

**BAZI SEBZELERDE ATIK SULARLA SULAMANIN  
KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

**Ozan ZAMBI**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI SEBZELERDE ATIK SULARLA SULAMANIN  
KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

Ozan ZAMBİ  
0000-0001-7101-1856

Doç. Dr. Nuray AKBUDAK  
0000-0003-2669-5667  
(Danışman)

DOKTORA TEZİ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ ONAYI

Ozan ZAMBİ tarafından hazırlanan “BAZI SEBZELERDE ATIK SULARLA SULAMANIN KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Nuray AKBUDAK

<b>Başkan</b>	:	Doç. Dr. Nuray AKBUDAK 0000-0003-2669-5667 Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı	İmza
<b>Üye</b>	:	Prof. Dr. Ahmet İPEK 0000-0001-5821-2426 Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı	İmza
<b>Üye</b>	:	Prof. Dr. Gökhan Ekrem ÜSTÜN 0000-0002-7126-6792 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
<b>Üye</b>	:	Doç. Dr. Atnan UĞUR 0000-0001-6015-3146 Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı	İmza
<b>Üye</b>	:	Dr. Öğr. Üyesi Kenan SÖNMEZ 0000-0003-4040-4555 Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri 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.**

.../.../.....

**Ozan ZAMBI**

## TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Doç.Dr.Nuray AKBUDAK  
16.08.2022

Ozan ZAMBI  
16.08.2022

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum  
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum  
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

## ÖZET

Doktora Tezi

BAZI SEBZELERDE ATIK SULARLA SULAMANIN KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Ozan ZAMBİ

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Nuray AKBUDAK

Dünya nüfusunun hızla artması ve iklim değişiklikleri mevcut su kaynaklarına olan ihtiyacın artmasına sebep olmaktadır. Artan nüfus ve gelişen sanayi ile birlikte su ihtiyacı ve su kullanımı da nüfusun artışına paralel olarak artış göstermektedir. Kentsel atık sularının uygun stratejilerle yeniden kullanılması çevre sağlığı ve su kirliliğinin önlenmesine de katkı sağlamaktadır. Sınırlı su kaynakları ve artan su talepleri karşısında atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanılması konusu, sadece yoğun kentsel alanlarda değil, aynı zamanda kırsal alanlarda da önem kazanarak yaygınlaşmaktadır. Bu bağlamda çalışmada, ekonomik anlamda önemli tarımsal ürünlerden olan kırmızı kapyra biber ve patlıcan çeşitlerinin yetiştirilmesinde arıtılmış atık suların kullanımının fizyolojik ve morfolojik özellikler, verim, kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca