurutma sıcaklığındaki geleneksel sıcak hava kurumasına ve üstün kaliteli bir nihai ürüne kıyasla %80 ila 90 arasında azalmaya neden olmaktadır (Sharma ve Prasad 2001, Jiao ve ark. 2014).

Sıcak hava ve mikrodalga ön işlemlili sıcak havayla kurutmanın portakal dilimlerindeki pestisit kalıntıları üzerindeki etkisi Çizelge 4.6'da ve Şekil 4.9'da sunulmuştur. Sıcak hava ve mikrodalga-sıcak havanın kurutma işleminde abamectin, buprofezin, imazalil ve thiophanate-methyl kalıntıları taze portakaldakine kıyasen istatistiki olarak anlamlı bir şekilde ( $p<0,05$ ) artış göstermiştir. Fakat sıcak hava ile kurutmanın (%61-%95 arası artış), mikrodalga ön işlemlili sıcak havaya (%55-%92 arası artış) göre pestisit kalıntılarını daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Bu durum, kurutma işleminde ürünün nem miktarının ve kütlesinin azalmasıyla pestisit kalıntılarının konsantre olmasıyla açıklanabilir (Zhao ve ark. 2017a). Mikrodalga ile sıcak hava kurutma işleminin birlikte kullanılmasıyla kurutma süresinin azalmasının yanında, pestisit kalıntı miktarlarında sıcak hava kurutmaya kıyasen azaldığı da düşünülmektedir. Ayrıca portakal dilimlerinin kurutulmasında sıcaklık 60 °C'den ( $K_1$ ) 80 °C'ye ( $K_3$ ) artırıldığında, pestisit kalıntılarının miktarında istatistiki olarak azalma olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bulgularımıza benzer şekilde, Özbey ve ark. (2017) tarafından sıcak hava kullanılarak yapılan kurutma sırasında artan sıcaklığın pestisit kalıntılarını azalttığını bildirmişlerdir.

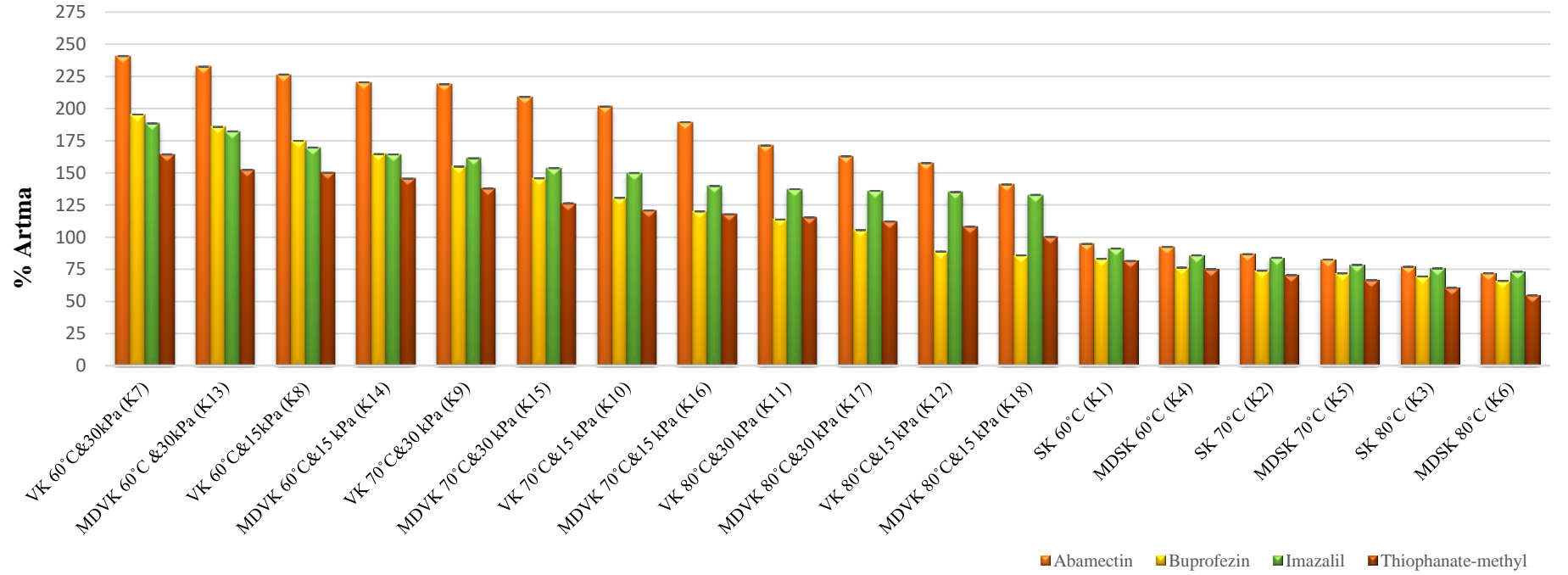
**Çizelge 4.6.** Portakal numunelerinde farklı kurutma tekniklerinin pestisit kalıntı miktarlarına etkisi (Her bir işlem 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir)

Uygulanan İşlemler	Pestisitler (mg/kg)			
	Abamectin	Buprofezin	Imazalil	Thiophanate-methyl
İşlemsiz (IK)	0,440±0,163 <sup>g</sup>	1,166±0,015 <sup>i</sup>	5,130±0,141 <sup>i</sup>	2,913±0,435 <sup>h</sup>
VK 60 °C&30 kPa (K <sub>7</sub> )	1,500±0,017 <sup>a</sup>	3,446±0,045 <sup>a</sup>	14,793±0,523 <sup>a</sup>	7,703±0,161 <sup>a</sup>
MDVK 60 °C&30 kPa (K <sub>13</sub> )	1,463±0,015 <sup>a</sup>	3,333±0,064 <sup>a</sup>	14,480±0,446 <sup>b</sup>	7,353±0,116 <sup>b</sup>
VK 60 °C&15 kPa (K <sub>8</sub> )	1,436±0,028 <sup>a</sup>	3,206±0,015 <sup>b</sup>	13,836±0,460 <sup>bc</sup>	7,283±0,090 <sup>b</sup>
MDVK 60 °C 15 kPa (K <sub>14</sub> )	1,410±0,050 <sup>a</sup>	3,086±0,100 <sup>bc</sup>	13,556±0,212 <sup>c</sup>	7,150±0,036 <sup>b</sup>
VK 70 °C &30 kPa (K <sub>9</sub> )	1,403±0,020 <sup>a</sup>	2,973±0,030 <sup>c</sup>	13,400±0,785 <sup>c</sup>	6,930±0,182 <sup>c</sup>
MDVK 70 °C &30 kPa (K <sub>15</sub> )	1,360±0,030 <sup>b</sup>	2,866±0,025 <sup>c</sup>	13,013±0,762 <sup>c</sup>	6,593±0,328 <sup>c</sup>
VK 70 °C&15 kPa (K <sub>10</sub> )	1,326±0,020 <sup>b</sup>	2,690±0,060 <sup>d</sup>	12,820±0,091 <sup>cd</sup>	6,436±0,015 <sup>cd</sup>
MDVK 70 °C&15 kPa (K <sub>16</sub> )	1,273±0,015 <sup>bc</sup>	2,566±0,020 <sup>d</sup>	12,300±0,251 <sup>d</sup>	6,343±0,221 <sup>cd</sup>
VK 80 °C&30 kPa (K <sub>11</sub> )	1,193±0,064 <sup>c</sup>	2,493±0,037 <sup>de</sup>	12,176±0,057 <sup>d</sup>	6,276±0,106 <sup>d</sup>
MDVK 80 °C&30 kPa (K <sub>17</sub> )	1,156±0,005 <sup>c</sup>	2,396±0,025 <sup>e</sup>	12,110±0,010 <sup>d</sup>	6,180±0,043 <sup>d</sup>
VK 80 °C &15 kPa (K <sub>12</sub> )	1,133±0,025 <sup>c</sup>	2,201±0,010 <sup>ef</sup>	12,056±0,040 <sup>e</sup>	6,063±0,098 <sup>d</sup>
MDVK 80 °C 15 kPa (K <sub>18</sub> )	1,060±0,036 <sup>d</sup>	2,168±0,017 <sup>f</sup>	11,943±0,015 <sup>e</sup>	5,830±0,101 <sup>e</sup>
SK 60 °C (K <sub>1</sub> )	0,856±0,090 <sup>e</sup>	2,136±0,025 <sup>f</sup>	9,803±0,289 <sup>f</sup>	5,286±0,483 <sup>e</sup>
MDSK 60 °C (K <sub>4</sub> )	0,846±0,095 <sup>e</sup>	2,056±0,046 <sup>g</sup>	9,540±0,043 <sup>g</sup>	5,100±0,050 <sup>e</sup>
SK 70 °C (K <sub>2</sub> )	0,821±0,088 <sup>e</sup>	2,028±0,020 <sup>g</sup>	9,440±0,026 <sup>g</sup>	4,966±0,015 <sup>f</sup>
MDSK 70 °C (K <sub>5</sub> )	0,803±0,015 <sup>ef</sup>	2,005±0,050 <sup>gh</sup>	9,153±0,035 <sup>gh</sup>	4,853±0,085 <sup>f</sup>
SK 80 °C (K <sub>3</sub> )	0,778±0,035 <sup>f</sup>	1,976±0,023 <sup>h</sup>	9,013±0,065 <sup>h</sup>	4,683±0,456 <sup>f</sup>
MDSK 80 °C (K <sub>6</sub> )	0,756±0,034 <sup>f</sup>	1,936±0,010 <sup>h</sup>	8,880±0,015 <sup>h</sup>	4,510±0,268 <sup>g</sup>

Aynı sütundaki farklı küçük harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p≤0.05).

VK: Vakumla kurutma; MDVK: Mikrodalga ön işlemlili vakumla kurutma; SK: Sıcak hava ile kurutma; MDSK: Mikrodalga ön işlemlili sıcak hava ile kurutma

## Kurutma



Şekil 4.9. Farklı kurutma yöntemlerinin pestisit kalıntılarının miktarları üzerine etkisi

Literatürde yapılan diğer çalışmalarda da, meyve ve sebzelerin kurutulmasından sonra pestisit kalıntılarında bir artış olduğu gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada kumkuatların 60-80 °C arasında sıcak hava ile kurutulmasından sonra dimethoate, malathion ve triazophos kalıntı miktarlarının, özellikle su kaybı nedeniyle %13, %15 ve %6 oranında arttığı tespit edilmiştir (Chen ve ark. 2016). Benzer şekilde, Noh ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada taze kırmızıbiberlerin sıcak havayla 65 °C'de kurutulmasıyla pyraclostrobin ve trifloxystrobin kalıntı miktarlarının arttığı gözlenmiştir. Diğer taraftan mantarlarda bulunan altı pestisit (carbendazim, thiabendazole, procymidone, bifenthrin, λ-cyhalothrin ve β-cyfluthrin) kalıntısına, güneşte ve sıcak hava da kurutmanın etkisi incelendiğinde; pestisitlerin güneşte kurutma işleminden sonra %36-94 arasında, sıcak hava ile kurutulmasından sonra %26–68 azaldığı tespit edilmiştir. Pestisitlerin güneşte kurutulması sırasında ışığın etkisiyle parçalandığı, sıcak havada ise süblimasyon veya buharlaşma yoluyla pestisitlerin uzaklaştırılması sağlandığını tespit edilmiştir (Liu ve ark. 2016).

#### **4.5.3. Vakum kurutma ve mikrodalga ön işlemlili vakum kurutmanın pestisit kalıntılara etkileri**

Vakumlu kurutma, daha düşük işlem sıcaklığında kurutma gerçekleştirdiğinden, sıcak hava ile kurutmasına kıyasla renk kararmasını ve lezzet kaybını azalttığından, ürünlerin yapısal olarak daha az büzüşmesini sağladığından son yıllarda tercih edilen bir teknik olmuştur (Zhang ve ark. 2006, Alibas 2007,2009, Alibaş ve Köksal 2014, Chen ve ark. 2016).

Vakum kurutma ve mikrodalga ön işlemlili vakum kurutmanın, portakallarda bulunan pestisit kalıntılara olan etkisi Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Sıcak hava uygulamasında gözlemlendiği gibi, mikrodalga ön işlemlili vakum kurutma metodu, kurutma süresini azaltırken pestisitleri daha fazla degrade ettiği düşünülmektedir. Dolayısıyla, aynı koşullarda gerçekleşen vakumlu kurutuma işlemine göre pestisit kalıntı miktarlarında azalma sağlanmıştır. Ancak bu azalma oranının bazı pestisitler ve koşullar için istatistiki olarak fark yaratmadığı ( $p>0,05$ ) da Çizelge 4.6'da görülmektedir. Şekil 4.9'a göre vakum kurutucunun artan sıcaklığı, pestisit kalıntılarının azalmasına doğrusal olarak etki ederken, basıncının artmasının kurutma süresiyle birlikte pestisit kalıntı miktarlarında artışa neden olduğu gözlenmiştir.

Literatürde kurutma sırasında yüksek sıcaklıkların kullanımının yüzeydeki kalıntıların buharlaşmasına neden olduğu ve dolayısıyla vakumda kurutmanın düşük sıcaklıkta gerçekleşmesinden dolayı kalıntı miktarında bir azalmaya neden olmadığı belirtilse de (Özbey 2003), vakum kurutmanın ve mikrodalga ön işlemlili vakum kurutmanın pestisit kalıntıları üzerine etkisini inceleyen bir çalışmaya da rastlanmamıştır.

#### **4.5.4. Kurutma metotlarının ve pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin pestisit kalıntıları üzerine etkisinin irdelenmesi**

Çalışma kapsamında kullanılan tüm kurutma koşullarına karşılık elde edilen pestisit kalıntı miktarları incelendiğinde portakal dilimindeki pestisit kalıntı miktarının kurutma işlemi sırasında konsantre olduğu gözlenmiştir. Kim ve ark. (2016) işlenmiş kuru ürünlerdeki pestisit derişimlerinin, ham tarımsal ürünlere göre daha yüksek olmasını, kurutma işlemi sırasında gerçekleşen suyun buharlaşmasına dayandırmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen diğer bir bulguda, pestisit kalıntı miktarlarının artan kurutma süresiyle paralel olarak artış göstermesidir. Vakumlu kurutma işlemi ve sıcak hava ile kurutma işlemi karşılaştırıldığında; vakumlu kurutma işleminin kurutma süresini ve aynı zamanda yaş portakalda bulunan kalıntıya göre kurutulmuş portakaldaki kalıntı miktarlarını artırdığı ( $p<0,05$ ) gözlenmiştir.

Mikrodalga fırınların yüksek ısıtma hızları ürün sıcaklığını hızla arttırmaktadır, böylece ürünün yüzeyindeki buhar basıncını ve nem aktarım hızını da arttırmaktadır. Mikrodalga kurutma, bu çalışma kapsamındaki kurutma işlemlerinin süresini azalttığından hızlı gerçekleşen kurutma işlemi süresince bir miktar pestisit kalıntıları da bozunduğu düşünülmektedir (Özbey ve ark. 2017), dolayısıyla mikrodalga ön işlemi pestisit kalıntı artışını azaltmış ancak yinede yaş portakalda bulunan kalıntı miktarına göre artışını engelleyememiştir. Literatürde yapılan bazı çalışmalarda pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak mikrodalgada kurutmanın, pestisitlerin uzaklaştırılmasında etkili bir yöntem olduğu gözlenmiştir (Zhao ve ark. 2017a).

Bu çalışma kapsamında ele alınan pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerine karşı (Çizelge 3.1) kurutma süresinde pestisit kalıntılarında elde edilen % artış Pearson katsayısı ile Çizelge 4.7'de incelenmiştir.



**Çizelge 4.7.** Pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin farklı kurutma tekniklerinin neden olduğu %pestisit kalıntı miktarı artışa etkisinin irdelenmesi

	Sudaki çözünürlüğü	Buhar basıncı	logPow	Henry sabiti <sup>1</sup>
<b>Pearson Korelasyon Katsayısı</b>				
VK 60 °C&30 kPa (K <sub>7</sub> )	-0,29	-0,26	0,82	-,051
MDVK 60 °C&30 kPa (K <sub>13</sub> )	-0,24	-0,19	0,85	-,053
VK 60 °C&15 kPa (K <sub>8</sub> )	-0,32	-0,31	0,76	-,128
MDVK 60 °C 15 kPa (K <sub>14</sub> )	-0,2	-0,30	0,74	-,185
VK 70 °C &30 kPa (K <sub>9</sub> )	-0,16	-0,02	0,96*	,230
MDVK 70 °C &30 kPa (K <sub>15</sub> )	-0,03	0,16	0,98*	,372
VK 70 °C&15 kPa (K <sub>10</sub> )	-0,38	-0,37	0,73	-,111
MDVK 70 °C&15 kPa (K <sub>16</sub> )	-0,41	-0,38	0,75	-,041
VK 80 °C&30 kPa (K <sub>11</sub> )	-0,14	-0,05	0,94	,073
MDVK 80 °C&30 kPa (K <sub>17</sub> )	-0,11	-0,01	0,95*	,091
VK 80 °C &15 kPa (K <sub>12</sub> )	-0,06	0,02	0,95*	,025
MDVK 80 °C 15 kPa (K <sub>18</sub> )	0,133	0,27	0,99**	,136
SK 60 °C (K <sub>1</sub> )	0,53	0,61	0,43	,292
MDSK 60 °C (K <sub>4</sub> )	0,56	0,64	0,42	,273
SK 70 °C (K <sub>2</sub> )	0,49	0,59	0,42	,351
MDSK 70 °C (K <sub>5</sub> )	0,49	0,59	0,48	,343
SK 80 °C (K <sub>3</sub> )	0,515	0,67	0,42	,455
MDSK 80 °C (K <sub>6</sub> )	0,545	0,69	0,42	,428

\* Korelasyon istatistiksel olarak anlamlıdır

<sup>1</sup> Henry sabiti yarı uçucu bileşiklerin hava-su arasındaki dağılım oranını vermektedir

Çizelge 4.7 incelendiğinde kurutulmuş ürünlerdeki pestisit kalıntı miktarındaki artışın pestisitlerin oktanol-su katsayısıyla (logP<sub>O/W</sub>) doğru orantılı olduğunu, yüksek katsayıya sahip pestisitlerin daha fazla artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Her ne kadar vakum içeren kurutma işlemlerinde buhar basıncı ile pestisit kalıntı miktarındaki artış arasında bir ilişki kurulamasa da sıcak hava ile kurutma sırasında buhar basıncının artmasının kalıntı miktarındaki artışa pozitif yönde etki ettiği sonucuna varılmaktadır. Aynı şekilde Noh ve ark. (2019) sıcak hava kullanılarak yaptıkları kurutma işleminden sonra elde edilen üründeki kalıntı miktarına, pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerinin etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında Çizelge 4.7’de elde edilen bulgulara paralel olarak, abamectin ve buprofezin gibi sistemik olmayan pestisitlerin yüzeyde birikme oranları yüksek olup hızla

azalmaları beklenirken kurutma işlemi sonrasında miktarlarında artış görülen pestisitler arasında yer almışlardır. Bu sonuç, onların düşük buhar basınçları ( $15 \times 10^{-9}$  ve 0,042 mPa) ve yüksek  $\log P_{O/W}$  (sırasıyla 4,4 ve 3,80) değerleriyle ilişkilendirilebilir. Yüksek oktanolu su katsayısına sahip pestisitler meyvelerin yağlı kabuklarında birikme özelliği gösterirler. Sistemik olup meyve suyuna karışması beklenen imazalil ve thiophanate-methyl kalıntılarında kurutma yoluyla uzaklaştırılamamıştır. Ancak thiophanate-methyl, imazalile göre kurutma yoluyla daha fazla uzaklaştırıldığı görülmüştür. Bunun sebebi düşük olan  $\log P_{O/W}$  değerleriyle açıklanabilir (sırasıyla thiophanate-methyl ve imazalil için 1,50 ve 3,82'dir).

#### **4.6. İşleme Faktörü**

İşleme faktörü; gıdaların işlenmesi sırasında mevcut kalıntı seviyelerinde oluşan azalma veya artışın bir göstergesidir (Shabeer ve ark. 2015; Oliva ve ark. 2017). İşlenme faktörleri, yukarıda Bölüm 4.3-4.5'te ele alındığı üzere pestisitlerin uygulama sürelerine, işlemlerin mahiyetine, pestisitlerin ürün üzerindeki dağılımına, fizikokimyasal özelliklerine ve etki şekillerine bağlıdır (Abdullah ve ark. 2016a).

Çalışmadaki tüm pestisitler için gelişigüzel yıkama, kabuk soyma, pulp, meyve suyu eldesi, kabukların rendelenip dondurulması, reçele işlenmesi, farklı yıkama yöntemleri ( $Y_1$ - $Y_{14}$ ) ve kurutma yöntemlerinden ( $K_1$ - $K_{14}$ ) elde edilen işleme faktörleri ( $P_f$ ) Çizelge 4.8'de sunulmuştur.

Çizelge 4.8 incelendiğinde her bir pestisit için en yüksek işleme faktörü kabuk elde etme (S), rendelenerek kabuk dondurma (RD) ve vakum kurutma işlemleri için 1'den yüksek olarak elde edilmiştir ( $p < 0,05$ ).

**Çizelge 4.8.** Portakal ve limon numunelerinde farklı işleme tekniklerinin işleme faktörlerine etkisi (Her bir işlem 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir).

Uygulanan İşlemler	Ürün	İşleme Faktörü±Standart sapma				
		Abamectin	Buprofezin	Etoazole	Imazalil	Thiophanate-Methyl
Gelişigüzel yıkama (Y)	Portakal	0,663±0,115 <sup>C.g</sup>	0,720±0,121 <sup>B.i</sup>	0,616±0,011 <sup>D.g</sup>	0,776±0,127 <sup>A.hi</sup>	0,173±0,028 <sup>E.l</sup>
	Limon	-	-	-	-	-
Kabuk (S)	Portakal	2,676±0,420 <sup>C.c</sup>	3,430±0,477 <sup>B.ab</sup>	3,616±0,307 <sup>A.c</sup>	1,403±0,176 <sup>D.g</sup>	0,943±0,373 <sup>E.h</sup>
	Limon	3,307±0,448 <sup>B.a</sup>	2,701±0,327 <sup>C.c</sup>	8,598±0,646 <sup>A.b</sup>	1,785±0,453 <sup>D.f</sup>	3,203±0,096 <sup>B.b</sup>
Meyve eti eldesi (ME)	Portakal	0,376±0,080 <sup>B.i</sup>	0,423±0,076 <sup>A.k</sup>	0,140±0,026 <sup>D.i</sup>	0,216±0,005 <sup>C.k</sup>	0,146±0,005 <sup>D.m</sup>
	Limon	0,050±0,001 <sup>B.j</sup>	0,101±0,017 <sup>A.lm</sup>	0,050±0,001 <sup>B.j</sup>	0,033±0,002 <sup>C.l</sup>	0,056±0,014 <sup>B.n</sup>
Meyve suyu (MS)	Portakal	0,330±0,001 <sup>A.i</sup>	0,200±0,001 <sup>C.l</sup>	0,120±0,001 <sup>D.i</sup>	0,270±0,001 <sup>B.k</sup>	0,363±0,063 <sup>A.ij</sup>
	Limon	0,862±0,080 <sup>A.f</sup>	0,146±0,010 <sup>C.l</sup>	0,251±0,023 <sup>B.h</sup>	0,085±0,001 <sup>E.l</sup>	0,126±0,016 <sup>D.m</sup>
Reçel (R)	Portakal	0,490±0,138 <sup>A.h</sup>	0,103±0,028 <sup>C.lm</sup>	0,120±0,001 <sup>B.i</sup>	0,050±0,001 <sup>D.l</sup>	0,090±0,002 <sup>C.n</sup>
	Limon	0,862±0,070 <sup>A.f</sup>	0,081±0,010 <sup>C.m</sup>	0,251±0,023 <sup>B.h</sup>	0,067±0,005 <sup>D.l</sup>	0,039±0,004 <sup>E.n</sup>
Dondurulmuş Kabuk (1.ay) (RD1)	Portakal	2,833±0,577 <sup>D.b</sup>	3,620±0,131 <sup>B.ab</sup>	5,326±0,075 <sup>A.bc</sup>	1,780±0,121 <sup>D.f</sup>	3,533±0,774 <sup>C.ab</sup>
	Limon	3,624±0,775 <sup>B.a</sup>	3,732±0,526 <sup>B.ab</sup>	13,333±1,448 <sup>A.a</sup>	2,449±0,467 <sup>D.bc</sup>	2,853±0,323 <sup>C.bc</sup>
Dondurulmuş Kabuk (2.ay) (RD2)	Portakal	1,106±0,429 <sup>D.de</sup>	4,603±1,044 <sup>B.a</sup>	6,086±1,918 <sup>A.bc</sup>	1,903±0,487 <sup>C.d</sup>	4,877±0,288 <sup>B.a</sup>
	Limon	3,752±0,740 <sup>C.a</sup>	4,329±0,399 <sup>B.a</sup>	14,921±1,530 <sup>A.a</sup>	2,446±0,362 <sup>D.bc</sup>	4,928±1,115 <sup>a</sup>
Dondurulmuş Kabuk (3.ay) (RD3)	Portakal	2,323±0,390 <sup>D.c</sup>	2,813±0,109 <sup>C.b</sup>	4,796±0,187 <sup>A.bc</sup>	1,346±0,025 <sup>E.g</sup>	3,263±1,732 <sup>B.ab</sup>
	Limon	1,669±0,184 <sup>D.d</sup>	2,649±0,177 <sup>B.c</sup>	12,315±1,122 <sup>A.a</sup>	1,822±0,225 <sup>C.e</sup>	2,198±0,334 <sup>e</sup>
Soğuk Suda (Y <sub>1</sub> )	Portakal	0,967±0,023 <sup>A.e</sup>	0,633±0,025 <sup>B.j</sup>	0,915±0,025 <sup>A.d</sup>	0,678±0,024 <sup>B.hi</sup>	0,317±0,012 <sup>C.j</sup>
%2 Sodyum Karbonat (Y <sub>2</sub> )	Portakal	0,700±0,030 <sup>B.g</sup>	0,773±0,030 <sup>A.hi</sup>	0,736±0,017 <sup>AB.f</sup>	0,521±0,015 <sup>C.i</sup>	0,254±0,011 <sup>D.k</sup>
%5 Sodyum Karbonat (Y <sub>3</sub> )	Portakal	0,633±0,024 <sup>B.g</sup>	0,685±0,024 <sup>A.ij</sup>	0,561±0,026 <sup>C.g</sup>	0,516±0,014 <sup>D.i</sup>	0,199±0,008 <sup>E.l</sup>
%10 Sodyum Karbonat (Y <sub>4</sub> )	Portakal	0,611±0,022 <sup>A.g</sup>	0,408±0,012 <sup>C.k</sup>	0,537±0,027 <sup>B.g</sup>	0,355±0,008 <sup>D.jk</sup>	0,163±0,006 <sup>E.l</sup>
%2 Sodyum Klorür (Y <sub>5</sub> )	Portakal	0,978±0,025 <sup>A.e</sup>	0,721±0,028 <sup>C.i</sup>	0,894±0,018 <sup>B.e</sup>	0,954±0,045 <sup>A.h</sup>	0,498±0,023 <sup>D.i</sup>
%5 Sodyum Klorür (Y <sub>6</sub> )	Portakal	0,922±0,018 <sup>A.e</sup>	0,685±0,023 <sup>C.ij</sup>	0,837±0,015 <sup>B.ef</sup>	0,809±0,032 <sup>B.h</sup>	0,471±0,021 <sup>D.i</sup>
%10 Sodyum Klorür (Y <sub>7</sub> )	Portakal	0,889±0,015 <sup>A.f</sup>	0,615±0,022 <sup>D.j</sup>	0,667±0,012 <sup>C.f</sup>	0,767±0,028 <sup>B.hi</sup>	0,444±0,019 <sup>E.i</sup>
%2 Asetik Asit (Y <sub>8</sub> )	Portakal	0,944±0,020 <sup>A.e</sup>	0,756±0,032 <sup>B.i</sup>	0,953±0,023 <sup>A.d</sup>	0,680±0,018 <sup>C.hi</sup>	0,610±0,035 <sup>D.hi</sup>
%4 Asetik Asit (Y <sub>9</sub> )	Portakal	0,833±0,013 <sup>A.f</sup>	0,703±0,020 <sup>C.i</sup>	0,772±0,014 <sup>B.f</sup>	0,519±0,011 <sup>D.i</sup>	0,230±0,007 <sup>E.k</sup>
%8 Asetik Asit (Y <sub>10</sub> )	Portakal	0,756±0,011 <sup>A.g</sup>	0,417±0,016 <sup>C.k</sup>	0,715±0,013 <sup>B.f</sup>	0,391±0,004 <sup>D.j</sup>	0,178±0,005 <sup>E.l</sup>
Elma Sirkesi-Su (Y <sub>11</sub> )	Portakal	0,967±0,023 <sup>A.e</sup>	0,949±0,031 <sup>B.h</sup>	0,862±0,016 <sup>C.e</sup>	0,533±0,012 <sup>D.i</sup>	0,483±0,016 <sup>E.i</sup>
Elma Sirkesi (Y <sub>12</sub> )	Portakal	0,878±0,035 <sup>A.f</sup>	0,791±0,008 <sup>C.hi</sup>	0,801±0,005 <sup>B.ef</sup>	0,499±0,009 <sup>D.j</sup>	0,317±0,009 <sup>E.j</sup>
Üzüm Sirkesi-Su (Y <sub>13</sub> )	Portakal	0,833±0,012 <sup>B.f</sup>	0,576±0,019 <sup>C.j</sup>	0,911±0,021 <sup>A.d</sup>	0,522±0,007 <sup>D.i</sup>	0,399±0,017 <sup>E.ij</sup>
Üzüm Sirkesi (Y <sub>14</sub> )	Portakal	0,789±0,028 <sup>B.fg</sup>	0,466±0,018 <sup>C.k</sup>	0,866±0,019 <sup>A.e</sup>	0,476±0,006 <sup>C.j</sup>	0,338±0,011 <sup>D.j</sup>

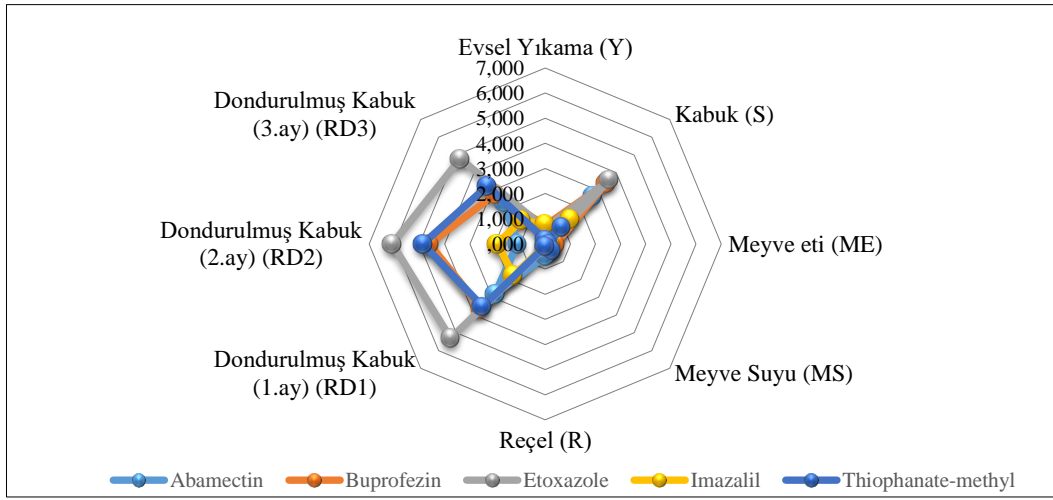
Aynı sütündeki farklı küçük harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark vardır ( $P<0,05$ ); Aynı satırdaki farklı büyük harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark vardır ( $P<0,05$ )

**Çizelge 4.8.** Portakal ve limon numunelerinde farklı işleme tekniklerinin işleme faktörlerine etkisi (Her bir işlem 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir) (devam)

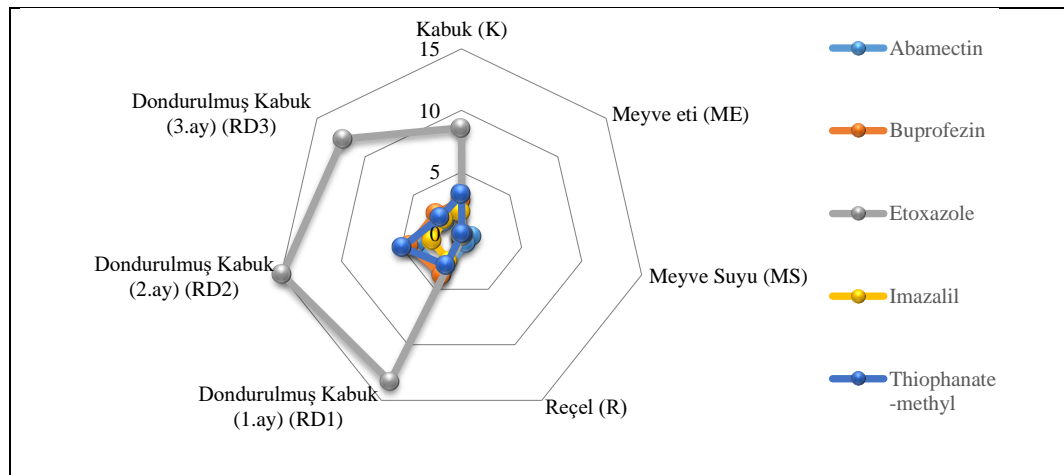
Uygulanan İşlemler	Ürün	Abamectin	Buprofezin	Imazalil	Thiophanate-methyl
VK 60 °C 30 kPa (K <sub>1</sub> )	Portakal	3,410±0,015 <sup>A,a</sup>	2,950±0,015 <sup>B,b</sup>	2,880±0,030 <sup>B,a</sup>	2,640±0,061 <sup>C,c</sup>
MDVK 60 °C 30 kPa (K <sub>2</sub> )	Portakal	3,330±0,017 <sup>A,a</sup>	2,860±0,024 <sup>B,b</sup>	2,853±0,066 <sup>B,a</sup>	2,520±0,052 <sup>C,c</sup>
VK 60 °C 15 kPa (K <sub>3</sub> )	Portakal	3,270±0,025 <sup>A,ab</sup>	2,750±0,035 <sup>B,c</sup>	2,700±0,060 <sup>B,a</sup>	2,500±0,040 <sup>C,c</sup>
MDVK 60 °C 15 kPa (K <sub>4</sub> )	Portakal	3,200±0,030 <sup>A,ab</sup>	2,650±0,105 <sup>B,c</sup>	2,640±0,012 <sup>B,ab</sup>	2,450±0,036 <sup>C,cd</sup>
VK 70 °C 30 kPa (K <sub>5</sub> )	Portakal	3,190±0,028 <sup>A,ab</sup>	2,550±0,030 <sup>C,cd</sup>	2,610±0,085 <sup>B,ab</sup>	2,380±0,032 <sup>D,d</sup>
MDVK 70 °C 30 kPa (K <sub>6</sub> )	Portakal	3,091±0,025 <sup>A,b</sup>	2,460±0,025 <sup>C,d</sup>	2,540±0,062 <sup>B,b</sup>	2,260±0,028 <sup>D,d</sup>
VK 70 °C 15 kPa (K <sub>7</sub> )	Portakal	3,015±0,020 <sup>A,b</sup>	2,310±0,040 <sup>C,d</sup>	2,500±0,041 <sup>B,b</sup>	2,210±0,015 <sup>D,d</sup>
MDVK 70 °C 15 kPa (K <sub>8</sub> )	Portakal	2,894±0,012 <sup>A,b</sup>	2,200±0,020 <sup>C,d</sup>	2,400±0,035 <sup>B,c</sup>	2,180±0,021 <sup>C,de</sup>
VK 80 °C 30 kPa (K <sub>9</sub> )	Portakal	2,712±0,044 <sup>A,c</sup>	2,140±0,027 <sup>C,d</sup>	2,370±0,037 <sup>B,c</sup>	2,150±0,006 <sup>C,de</sup>
MDVK 80 °C 30 kPa (K <sub>10</sub> )	Portakal	2,630±0,011 <sup>A,c</sup>	2,054±0,023 <sup>D,de</sup>	2,360±0,030 <sup>B,c</sup>	2,120±0,003 <sup>C,de</sup>
VK 80 °C 15 kPa (K <sub>11</sub> )	Portakal	2,580±0,023 <sup>A,c</sup>	1,880±0,030 <sup>D,e</sup>	2,350±0,040 <sup>B,c</sup>	2,080±0,028 <sup>C,e</sup>
MDVK 80 °C 15 kPa (K <sub>12</sub> )	Portakal	2,410±0,037 <sup>A,c</sup>	1,860±0,017 <sup>D,e</sup>	2,340±0,025 <sup>B,c</sup>	2,000±0,021 <sup>C,e</sup>
SK 60 °C (K <sub>13</sub> )	Portakal	1,950±0,020 <sup>A,d</sup>	1,830±0,035 <sup>C,e</sup>	1,910±0,089 <sup>B,d</sup>	1,810±0,083 <sup>D,f</sup>
MDSK 60 °C (K <sub>14</sub> )	Portakal	1,920±0,025 <sup>A,d</sup>	1,760±0,026 <sup>C,f</sup>	1,860±0,083 <sup>B,e</sup>	1,750±0,050 <sup>C,f</sup>
SK 70 °C (K <sub>15</sub> )	Portakal	1,870±0,028 <sup>A,d</sup>	1,740±0,020 <sup>C,f</sup>	1,840±0,076 <sup>B,e</sup>	1,710±0,035 <sup>D,f</sup>
MDSK 70 °C (K <sub>16</sub> )	Portakal	1,830±0,015 <sup>A,d</sup>	1,720±0,050 <sup>C,f</sup>	1,780±0,065 <sup>B,f</sup>	1,660±0,023 <sup>D,fg</sup>
SK 80 °C (K <sub>17</sub> )	Portakal	1,770±0,005 <sup>A,d</sup>	1,690±0,023 <sup>B,fg</sup>	1,760±0,045 <sup>A,f</sup>	1,610±0,020 <sup>C,fg</sup>
MDSK 80 °C (K <sub>18</sub> )	Portakal	1,720±0,004 <sup>A,d</sup>	1,660±0,010 <sup>B,g</sup>	1,730±0,030 <sup>A,fg</sup>	1,550±0,012 <sup>C,g</sup>

Aynı sütündeki farklı küçük harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark vardır ( $P<0,05$ )

Evsel işlemler incelendiğinde, portakal ve limonların kabuk soyma ve kabuk dondurma işlemi ile pestisit derişimlerinin artışından dolayı  $P_f$  değerinin 1'den büyük elde edildiği ve pestisitlerin fizikokimyasal özelliklerine göre istatistiki olarak farklılığın ortaya çıktığı gözlenmiştir ( $P < 0,05$ ) (Çizelge 4.8; Şekil 4.10 ve 4.11). Portakalda gelişigüzel yıkama işlemleri ile  $P_f$  değerleri 1'in altında elde edilmiştir. En düşük  $P_f$  değeri ise thiophanate-methyl için 0,173 olarak elde edilmiştir ve diğer pestisitler ile arasında (0,616-0,776) istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmüştür ( $P < 0,05$ ). Diğer taraftan her iki meyve de de reçele işleme, meyve eti eldesi ve meyve suyuna işleme sırasında pestisit giderimi çok yüksek olduğundan işleme faktörü 1'den çok düşük olarak elde edilmiştir.

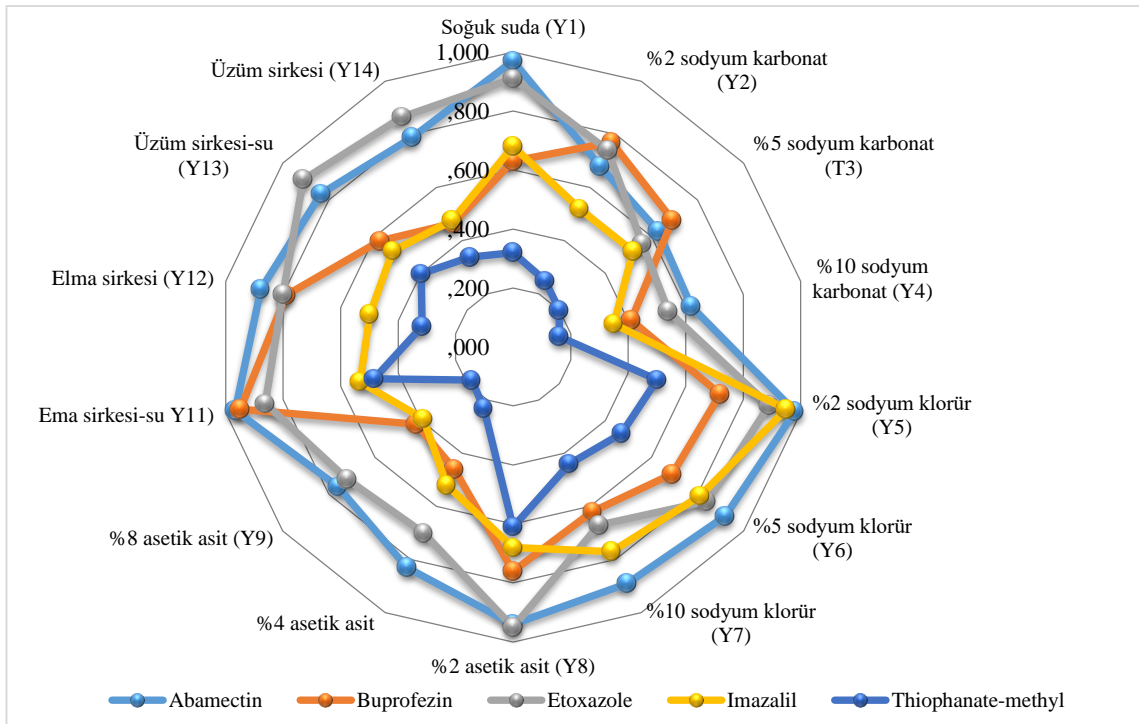


**Şekil 4.10.** Evsel yıkama işlemi sırasında portakala ait işleme faktörlerinin değişimi



**Şekil 4.11.** Evsel yıkama işlemi sırasında limona ait işleme faktörlerinin değişimi

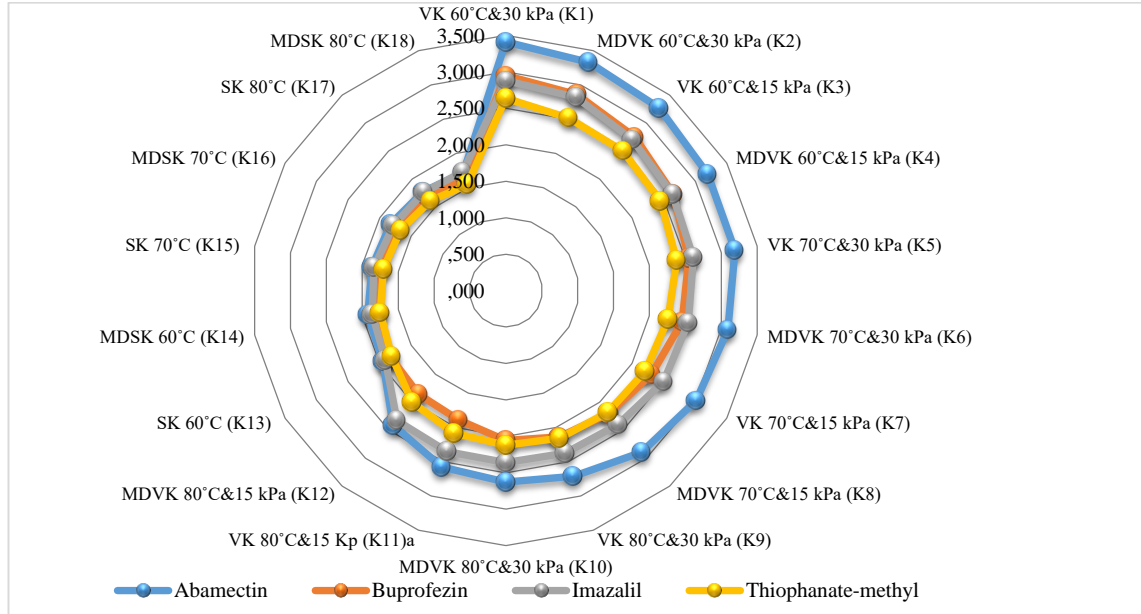
Yıkama uygulamalarının portakaldaki pestisit kalıntıları üzerine etkileri,  $P_f$  değerleri ile değerlendirilmiştir.  $P_f$  değerleri 8 yıkama uygulaması için 1'in altında bulunmuştur. Tüm yıkama işlemlerinin  $P_f$  değerleri (0,13-0,98) arasındadır ve istatistiksel olarak diğer işlemlerden elde edilen değerler ile kıyaslandığında anlamlı bir fark görülmektedir ( $P<0,05$ ). Soğuk suda yıkama uygulamasının  $P_f$  değerleri (0,320-0,970) arasında gözlenirken, alkali ve nötr çözeltilerde  $P_f$  değerleri (0,160-0,980) ve asitli çözeltilerdeki  $P_f$  değerleri (0,180-0,970) olarak bulunmuştur (Şekil 4.12). Yıkama uygulamalarında artanderişimler ile daha düşük bir  $P_f$  değerleri elde edilmiştir. Bu da kalıntıların yıkama uygulamaları ile azaltıldığını göstermektedir. Literatürde de yıkama uygulamaları ile işleme faktörleri ortaya konulmuştur (Polat ve Tiryaki 2019, Amir ve ark. 2019).



**Şekil 4.12.** Farklı yıkama yöntemlerinin işleme faktörleri

Ayrıca portakalların kurutulması sırasında  $P_f$  değeri  $>1$  büyük olarak tespit edilirken, kurutma işlemi sırasında, çoğunlukla nem ve kütle kaybından kaynaklanan kalıntı artışı gözlenmiştir (Zhao ve ark. 2017a). Sonuçlar, kalıntı kaybının pestisitler arasında istatistiki olarak çoğunlukla farklı olduğunu ortaya koymuştur ( $p<0,05$ ). En yüksek işleme faktörü vakum kurutmayı içeren ve kurutma sürelerinin yüksek olduğu kurutma işlemleridir. Benzer şekilde, eriklerin 60 °C ve 70 °C kurutulmasıyla işleme faktörleri

tebuconazole, pyraclostrobin ve novaluron için sırasıyla (2,9), (4,59) ve (3,1) olarak bulmuşlardır. Kurutulduktan sonra, pestisitlerin suyun buharlaşması nedeniyle yoğunlaştığı tespit edildiği için işleme faktörleri 1'den fazla görüldüğü rapor edilmiştir (Noh ve ark. 2015; Im ve Ji 2016; Zhao ve ark. 2017a; Noh ve ark. 2019).



**Şekil 4.13.** Farklı kurutma yöntemlerinin işleme faktörleri

FAO (2009), işleme faktörlerinin, pestisit kalıntılarının su veya yağdaki çözünürlüğünden, pestisitlerin ham tarımsal ürünler (RAC, kontak veya sistemik) üzerindeki dağılımından, hasat öncesi veya hasat sonrası işlemlerde uygulanmasından çok etkilendiğini belirtmiştir. SC (süspansiyon konsantre) ve EW (suda yağ emülsiyonu) formülasyonları, daldırma işleminden sonra portakalların yüzeyine daha düzgün dağılmış ve WP (ıslanabilir toz) formülasyonundan daha kalıcı olduğu, pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri ve formülasyonda kullanılan taşıyıcıların farklı yapıları veya balmumuna yapışma yeteneklerinden dolayı olduğunu ve ayrıca bu sonuçların formülasyon tiplerinden de etkilenebileceği düşünülmektedir (Noh ve ark. 2015).

İşleme faktörleri ( $P_f$ ) işlenmiş ürünlerin yasal mevzuata uygunluğunun MRL ile değerlendirilmesi sırasında kullanılmalıdır. İşlenmiş ürünün MRL değeri, uygun işleme faktörünün işlenmemiş tarım ürününe ait MRL değerine bölünmesi ile elde edilir. Dolayısıyla 1'den büyük elde edilen işleme faktörleri MRL değerini düşürecek, düşük

olanlar ise yükselterek yasal limitin yükselmesine sebep olacaktır (Anonim 2016). Dolayısıyla yasal düzenlemelerin gerçekleştirilmesi için işleme faktörlerinin bilimsel çalışmalarla ortaya konulması elzemdir. Bu bağlamda, Alman Federal Risk Değerlendirme Enstitüsü, yapılan çalışmalardan çeşitli gıdalar, pestisitler ve gıda işlemleri için işleme faktörlerini oluşturmaktadır (Scholz ve ark. 2017). Ayrıca literatürde yapılan birtakım çalışmalarla da işleme faktörleri ortaya konulmaktadır (Li ve ark. 2012, Özel ve Tiryaki, 2018, Polat ve Tiryaki, 2019). Yapılan bu çalışmaların verileri bu tez kapsamında elde edilen verilerle uyumlu olduğu gözlenmiştir.



## 5. SONUÇ

Gıdaların maruz kaldığı işlemler sonucunda, başlangıçta içerdikleri pestisit kalıntı miktarları aktif maddenin fiziko-kimyasal özelliklerine ve geçirdikleri işlemlere bağlı olarak artma veya azalma eğilimi gösterebilmektedirler. Bu işlemler, yıkama, soyma, meyve suyu eldesi, ısıtma, kurutma, pişirme, depolama gibi süreçleri içerebilmektedir.

Bu tez kapsamında incelenen, pestisit kalıntılarının çeşitli evsel işlemler (gelişigüzel yıkama, kabuk soyma, pulp, meyve suyu eldesi, reçel, rendelenip dondurulmuş kabukların belirli sürede depolanması), farklı yıkama uygulamaları (soğuk suda, sodyum karbonat ve sodyum klorürle, asetik asit, elma sirkesi ve üzüm sirkesiyle) ve kurutma yöntemleri (sıcak hava, mikrodalga ön işlemlerle sıcak hava, vakum kurutma ve mikrodalga ön işlemlerle vakum kurutma) sonucunda değişim oranlarının, işlem türüne, pestisitlerin fiziko-kimyasal yapısına ve ürünün doğasına bağlı olduğu sonucuna varılmıştır

Bu kapsamda pestisit kalıntılarının, büyük oranda portakalların kabuklarında dağıldığı, meyve suyuna ve reçele işlenmesi ve farklı yıkama uygulamaları sırasında azaldığı gözlenmiştir. Yıkama solüsyonların derişimleri arttıkça pestisit kalıntılarının kademeli olarak azaldığı görülmüş ve tüm yıkama uygulamalarında işleme faktörü 1'in altında elde edilmiştir. Her ne kadar soğuk suda bekleterek yıkama işlemi kalıntıları azaltsa da evsel uygulamalarda yapılan ovalanarak suyun altında yıkama ve farklı kimyasal yıkama solüsyonlarda bekleterek yıkama işlemleri pestisit kalıntılarını daha fazla azalttığı gözlenmiştir. Asidik çözeltiler arasında asetik asit, elma sirkesi ve üzüm sirkesine kıyasla pestisit kalıntılarının giderilmesine karşı güçlü bir tutum sergilemiştir, Sodyum karbonat, sodyum klorür ile karşılaştırıldığında daha fazla indirgeme gücü olduğundan en etkili yıkama solüsyonu olarak tespit edilmiştir. Tüm yıkama işlemleri kıyaslandığında, %10'luk sodyum karbonat, abamectin, buprofezin, etoxazole, imazalil ve thiophanate-methyl kalıntılarının asidik ve nötr uygulamalardan daha fazla oranda miktarlarını azalttığı saptanmıştır. Bu nedenle, meyvelerdeki kalıntıları gidermek için musluk suyunun yanı sıra kimyasal solüsyonlu yıkama uygulamaları da yapılmalıdır. Diğer bir taraftan pestisit kalıntılarının en yüksek oranda dağıldığı turunçgil kabukları pastacılık sektöründe sıklıkla kullanılan bir hammadde olduğundan kullanılmadan önce pestisit

gideriminin bu yöntemlerle etkin bir şekilde yapılması önerilmektedir. Elde edilen diğer bir sonuç, donmuş koşullarda dahi depolama süresi arttıkça kalıntı miktarının azalmasıdır.

Kurutma yöntemlerinde ise pestisit kalıntılarının konsantrasyonu artmıştır ve işleme faktörleri 1'den büyük tespit edilmiştir. İşleme faktörleri buharlaşmayla nem kaybından dolayı artış gösterdiği düşünülmektedir. Bu husus kurutulmuş ürünlerde risk değerlendirilme yapılacağı zaman dikkate alınması gereken bir durumdur. Kurutma süresini azalttığı için ürün kalitesini de koruduğu düşünülen en avantajlı kurutma yöntemi mikrodalga ön işlemlili sıcak hava ve mikrodalga ön işlemlili vakum kurutma yöntemi olarak belirlenmiştir. Çünkü kurutma koşullarında sıcaklık yükseldikçe (60-70-80 °C) ve vakum kurutmada basınç arttıkça (15 ve 30 kPa) pestisit kalıntılarının derişimleri azalmakta ve kurutma süresi de kısalmaktadır. Tüm bu hususlar göz önünde bulundurularak, gıda endüstrisi portakal meyvesinin işlenmesi sırasında mikrodalga enerjisi ön işlem olarak uygulanabileceği sonucuna da varılabilmektedir.

İşleme faktörleri pestisitlerin fiziko-kimyasal yapısına ve işleme tekniğine bağılı olarak değıştığınden, farklı işleme süreçlerini dikkate alarak kapsamlı çalışmalar farklı ürünler için de gerçekleştirilmelidir.

Piyasaya arz edilen gıdaların yasal mevzuatlarla uyumlu ve dolayısıyla güvenli olduğunun ortaya konulması için olası tüm işlenmiş gıdalarda pestisit kalıntı seviyelerinin ortaya konması gerekmektedir. Yasal mevzuatlarda 1000'i aşkın pestisit aktif maddesi için MRL belirlendiğı dikkate alınırca, işleme faktörlerini belirlemek için daha fazla çalışma yapılması gerektiğı sonucuna varılabilir. Gıda işlemleri sırasında, işlem koşullarında pestisit kalıntı miktarının değışimi incelenirken ortaya çıkabilecek olası metabolitleri ve toksik etkiler de ayrıca incelenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Abdullah, Randhawa, M. A., Akhtar, S., Mansoor-Ul-Hassan, Asghar, A., Sohaib, M., Aadil, R.M., Jahangir, M. A. 2016a.** Assessment of different washing treatments to mitigate imidacloprid and acetamaprid residues in spinach. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(11): 3749–3754. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7563>
- Abdullah, Randhawa. M.A., Asghar, A., Pasha, I., Usman, R., Shamoan, M., Bhatti, M.A. Irshad, M.A., Ahmad, N. 2016b.** Evaluation of various soaking agents as a novel tool for pesticide residues mitigation from cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis). *Journal of Food Science and Technology*, 53(8): 3312–3319. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2307-8>
- Abou-Arab, A. A. K. 1999.** Behavior of pesticides in tomatoes during commercial and home preparation. *Food Chemistry*, 65: 509–514.
- Afifi, F.U., Hajjo, R.M., Battah, A.H. 2010.** Medicinal Plants, Pesticide Residues, and Analysis: Handbook of Pesticides Methods of Pesticide Residues Analysis, Editörler: Nollet, L.M.L., Singh-Rathore, H., CRC Press, s. 401-430.
- Alasalvar, C., Shahidi, F. 2013a.** Composition, phytochemicals, and beneficial health effects of dried fruits: An overview. In C. Alasalvar, & F. Shahidi (Eds.), *Dried fruits: Phytochemicals and health effects* (pp. 1-18). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Alasalvar, C., Shahidi, F. 2013b.** Nutritional composition, phytochemical, and health benefits of dates. In C. Alasalvar, & F. Shahidi (Eds.), *Dried fruits: Phytochemicals and health effects* (pp. 428-443). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Alibas, I. 2007.** Microwave, air and combined microwave-air-drying parameters of pumpkin slices. *Lwt-Food Sci. Technol.*, 40(8): 1445–1451.
- Alibas, I. 2009.** Microwave, vacuum, and air drying characteristics of collard leaves. *Drying Technology*, 27(11): 1266-1273. <http://dx.doi.org/10.1080/07373930903267773>
- Alibas, İ., Köksal, N. 2014.** Convective, vacuum and microwave drying kinetics of mallow leaves and comparison of color and ascorbic acid values of three drying methods. *Food Sci. Technol, Campinas.*, 34(2): 358-364.
- Akdaş, S., Başlar, M. 2014.** Dehydration And Degradation Kinetics Of Bioactive Compounds For Mandarin Slices Under Vacuum And Oven Drying Conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 1098–1107.
- Altikat, A., Turan, T., Ekmekyapar-Torun, F., Bingül, Z. 2009.** Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2): 87-92.
- Ambrus, A. 2000.** Within and between field variability of residue data and sampling implications. *Food Additives & Contaminants*, 17(7): 519-537.
- Ameen, A.O. 2019.** *Citrus Limon* (Limon) Meyvesinin Kabuk, İç Zar ve Yaprak Öütlerinin Biyolojik aktivite Potansiyelinin Belirlenmesi ve *Stenotrophomonas Maltophilia* Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Gaziantep Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı, Gaziantep.
- Amir, R.M., Randhawa, M.A., Nadeem, M., Ahmed, A., Ahmad, A., Khan, M.R., Khan, M.A., Kausar, R. 2019.** Assessing and Reporting Household Chemicals as a Novel Tool to Mitigate Pesticide Residues in Spinach (*Spinacia oleracea*). *Scientific Reports*, 9:1125.
- Anastassiades M., Lehotay S.J., Stajnbaher D. and Schenck F.J. 2003.** Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and Dispersive

Solid-Phase Extraction for the Determination of Pesticide Residues in Produce. *Journal of AOAC International*, 86: 412–431.

**Andrade, G.C.R.M., 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. *J. Braz. Chem. Soc.*, 26(10): 1994-2002.

**Anonim, 2008.** OECD guidance document on the magnitude of pesticide residues in processed commodities ENV/JMMONO (2008) 23. <http://www.oecd.org/env/ehs/pesticidesbiocides/publicationsonpesticideresidues.htm>. (Erişim tarihi: 29 Kasım 2019).

**Anonim, 2011.** Türk gıda kodeksi. Gıdalarda pestisit kalıntılarının resmi kontrolü için numune alma metotları tebliği (2011/34). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 15 Ağustos 2011 ve 28026 sayılı Resmî Gazete, Ankara.

**Anonim, 2016.** Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği. Resmi Gazete (25 Kasım 2016 ve 29899 sayılı), Ankara.

**Anonim, 2017.** Amerika Birlesik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA). <https://www.usda.gov.tr>

**Anonim, 2018a.** <http://www.utk.org.tr/FilePath/pdf/utk-icin-ozet-tablolar.pdf>

**Anonim, 2018b.**

[https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/rasff\\_annual\\_report\\_2016.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/rasff_annual_report_2016.pdf)

**Anonim, 2018c.** <http://www.yms.org.tr/files/downloads/istatistikler/2018/ocak-2018.pdf>

**Anonim, 2019a.** <http://yms.org.tr/files/downloads/istatistikler/2019/ocakkasim2019.pdf>

**Anonim, 2019b.** Amerika Birlesik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA). <https://www.usda.gov.tr>

**Anonim, 2019c.** Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). Erişim tarihi: 12.09.2019. <http://www.tuik.gov.tr>.

**Anonim,**

**2019d.**

[http://www.tarimkutuphanesi.com/TURUNCGIL\\_CESITLERI\\_00642.html](http://www.tarimkutuphanesi.com/TURUNCGIL_CESITLERI_00642.html).

Erişim

Tarihi: 06.11.2019

**Anonim,**

**2019e.**

[https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/1757/Pestisit\\_Kalinti\\_Limit\\_Degerlendirmesi\\_Isleme\\_Faktor](https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/1757/Pestisit_Kalinti_Limit_Degerlendirmesi_Isleme_Faktor) Erişim Tarihi: 10.12.2019

**Anonim, 2019f.** <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov> Erişim Tarihi: 04.11.2019

**Antal, T. 2015.** Comparative study of three drying methods : freeze , hot air- assisted freeze and infrared-assisted freeze modes. *Agronomy Research*, 13(4): 863–878.

**AOAC, 2007.** Official Methods of Analysis. Pesticide Residues in Foods by Acetonitrile Extraction and Partitioning with Magnesium Sulfate Gas Chromatography/MassSpectrometry and Liquid Chromatography/Tandem MassSpectrometry (2007.01).

**Aslansoy, Z. 2012.** Ozonlama İşleminin Limondaki Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

**Athanasopoulos, P.E., Pappas, C. 2000.** Effects of fruit acidity and storage conditions on the rate of degradation of azinphos methyl on apples and lemons. *Food Chemistry*, 69: 69-72.

**Athanasopoulos, P.E., Pappas, C., Kyriakidis, N.V., Thanos, A. 2005.** Degradation of methamidophos on sultantina grapes on the vines and during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 91: 235–240.

- Ayyıldız, S. 2018.** Meyvelerden Yapılan Yemeklerin Sürdürülebilir Gastronomi Kapsamında Değerlendirilmesi; Osmanlı Mutfak Kültürü Örneği. *International Gastronomy Tourism Studies Congress- Kocaeli University*.
- Bajwa, U., Singh-Sandhu, K. 2014.** Effect of handling and processing on pesticide residues in food- a review. *Journal Food Science Technology*, 51(2): 201–220.
- Balinova, A., Mladenova, R., D. Obretenchev, D. 2006.** Effect of grain storage and processing on chlorpyrifos-methyl and pirimiphos-methyl residues in post-harvest treated wheat with regard to baby food safety requirements. *Food Additives and Contaminants*, 23: 391–397, 1944-0049.
- Balinova, A.M., Mladenova, R.I., ve Shtereva, D.D. 2007.** Study on the effect of grain storage and processing on deltamethrin residues in post-harvest treated wheat with regard to baby-food safety requirements. *Food Additives and Contaminants*, 24(8): 896–901.
- Baltacı, H.M. 2015.** Ozonla Pestisit Giderimi Uygulamasının Domateste Renk ve C Vitaminine Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Banshtu, T., Kumar Patyal, S., & Negi, S. 2018.** Effect of Processing on Profenofos and Chlorpyrifos Residues in Cauliflower Curds. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(10): 2610–2619. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.303>
- Bhagirathi, D., Kapoor S.K., ve Singh, B. 2001.** Persistence of malathion residues on/in bell pepper (*Capsicum annuum* Linn). *Pesticide Research Journal*, 13: 99-102.
- Besil, N., Cesio, V., Luque, E., Pintos, P., Rivas, F., Heinzen, H. 2018.** Dissipation of Pre-Harvest Pesticides on ‘Clementine’ Mandarins after Open Field Application, and Their Persistence When Stored under Conventional Postharvest Conditions. *Horticulturae*, 4: 55.
- Bhagirathi, D., Kapoor S.K., ve Singh, B. 2001.** Persistence of malathion residues on/in bell pepper (*Capsicum annuum* Linn). *Pesticide Research Journal*, 13: 99-102.
- Birişik, N. 2018.** Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele ve Gelecek Stratejisi, Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele. Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Mıtsa Basımevi, 17-50.
- Bonnechere, A., Hanot, V., Bragard, C., Bedoret, T., Loco, J. 2012.** Effect of household and industrial processing on the levels of pesticide residues and degradation products in melons. *Food Addit Contam Part A: Chem Anal Control Expo Risk Assess.*, 29: 1058–1066.
- Boulaid, M., Aguilera, A., Camacho, F., Garcia-Fentes, L., Valverde, A. 2012.** Effect of household processing and unit to unit variability of azoxystrobin, acrinathrin and kresoximmethyl residues in zucchini. *Food Control*, 25: 594-600.
- Boulaid, M., Aguilera, A., Camacho, F., Soussi, M., Valverde, A. 2005.** Effect of household processing and unit-to-unit variability of pyrifenoxy, pyridaben and tralomethrin residues in tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4054–4058.
- Bouzari, A., Holstege, D., Barrett, D.M. 2015.** Vitamin retention in eight fruits and vegetables: A comparison of refrigerated and frozen storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63: 957–962.
- Calvaruso, E., Cammilleri, G., Pulvirenti, A., Dico, G.M.L., Cascio, G.L., Giaccone, V., Badaco, V.V., Cipri, V., Alessandra, M. M., Vella, A., Macaluso, A., Bella, D.C., Ferrantelli, V. 2019.** Residues of 165 pesticides in citrus fruits using LCMS/ MS: a study of the pesticides distribution from the peel to the pulp. *Natural Product Research*, 34-38. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1561682>.

- Candan, N. 2008.** Antalya Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Washington Navel ve Valencia Portakal (*Citrus Sinensis* L.) Çeşitlerinde Çiçek ve Meyve Dökümü Dönemlerinde Indol-3-Asetik Asit (Iaa) Düzeylerindeki Değişimler. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.
- Cengiz, M. F., Certel, M., Karakas, B., Gocmen, H. 2006.** Residue contents of DDVP (Dichlorvos) and diazinon applied on cucumbers grown in green houses and their reduction by duration of a pre-harvest interval and post-harvest culinary applications. *Food Chemistry*, 98: 127–135.
- Cengiz, M.F., Certel, M., Karakas, B., Gocmen, H. 2007.** Residue contents of çaptan and procymidone applied on tomatoes grown in green houses and their reduction by duration of a preharvest interval and post-harvest culinary applications. *Food Chemistry*, 100: 1611–1619.
- Cengiz, M.F., Başlar, M., Basançelebi, O., Kılıçlı, M. 2017.** Reduction of pesticide residues from tomatoes by low intensity electrical current and ultrasound applications. *Food Chemistry*, 267: 60-66.
- Chauhan, R., Monga, S., Kumari, B. 2012a.** Dissipation and decontamination of Bifenthrin residues in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Bull Environ Contam Toxicol.*, 89: 181–186.
- Chauhan, R., Monga, S., Kumari, B. 2012b.** Effect of processing on reduction of  $\lambda$ -cyhalothrin residues in tomato fruits. *Bull Environ Contam Toxicol.*, 88: 352–357.
- Chavarri, M.J., Herrera, A., Arino, A. 2004.** Pesticide residues in field-sprayed and processed fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 1253-1259.
- Chavarri, M.J., Herrera, A., Arino, A. 2005.** The decrease in pesticides in fruit and vegetables during commercial processing. *International Journal of Food Science and Technology*, 40: 205-211.
- Chen, J.Y., Lin, Y.J., ve Kuo, W.C. 2013.** Pesticide residue removal from vegetables by ozonation. *Journal of Food Engineering*, 114: 404-411.
- Chen, W., Liu, Y., & Jiao, B. 2016.** Dissipation behavior of five organophosphorus pesticides in kumquat sample during honeyed kumquat candied fruit processing. *Food Control*, 66, 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.033>
- Chong, N.V.W., Pindi, W., Chye, F.Y., Md Shaarani, S., Lee, J.S. 2015.** Effects of Drying Methods on the Quality of Dried Sea Cucumbers from Sabah – A Review. *International Journal of Novel Research in Life Sciences*, 2(4): 49-64.
- Chowdhury, M.A.Z., Jahan, I., Karim, N., Alam, M.K., Rahman, M.A., Moniruzzaman, M., Gan, S.H., Fakhruddin, A.N.M. 2014.** Determination of Carbamate and Organo-phosphorus Pesticides in Vegetable Sam-ples and the Efficiency of Gamma-Radia-tion in Their Removal. *BioMed Research International*, 9.
- Chung, S.W.C. 2018.** How effective are common household preparations on removing pesticide residues from fruit and vegetables? A review. *J Sci Food Agric.*, 98: 2857–2870.
- Claeys, W.L., Meng Z.Y., Wang, P, Lu, C.L., Yang, Y.Z., Zhang, L., Liu, L., Chen, S. 2011.** Exposure of several Belgian consumer groups to pesticide residues through fresh fruit and vegetable consumption. *Food Control*, 22: 508–516.
- Codex Alimentarius Commission (CAC), 1999.** Recommended methods of sampling for the determination of pesticide residues for compliance with MRLs, CAC/GL 33. Erişim Tarihi: 2 Eylül 2019, from [www.codexalimentarius.net/download/standards/361/CXG\\_033e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/361/CXG_033e.pdf)



- Codex Alimentarius Commission (CAC), 2009.** Maximum Residue Limits (MRLs) for pesticides, CAC MRL/1., Erişim Tarihi: 2 Eylül 2019 from <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/en/>
- Çetinkaya-Açar Ö. 2015.** Pestisit Analizleri Eğitim Notu. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Ulusal Gıda Referans Laboratuvarı Kalıntı/Pestisit Birimi.
- Çetinkaya-Açar, Ö., Avcı, A., Kırış, S., Metin, Ö., Diler, F. 2010.** Pestisit analizlerine genel bakış. *UGRL Dergisi*, 1(1): 37-41.
- Delen N., Durmusoglu E., Günçan A., Güngör N., Turgut C. ve Burçak A. 2005.** Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları. VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi. Ankara.
- Depilli, T., Lovino, R., Maenza, S., Derossi, A., Severini, C. 2008.** Study on operating conditions of orange drying processing: Comparison between conventional and combined treatment. *J. Food Process. Preserv.*, 32: 751-769.
- Dordevic, T., ve Durovic-Pejcev, R. 2015.** Dissipation of chlorpyrifos-methyl by *Saccharomyces cerevisiae* during wheat fermentation. *LWT-Food Science and Technology*, 61: 516-523.
- Dordevic, T. Durovic-Pejcev, R. 2016a.** Food processing as a means for pesticide residue dissipation. *Pesticide and Phytomedicine*, 31(3-4): 89-105.
- Dordevic, T., ve Durovic-Pejcev, R. 2016b.** Evaluation of *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae* in the presence of bifenthrin. *Current Microbiology*, 72: 680-691.
- Erbey, Ö. 2018.** Kayıtsız Kullanılan Bazı Pestisitlerin Farklı İşleme Yöntemleri Sonrasında Kalıntı Durumunun Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Harran Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa.
- European Commission, 2002.** 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*, L 187, 30-45. Erişim Tarihi: 2 Eylül 2019 from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:187:0030:0043:EN:PDF>
- European Commission, 2005.** Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC, *Official Journal of the European Communities*, L 70, 1-16. Erişim Tarihi: 4 Ekim 2019, from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:070:0001:0016:EN:PDF>
- EN15662:2008,** Foods of plant origin - Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE - QuEChERS-method. Erişim Tarihi: 02 Eylül 2019.
- Eurostat, 2016.** <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20181015-1> Erişim Tarihi: 09.09.2019.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2019.** <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009.** Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed, 2nd edn. FAO Plant Production and Protection Paper 197, pp 46-69.

- Ghani, S.B.A., Hanafi, A., Nasr, I.N. 2010.** Non-toxic Washing Solutions for Decreasing Myclobutanil, Fenhexamid and Boscalid Residues in Sweet Pepper and Cherry Tomatoes. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(8): 3360–3365.
- Ghasemi, K., Ghasemi, Y., Ebrahimzadeh, M.A. 2009.** Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. *Pak J Pharm Sci*, 22(3): 277-281.
- Gonzalez-Molina, E., Moreno, D. A., García-Viguera, C. 2009.** A new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomegranate juices. *Food Chemistry*, 115(4): 1364–1372.
- Guarnieri, S., Riso, P., Porrini, M. 2007.** Orange juice vs vitamin C: effect on hydrogen peroxide-induced DNA damage in mononuclear blood cells. *Br J Nutr*, 97: 639-643.
- Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, J., Oliveira, J. 2006.** Optimisation of dehydration and rehydration properties of cooked chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing microwave-hot air combination drying. *Trends Food Sci. Technol.*, 17 (4): 177–183.
- Hadzhikinova, M., Prokopov, T., Taneva, D. 2006.** Decontaminating effect in the processing of contaminated with pesticides cherries. *Khranitelno vkusova Promishlenost*, 12: 24-27.
- Hamilton, D., Ambrus, A., Dieterle, R., Felsot, A., Harris, C., Petersen, B., Racke, Ki, Wong, S.S., Gonzalez, R., Tanaka, K., Earl, M., Roberts, G., Bhula, R. 2004.** Pesticides residues in food-acute dietary exposure. *Pest Management Science*, 60: 311–339.
- Han, Y., Li, W., Dong, F., Xu, J., Liu, X., Li, Y., Kong, Z., Liang, X., Zheng, Y. 2013.** The behavior of chlorpyrifos and its metabolite 3,5,6-trichloro-2-pyridinol in tomatoes during home canning. *Food Control*, 31: 560-565.
- 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.
- Harinathareddy, A., Prasad, N. B. L., Devi, K. L., Raveendranath, D., Ramesh, B., April, M., April, M. 2015.** Risk Mitigation Methods on the Removal of Pesticide Residues in Grapes Fruits for Food Safety. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 6: 1568–1572.
- Harinathareddy, A., Prasad, N.B.L., Lakshmi-Devi, K. 2014.** Effect Of Household Processing Methods On The Removal Of Pesticide Residues in Tomato Vegetable. *J. Environ. Res. Develop.*, 9: 1.
- Hassan, H., Elsayed, E., El-Raouf, E.R., Salman, S.N. 2018.** Method validation and evaluation of household processing on reduction of pesticide residues in tomato. *J Consum Prot Food Saf.*, 14 (1): 31-39.
- Hendawi, M. Y., Romeh, A.A., Mekky, T.M. 2013.** Effect of food processing on residue of imidacloprid in strawberry fruits. *J Agr. Sci Tech.*, 15: 951-959
- Holland, P. T., Hamilton, D., Ohlin, B., Skidmore, M. 1994.** Effects of storage and processing on pesticide residues in plant products. *Pure & Applied Chemistry*, 66: 335–356. DOI: 10.1351/pac199466020335.
- Hwang, E.S., Cash, J.N., Zabik, M.J. 2001.** Postharvest treatments for the reduction of mancozeb in fresh apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 3127- 3132.
- Iizuka, T., ve Shimizu, A. 2014.** Removal of pesticide residue from Brussels sprouts by hydrostatic pressure. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 22: 70-75



- Im, M.H., Ji, Y.J. 2016.** A review on processing factors of pesticide residues during fruits processing. *J Appl Biol Chem.*, 59(3): 189–201. <http://dx.doi.org/10.3839/jabc.2016.034>
- Jacobo-Suarez, A., Alcanter-Rosales, V.M., Alonso-Segura, D., Heras-Ramirez, 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*, 10(3): 192–199.
- Jaggi, S., Sood, C., Kumar, V., Ravindranath, S. D., Shanker, A. 2000.** Loss of quinalphos during tea processing. *Pestology*, 24(12): 42–46.
- Jiao, A., Xu, X., Jin, Z. 2014.** Modelling of dehydration–rehydration of instant rice in combined microwave-hot air drying. *Food and Bioproducts Processing*, 92: 259–265.
- Jung, J.K., Park, S.Y., Kim, S.H., Kang, J.M., Yang, J.Y., Kang, S.A., Park, K.Y., 2009.** Removal effects of bifenthrin and metalaxyl pesticides during preparation and fermentation of baechu kimchi. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38(9): 1258-1264.
- Kafa, G. 2015.** Türkiye’de Yetiştirilen Başlıca Limon Çeşitleri. Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Erdemli-Mersin.
- Kamiloğlu, S., Toydemir, G., Boyacıoğlu, D., Beekwilder, J., Hall, R.D., Çapanoğlu, E. 2016.** A Review on the Effect of Drying on Antioxidant Potential of Fruits and Vegetables. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 56(1): 110-29. doi: 10.1080/10408398.2015.1045969.
- Kang, S.M., Lee, M.G. 2005.** Fate of some pesticides during brining and cooking of Chinese cabbage and spinach. *Food Science Biotechnology*, 14: 77–81.
- Kaushik, G., Satya, S., Naik, S. N. 2009.** Food processing a tool to pesticide residue dissipation – A review. *Food Research International*, 42: 26–40.
- Keifer, M.C. and Firestone J. 2007.** Neurotoxicity of pesticides. *J. Agromedicine*, 12(1): 17-25.
- Kırış, S. 2014.** Pestisit kalıntılarının ozon uygulaması ile zeytinlerden uzaklaştırılması ve zeytinyağına geçiş düzeyinin belirlenmesi. *Doktora Tezi*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kızılaslan, N., Yaşa, Ö. 2011.** Türkiye’deki Tarımsal Mücadele Üretim Tüketim Ve Dış Ticaretinin Avrupa Birliği Uyum Sürecinde Gelişim Seyri. GOÜ, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2): 103-116.
- Kim, N.H., Park, K.A., Jung, S.Y., Jo, S.A., Kim, Y.H., Park, H.W., Lee, J.M., Yu, I.S., Jung, K. 2016.** Meta-analytic approach to the effects of food processing treatment on pesticide residues in agricultural products. *Korean J Pestic Sci*, 20: 14–22.
- 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.
- Kontou, S., Tsipi, D., Tzia, C. 2004.** Stability of the dithiocarbamate pesticide maneb in tomato homogenates during cold storage and thermal processing. *Food Additives and Contaminants*, 21(11): 1083-1089.
- Kruve, A., Lamos, A., Kirillova, J., Herodes, K. 2007.** Pesticide residues in commercially available oranges and evaluation of potential washing methods. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Chemistry*, 56(3): 134–141.

- Kumar, V., Sood, C., Jaggi, S., Ravindranath, S.D., Bhardwaj, S.P., Shankar, A. 2005.** Dissipation behavior of propargite-an acaricide residues in soil, apple (*Malus pumila*) and tea (*Camellia sinensis*). *Chemosphere*, 58: 837-843.
- Kurowska, E.M., Manthey, J.A. 2004.** Hypolipidemic effects and absorption of citrus polymethoxylated flavones in hamsters with diet-induced hypercholesterolemia. *J Agric Food Chem.*, 52(10): 2879-86.
- Kusvuran E, Yildirim D, Mavruk F, Ceyhan M. 2012.** Removal of chlorpyrifosethyl, tetradifon and chlorothalonil pesticide residues from citrus by using ozone. *J Hazard Mat.*, 241-242: 287-300.
- 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.
- Lalah, J. O., Wandiga, S. O. 2002.** The effect of boiling on the removal of persistent malathion residues from stored grains. *Journal of Stored Products Research*, 38: 1–10.
- Laopoolkit, P., Suwannaporn, P. 2011.** Effect of pretreatments and vacuum drying on instant dried pork process optimization. *Meat Science*, 88: 553–558.
- Lee, M.G. 2001.** Reduction of chlorpyrifos and fenitrothion residues in red pepper peel by washing and drying. *Food Science and Biotechnology*, 10: 429-437.
- Lentza-Rizos, C., ve 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
- Li, M., Liu, Y., Fan, B., Lu, J., He, Y., Kong, Z., Wang, F. 2015.** A chemometric processing-factor-based approach to the determination of the fates of five pesticides during apple processing. *LWT – Food Science and Technology*, 63: 1102-1109.
- 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. *Eur Food Res Technol.*, 234: 449–456.
- Liang, Y., Wang, W., Shen, Y., Liu, Y., Liu, X.J. 2012.** Effects of home preparation on organophosphorus pesticide residues in raw cucumber. *Food Chemistry*, 133: 636-640.
- Lin L, Xie M, Liang Y, He Y, Chan GY, Luan T. 2012.** Degradation of cypermethrin, malathion and dichlorovos in water and on tea leaves with O<sub>3</sub>/UV/TiO<sub>2</sub> treatment. *Food Control*, 28: 374-379.
- 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.
- Liu, T., Zhang, C., Peng, J., Zhang, Z., Sun, X., Xiao, H., Sun, K., Pan, L., Liu, X., Tu, K. 2016.** Residual Behaviors of Six Pesticides in Shiitake from Cultivation to Postharvest Drying Process and Risk Assessment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(47): 8977–8985. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04027>
- Liu, Y., Sub, X., Jianc, Q., Chena, W., Suna, D., Gong, L., Jianga, L., Jiaoa, B. 2016.** Behaviour of spirotetramat residues and its four metabolites in citrus marmalade during home processing. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 33(3): 452–459. <http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2015.1137638>
- Lopresto, C.G., Petrillo, F., Casazza, A.A., Aliakbarian, B., Perego, P., Calabro, V. 2014.** A non-conventional method to extract D-limonene from waste lemon peels and comparison with traditional Soxhlet extraction. *Sep. Purif. Technol.*, 137: 13–20.

- Lorente, J., Vegara, S., Martí, N., Ibarz, A., Coll, L., Hernández, J., Valero, M., Saura, D. 2014.** Chemical guide parameters for Spanish lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.) juices. *Food Chemistry*, 162: 186–191.
- Lozowicka, B., Jankowska, M. 2016.** Comparison of the effects of water and thermal processing on pesticide removal in selected fruits and vegetables. *Journal of Elementology*, 21: 99-111.
- Lozowicka, B., Jankowska, M., Kaczynski, P. 2016.** Behaviour of selected pesticide residues in blackcurrants (*Ribesnigrum*) during technological processing monitored by liquid-chromatography tandem mass spectrometry. *Chemical Papers*, 70(5): 545–555.
- Magwaza, L.S., Opara, U.L., Nieuwoudt, H., Cronje, P.J.R., Saeys, W., Nicolaï, B. 2012.** *Food Bioprocess Technol.*, 5: 425–444. doi:10.1007/s11947-011-0697-1.
- Marshall, W.D. 1982.** Preprocessing oxidative washes with alkaline hypochlorite to remove ethylenebis (dithiocarbamate) fungicide residues from tomatoes and green beans. *J Agric Food Chem.*, 30: 649–652.
- Martin, L., Mezcua, M., Ferrer, C., Gil-Garcia, M.D., Malato, O., Fernandez-Alba, A.R. 2013.** Prediction of the processing factor for pesticides in apple juice by principal component analysis and multiple linear regression. *Food Addit Contam Part A*, 30:466–476.
- Mee Kin, C., Guan Huat, T. 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.038>
- M’hiri, N., Ioannou, I., Ghoul, M., Mihoubi-Boudhrioua, N. 2016.** Phytochemical characteristics of Citrus peel and effect of processing on phenolic compounds: A review. *Food Rev. Int.*, 33(6): 587–619, <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2016.1196489>.
- M’hiri, N., Ghali, R., Nasr, B., Boudhrioua, N. 2018.** Effect of different drying processes on functional properties of industrial lemon byproduct. *Process Safety and Environmental Protection*, 116: 450–460.
- Milind, P., Dev, C. 2012.** Orange: Range of Benefits. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(7): 59-63.
- Misra, N. N., Pankaj, S. K., Walsh, T., O’Regan, F., Bourke, P., Cullen, P. J. 2014.** In-package nonthermal plasma degradation of pesticides on fresh produce. *Journal of Hazardous Materials*, 271: 33-40.
- Misra, N. 2015.** The contribution of non-thermal and advanced oxidation technologies towards dissipation of pesticide residues. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2): 229–24.
- Misra, N.N., Sarangapani, C., Milosavljevic, V., Bourke, P., O’Regan, F., Cullen, P.J., 2016.** Pesticide degradation in water using atmospheric air cold plasma. *Journal of Water Process Engineering*, 9: 225-232.
- Navarro, S., Perez, G., Navarro, G., Vela, N. 2007.** Decline of pesticide residues from barley to malt. *Food Additives and Contaminants*, 24(8): 851–859.
- Niell, S., Besil, N., Colazzo, M., Veronica-Cesio, M., Heinzen, H. 2017.** QuEChERS and Other MRM Sample Preparation Methods SPE, SPME, DLLME, SBSE, ASE, MAE, SFE: Multiresidue Methods for the Analysis of Pesticide Residues in Food, Editörler: Heinzen, H., Nollet, L.M.L., Fernandez-Alba, A.R., CRC Press, s. 132-160.
- Noh, H.H., Kim, D.K., Lee, E.Y., Chang, M.I., Im, M.H., Lee, Y.D., Kyung, K.S. 2015.** Effects of oven drying on pesticide residues in field-grown chili peppers. *Journal*

- of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 58(1): 97–104.  
<https://doi.org/10.1007/s13765-015-0016-z>
- Noh, H.H., Moon, B., Ro, J., Kyung, K.S., Kwon, H., Lee, H.S. 2019.** Determination of Pyraclostrobin and Trifloxystrobin Residues in Red Pepper Powder Processed from Raw Red Pepper. *Food Analytical Methods*, 12(1): 94–99.  
<https://doi.org/10.1007/s12161-018-1341-8>
- Oliva, J., Cermeño, S., Cámara, M.A., Martínez, G., ve Barba, A. 2017.** Disappearance of six pesticides in fresh and processed zucchini, bioavailability and health risk assessment. *Food Chemistry*, 229: 172-177.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0693-0>
- Öğüt, S., Seçilmiş-Canbay, H., Yılmaz, M. 2014.** Dondurularak saklanan kirazlardaki pestisit kalıntı miktarlarının zamanla değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(1): 72-77.
- Öncüer, C. 2000.** Tarımsal zararlılarla savaş yöntemleri ve ilaçları, 4. Baskı. Aydın, Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları, 118-48.
- Özbey, A. 2003.** Tıbbi Bitkilerde Pestisit Kalıntıları ve Bazı Proseslerin Kalıntı Düzeylerine Etkisi. (*Yüksek Lisans Tezi*), Hacettepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Özbey, A., Karagöz, Ş., ve Cingöz, A. 2017.** Effect of Drying process on pesticides residues in grapes. *Gıda*, 42 (2): 204-209.
- Özel, E., Tiryaki, O. 2019.** Elma ve işlenmiş ürünlerinde imidacloprid ve indoxacarb kalıntılarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 59: 23-32.
- Özkan-Karabacak, A. 2019.** Effects of different drying methods on drying characteristics, colour and in-vitro bioaccessibility of phenolics and antioxidant capacity of blackthorn pestil (leather). *Heat and Mass Transfer*, 1-12.
- Palou, L., Usall, J., Muñoz, J. A., Smilanick, J. L., Viñas, I. 2002.** Hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate for the control of postharvest green and blue molds of clementine mandarins. *Postharvest Biology and Technology*, 24(1): 93–96.  
[https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00178-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00178-8)
- Pareja, L., Lozana, A. 2017.** Most Common Sample Preparation Methods for Pesticide Residue Analysis Ethyl Acetate Method, Mini-Luke, and Matrix Solid Phase Dispersion: Multiresidue Methods for the Analysis of Pesticide Residues in Food, Editörler: Heinzen, H., Nollet, L.M.L., Fernandez-Alba, A.R., CRC Press, s. 54-91.
- Pazır, F., ve Turan, F. 2017.** Meyve ve sebzelerde karşılaşılabilen bazı pestisit kalıntılarının uzaklaştırılmasında kullanılan çeşitli yöntemler. *Journal of Food and Health Science*, 3(3): 109-116.
- Polat, B., Tiryaki, O. 2019.** Assessing washing methods for reduction of pesticide residues in Cacia pepper with LC-MS/MS. *J of Envir Sci and Health Part B*, Doi: 10.1080/03601234.2019.1660563.
- Pugliese, P., Molto, J.C., Damiani, P., Marin, R., Cossignani, L., Manes, J. 2004.** Gas chromatographic evaluation of pesticide residue contents in nectarines after nontoxic washing treatments. *Journal of Chromatography-A*, 1050: 185-191.
- Rafiee, S., Sharifi, M., Keyhani, A., Omid, M., Jafari, A., Mohtasebi, S.S., Mobli, H. 2010.** Modeling Effective Moisture Diffusivity Of Orange Slice (Thompson Cv.). *International Journal of Food Properties*, 13: 32–40.

- Randhawa, M. A., Muhammad-Anjum, F., Ahmed, A., Saqib-Randhawa, M. 2007.** Field incurred chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol residues in fresh and processed vegetables. *Food Chemistry*, 103: 1016-1023.
- Randhawa, M.A., Anjum, F.M., Asi, M.R., Ahmed, A., & Nawaz, H. 2014.** Field incurred endosulfan residues in fresh and processed vegetables and dietary intake assessment. *International Journal of Food Properties*, 17(5): 1109–1115.
- RASFF, 2018.** EU Rapid Alert System for Food and Feed. <https://webgate.ec.europa.eu/rasff>
- Rasmussen, R.R., Poulsen, M.E., Hansen, H.C.B. 2003.** Distribution of multiple pesticide residues in apple segments after home processing. *Food Additives and Contaminants*, 20(11): 1044–1063.
- Reiler, E., Jørs, E., Bælum, J., Huici, O., Alvarez-Caero, M.M., Cedergreen, N. 2015.** The influence of tomato processing on residues of organochlorine and organophosphate insecticides and their associated dietary risk. *Science of the Total Environment*, 527-528: 262-269.
- Reis, F.R. 2014.** Introduction to Low Pressure Processes Vacuum Drying for Extending Food Shelf-Life Edit: Reis, F.R., Springer, s.1-72.
- Rodrigues, A.A.Z., Queiroz, M.E.L.R., Oliveira, A. F., Nevesa, A.A., Helenob, F.F., Zambolim, L., Freitas, J.F., 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.
- Romeh, A.A., Mekky, T.M., Ramadan, R.A., Hendawi, M.Y. 2009.** Dissipation of profenofos, imidacloprid and penconazole in tomato fruits and products. *Bull Environ Contam Toxicol.*, 83:812–817.
- Ruediger, G.A., Pardo, K.H., Sas, A.N., Godden, P.W., Pollnitz, A.P. 2005.** Fate of pesticides during the winemaking process in relation to malolactic fermentation. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 53: 3023–3026.
- Sadlo, S., Szpyrka, E., Antos, P., Jozefczyk, R., Balawejder, M. 2017.** Reduction of captan, boscalid and pyraclostrobin residues on apples using water only, gaseous ozone, and ozone aqueous solution. *Ozone: Science & Engineering*, 39(2): 97–103.
- Saner, S., Yolci-Omeroğlu, P., Karadag, P. 2007.** Tarım İlaçları ve Gıda Güvenliği AB ile Son Yasal Düzenlemeler. Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi, 25-26 Ekim 2007, Ankara. Bildiriler Kitabı. p.24-36.
- SANTE, 2017.** 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.
- Sarangapani, C., O'Toole, G., Cullen, P. J., ve Bourke, P. 2017.** Atmospheric cold plasma dissipation efficiency of agrochemicals on blueberries. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.02.012>.
- 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.
- Schirra, M., D'Aquino, S., Palma, A., Angioni, A., Cabras, P. 2008.** Factors affecting the synergy of thiabendazole, sodium bicarbonate, and heat to control postharvest green mold of citrus fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22): 10793–10798. <https://doi.org/10.1021/jf802295m>



- 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.
- Sgarbiero, E., De Baptista, G.C., Trevizan, L.R.P. 2002.** Evaluation of degradation and persistence of pirimiphos-methyl residues in wheat grain and derived products. *Revista Brasileira de Toxicologia*, 15(1): 5–8.
- Shabeer, T.P.A., Banerjee, K., Jadhav, M., Girame, R., Utture, S., Hingmire, S., Oulkar, D. 2015.** Residue dissipation and processing factor for dimethomorph, famoxadone and cymoxanil during raisin preparation. *Food Chemistry*, 170: 180–185.
- Sharma, G.P., Prasad, S. 2001.** Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *J. Food Eng.*, 50 (2): 99–105.
- Shiboob, M.H., Madkour, M.H., Zaitoun, A.A. 2014.** Effect of washing and household processing on removal performance of some organophosphorus insecticides. *J Food Agric Environ.*, 12: 1255–1259.
- Soliman, K.M. 2001.** Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. *Food and Chemical Toxicology*, 39: 887- 891.
- Stapleton, D.R., Emery, R.J., Smith, C. 2005.** Degradation of 2-chloropyridine in water by ultraviolet and ultrasound irradiation. *International Journal of Environment and Pollution*, 28, 87-98.
- Stoytcheva, M. 2011.** Pesticides-Formulations, Effects, Fate. In: Pesticides in Agricultural Products: Analysis, Reduction, Prevention, Shokrzadeh, M. & Saeedi Saravi, S.S. (Ed), 225-242, Intech open access publisher, ISBN 978-953-307-532-7, Rijeka, Croatia.
- Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S. 2010.** Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2): 154-169.
- Tunçdemir, A. 2016.** Adıyaman il merkezinde çiftçilerin güvenli pestisit kullanımı ile ilgili bilgi, tutum, uygulamaları ve eğitimin etkisi. *Doktora Tezi*, İnönü Üniversitesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Adıyaman.
- Uygun, U., Koksel, H., Atli, A. 2005.** Residue levels of malathion and its metabolites and fenitrothion in post-harvest treated wheat during storage, milling and baking. *Food Chemistry*, 92: 643–647.
- Uygun, U., Ozkara, R., Ozbey, A., Koksel, H. 2007.** Residue levels of malathion and fenitrothion and their metabolites in post harvest treated barley during storage and malting. *Food Chemistry*, 100, 1165–1169.
- Uygun, U., Senoz, B., Koksel, H. 2008.** Dissipation of organophosphorus pesticides in wheat during pasta processing. *Food Chemistry*, 109(2): 355–360.
- Uysal, O., Polatöz, S. 2017.** Dünyada ve Türkiye'de Turunçgil Üretimi ve Dış Ticareti. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*.
- Varith, J., Dijkanarukkul, P., Achariyaviriya, A., Achariyaviriya, S. 2007.** Combined microwave-hot air drying of peeled longan. *J.Food Eng.* 81 (2): 459–468.
- Vass, A., Korpics, E., Dernovics, M. 2015.** Follow-up of the fate of imazalil from post-harvest lemon surface treatment to a baking experiment. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 32(11): 1875-1884.
- Velioğlu, Y.S., Cönger, E., Aksu, P., Fikirdeşici-Ergen, Ş., Yiğit-Baltacı, H.M. 2016.** Ozonlu suyla yıkamanın domateslerde pestisit giderimi, askorbik asit ve renk üzerine etkileri. *Gıda*, 41 (5): 337-344.

- Vijayasree, V., Bai, H., Beevi, S.N., Mathew, T.B., George, T., Xavier, G. 2015.** Persistence and effect of processing on reduction of chlorantraniliprole residues on brinjal and okra fruits. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: 299.
- Walia, S., Boora, P., Kumari, B. 2010.** Effect of processing on dislodging of cypermethrin residues on brinjal. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84: 465-468.
- Wang, J., Law, C.L., Nema, P.K., Zhao, J.H., Liu, Z.L., Deng, L.Z., Gao, Z.L., Xiao, H.W. 2018.** Pulsed vacuum drying enhances drying kinetics and quality of lemon slices. *Journal of Food Engineering*, 224: 129-138.
- Wang, S., Tang, J., Johnson, J. A., Mitcham, E., Hansen, J. D., Hallman, G., Drake, S.R., Wang, Y. 2003.** Dielectric properties of fruits and insect pests as related to radio frequency and microwave treatments. *Biosystems Engineering*, 85(2): 201–212.
- Wang, Y., Zhao, H., Deng, H., Song, X., Zhang, W., Wu S., Wang, J. 2019.** Influence of pretreatments on microwave vacuum drying kinetics, physicochemical properties and sensory quality of apple slices. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(3): 297-306.
- Winter, C. K. 2001.** Pesticide Residues in Food Supply in Food Toxicology, Eds. William Helderich and Carl K. Winter, CRC Press LLC, Florida.
- World Health Organization (WHO)/Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2008.** Codex Alimentarius Commission Procedural Manual, 18th Edition, Rome.
- Xu, W., Song, C., Li, Z, Song, F., Hu, S., Li, J., Zhu, G., Raghavan, V. 2018.** Temperature gradient control during microwave combined with hot air drying. *Biosystems Engineering*, 169: 175-187.
- Yang, X., Kang, S.M., Jeon, B.T., Kim, Y.D., Ha, J.H., Kime, Y.T., Jeona, Y.J. 2011.** Isolation and identification of an antioxidant flavonoid compound from Citrus-processing byproduct. *J. Sci. Food Agric.*, 91: 1925–1927.
- Yang, Z., Zhang, K., Chen, L., Liu, B., Zhang, Q., Zhang, H., Sun, C., Hu, D. 2017.** Determination of Dinotefuran and Its Metabolites in Orange Pulp, Orange Peel, and Whole Orange Using Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Journal of AOAC International*, 100: 5.
- Yavuz, O., Aksoy, A. 2016.** Pestisit Analizlerinde Kullanılan Metotlar. *J Vet Sci Pharmacol Toxicol-Special Topics*, 2: 2.
- Yeşiloğlu, T., Yıldırım, B., Tuzcu, Ö., Kamiloğlu, M.K., İncesu, M. 2011.** Turunçgil Yetiştiriciliği. İkinci baskı. Tagep Proje No: 5.2.2.1. 38s
- Yiğit, N., Veliöğlu, S. 2019.** Effects of processing and storage on pesticide residues in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-20.
- Yolci-Ömeroğlu, P. 2010.** Estimation of Uncertainty of Individual Steps in Pesticide Residue Analysis. *Doktora Tezi*. İstanbul Technical University Institute of Science and Technology, İstanbul.
- Yolci-Ömeroğlu, P., Boyacıoğlu, D., Ambrus, A., Karaali, A., Saner, Samim. 2012.** An overview on steps of pesticide residue analysis and contribution of the individual steps to the measurement uncertainty. *Food Anal. Methods*, 5: 1469–1480.
- Yolci-Ömeroğlu, P., Ambrus, A., Boyacıoğlu, D. 2013.** Estimation of sample processing uncertainty of large-size crops in pesticide residue analysis. *Food Analytical Methods*, 6(1): 238-247.

- Yolci-Omeroglu, P., Ambrus, A., Boyacioglu, D., Solymosné-Majzik, E. 2015.** A case Study to assess the sample preparation error in pesticide residue Analysis. *Food Anal Methods*, 8(2): 474–82.
- Yolci-Ömeroğlu, P., Açoğlu, B., Özdal, T. 2018a.** Meyve ve Sebzelerde Bulunan Pestisit Kalıntılarında Ozonlama İşleminin Etkisi: Mühendislikte Güncel Konular, Editör: Hameş, Y., Nobel Yayıncılık, s. 291-307.
- Yolci-Ömeroğlu, P., Ambrus, A., Boyacıoğlu, D. 2018b.** Uncertainty of pesticide residue concentration determined from ordinary and weighted linear regression curve. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35 (7): 1324-1339.
- Zabik, M.J., El-Hadidi, M.F.A., Cash, J.N., Zabik, M.E., Jones, A.L. 2000.** Reduction of azinphos-methyl, chlorpyrifos, esfenvalerate and methomyl residues in processed apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 4199–4203.
- Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., & Wang, S. 2006.** Trends in microwave- related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 17: 524–534. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.011>
- Zhang, Z.Y., Liu, X.J., Hong, X.Y. 2007.** Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage. *Food Control*, 18: 1484-1487.
- Zhao, L., Ge, J., Liu, F., Jiang, N. 2014.** Effects of storage and processing on residue levels of chlorpyrifos in soybeans. *Food Chemistry*, 150: 182–186.
- Zhao, L., Liu, F., Ge, J., Ma, L., Wu, L., Xue, X. 2017a.** Changes in eleven pesticide residues in jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) during drying processing. *Journal Drying Technology*, 1-8.
- Zhao, L., Liu, F., Wu, L., Xue, X., Hou, F. 2017b.** Fate of triadimefon and its metabolite triadimenol in jujube samples during jujube wine and vinegar processing. *Food Control*, 73: 468-473.
- Zielinska, M., Sadowski, P., Blaszcak, W. 2016.** Combined Hot Air Convective Drying and Microwave-Vacuum Drying of Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.): Drying Kinetics and Quality Characteristics. *Drying Technol.*, 34(6): 665–684.



## **EKLER**

**EK 1** Portakal Eysel İşlemenin Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi

**EK 2** Limon Eysel İşlemenin Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi

**EK 3** Abamectin Kromatogramı

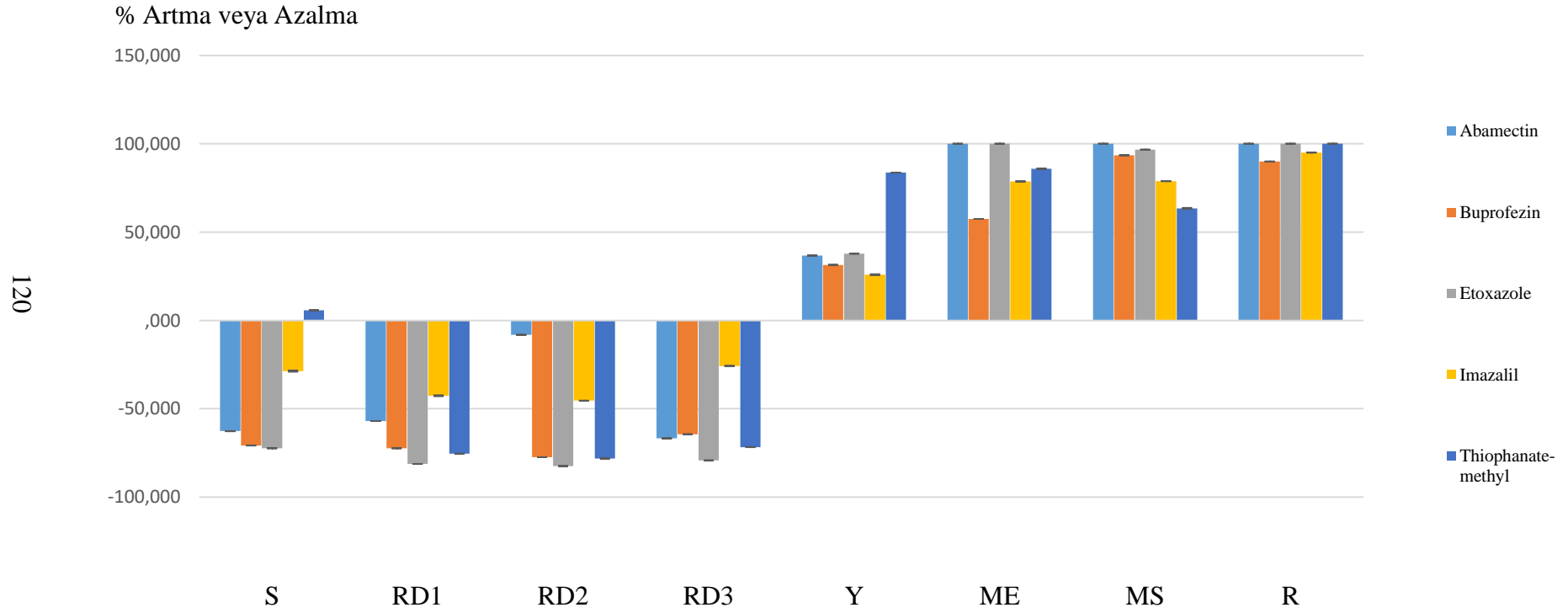
**EK 4** Buprofezin kromatogramı

**EK 5** Etoxazole Kromatogramı

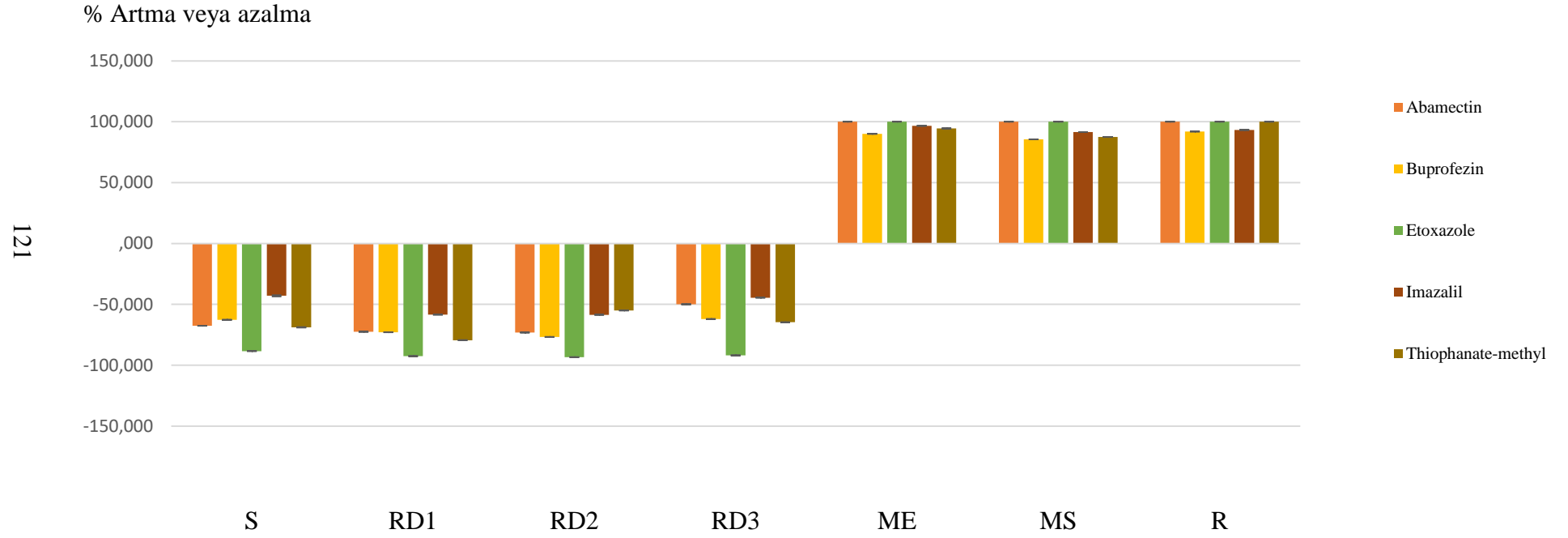
**EK 6** Imazalil Kromatogramı

**EK 7** Thiophanate-methyl Kromatogramı

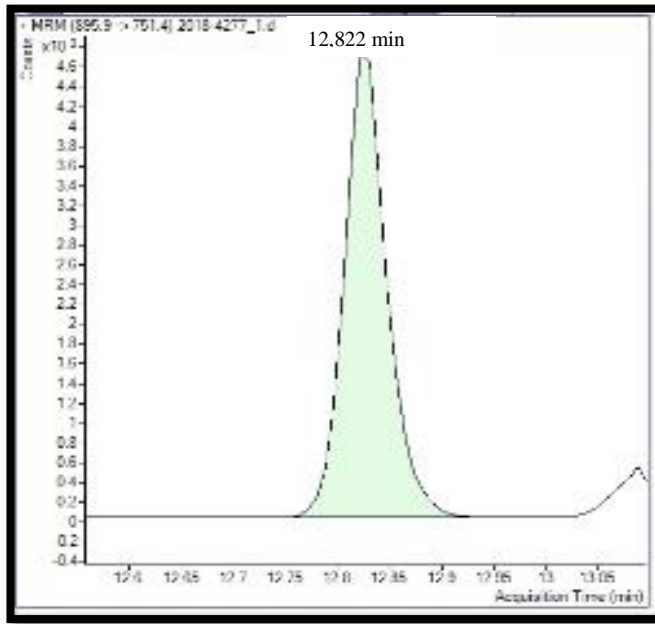
### EK 1 Portakal Evsel İşlemenin Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi



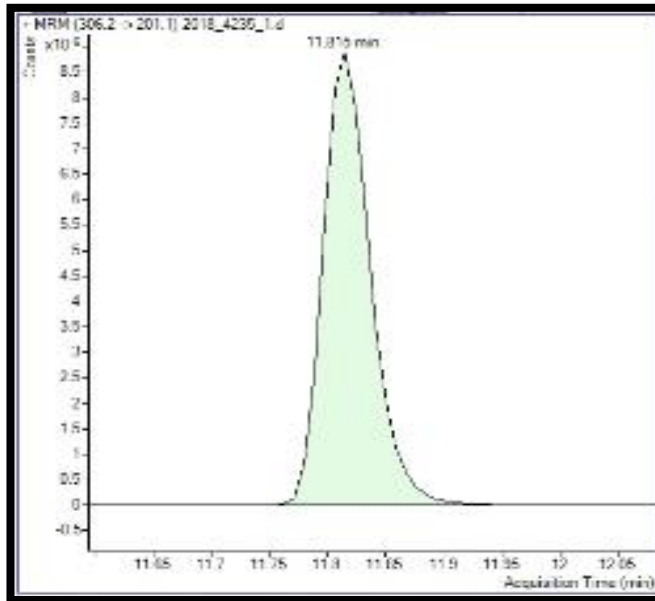
## EK 2 Limon Evsel İşlemenin Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi



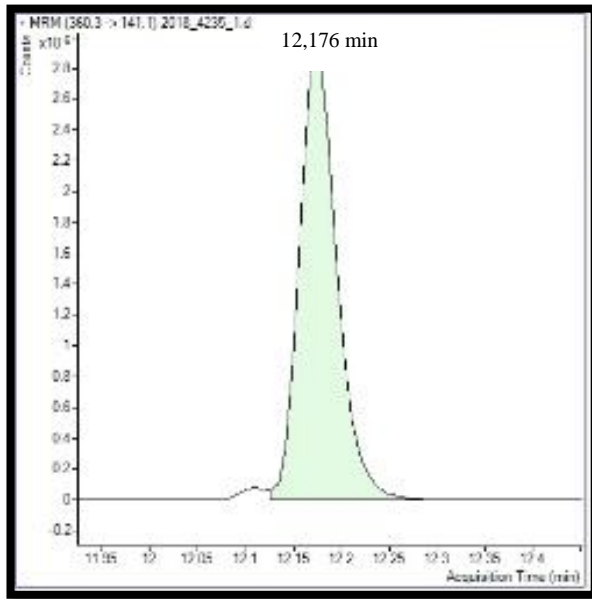
### EK 3 Abamectin Kromatogramı



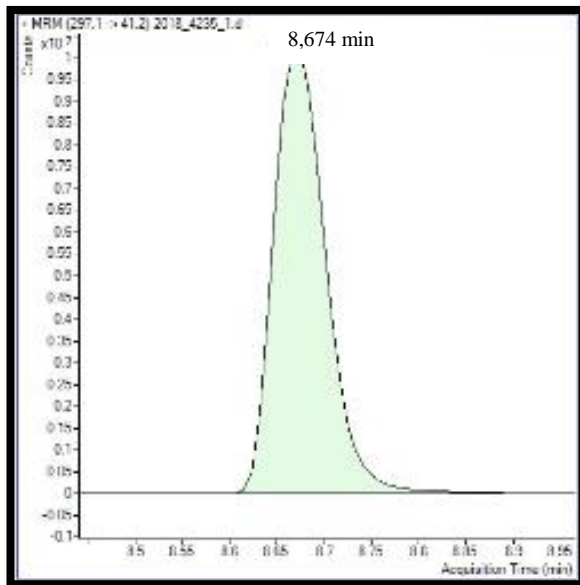
### EK 4 Buprofezin kromatogramı



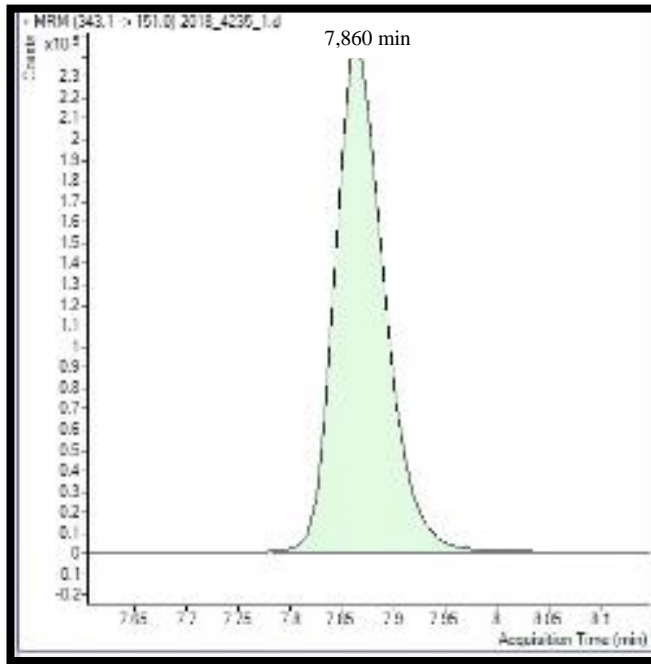
### EK 5 Etoxazole Kromatogramı



### EK 6 Imazalil Kromatogramı



**EK 7 Thiophanate-methyl Kromatogramı**



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Büşra ACOĞLU  
Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA/1992  
Yabancı Dil : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Özel Asiye Coşkun Fen Lisesi (2007-2011)  
Lisans : Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı (2012-2016)  
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda  
Mühendisliği Anabilim Dalı (2017-2019)

İletişim (e-posta) : [busraacoglu@gmail.com](mailto:busraacoglu@gmail.com)

### Yayınları

#### *Ulusal ve Uluslararası Kitap Bölümleri*

**Yolci-Ömeroğlu, P., Acoğlu, B., Özdal, T., Tamer, C. E., Çopur, Ö.U. 2019.** Extraction Techniques for Plant-Based Bio-active Compounds, Natural Bio-active Compounds. Volume 2: Chemistry, Pharmacology and Health Care Practices, ISBN: 978-981-13-7204-9: Springer, Kitapta Bölüm.

**Yolci-Ömeroğlu, P., Acoğlu, B., Özdal, T. 2018.** Meyve ve Sebzelerde Bulunan Pestisit Kalıntılarına Ozonlama İşleminin Etkisi: Mühendislikte Güncel Konular, Editör: Hameş, Y., Nobel Yayıncılık, s. 291-307.

#### *Ulusal ve Uluslararası Hakemli Dergilerdeki Yayınlar*

**Acoğlu, B., Yolci-Omeroglu, P., Çopur, O.U. 2018.** Gıda işleme süreçlerinin pestisit kalıntıları üzerine etkisi ve işleme faktörleri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi*, 19: 42-59.

**Özkan-Karabacak, A., Acoğlu, B., Yolci Ömeroğlu, P., Çopur, O.U. 2019.** Microwave pre-treatment for vacuum drying of orange slices: Drying characteristics, rehydration capacity and quality properties. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* (Değerlendirme sürecinde)

**Acoğlu, B., Yolci-Omeroglu, P. 2019.** Evsel gıda işlemlerinin portakalda bulunan pestisit kalıntıları üzerine etkisi. *Gıda (The Journal of Food)* (Değerlendirme sürecinde)

#### *Ulusal ve Uluslararası Hakemli Kongrelerdeki Bildiriler*

**Acoğlu, B., Yolci Ömeroğlu, P., Tamer, C. E., Çopur, Ö.U. 2018.** Effect Of Non-thermal Food Processing Technologies On Reducing Pesticide Residues, PosterSunumu, 1st International Gap Agriculture And Livestock Congress, 25 Nisan 2018, 27 Nisan 2018. (Poster)

**Acoğlu, B., Yolci-Ömeroğlu, P., Özdal, T. 2018.** Use of Ionized Radiation in Spices. 1st International GAP Agriculture and Livestock Congress, 25-27 April 2018, Sanliurfa (poster). pp. 567 (Poster)

**Acoğlu, B., Yolci-Ömeroğlu, P., Özdal, T. 2018.** The Effect of Ozonation Process on Pesticide Residues in Fruit and Vegetable. 1st International GAP Agriculture and

Livestock Congress, 25-27 April 2018, Sanliurfa (sozlu). ISBN 978-975-7113-64-5, pp. 42.(Sözlü)

**Acoğlu, B., Yolci-Ömeroğlu, P.,** 2017. Gıda İşlemlerinin Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi. 4. Ulusal Tarım Kongresi, 19-22 Ekim 2017, Afyon. (Sözlü)

**Acoğlu, B., Özdal, T., Yolci-Ömeroğlu, P., Tamer, C. E., Çopur, Ö.U.** 2017. Encapsulation of Bioactive Compounds, 1st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants –Natural and Healthy Life, 10-12 May 2017, Konya, Turkey. (Poster)

**Acoğlu, B., Ömeroğlu, P., Bulut, R., Koç, E., Özdal, T.** 2017. Doğal Antioksidanların Mikrokapsülasyonu. 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2017), 25-27 October 2017, Adana/Turkey. (Poster)

**Acoğlu, B., Özdal, T., Yolci Ömeroğlu, P., Tamer, C.E., Çopur, Ö.U.** 2017. Encapsulation of Bioactive Compounds. 1st International Congress on Medical and Aromatic Plants “Natural and Healthy Life”. Full Text Proceeding Book. Ed. (S. Turker, A. S. Sahin, M. Ertekin, B.C. Soner, A. Unver, S. Dogu, H. A. Akyurek, H. I. Kozan) ISBN: 978-605-4988-26-6. Pp. 856-870. (Poster, tam metin)

### *Projeler*

Bursa Uludağ Üniversitesi BAP Projesi, Proje Üyesi, Gıda İşleme Süreçlerinin Turunçgillerde Bulunan Bazı Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisinin İncelenmesi ve İşleme Faktörlerinin Belirlenmesi, Yürütülen Kuruluş: Gıda Mühendisliği Bölümü, Destek Alınan Kuruluş: Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi) (Yurt İçi) (2017-2019)

Bursa Uludağ Üniversitesi BAP Projesi, Proje Üyesi, Geleneksel Anjelika Reçelinin Fiziko- kimyasal ve Fonksiyonel Özelliklerinin Araştırılması, Yürütülen Kuruluş: Gıda Mühendisliği Bölümü, Destek Alınan Kuruluş: Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi) (Yurt İçi) (2019-Devam ediyor)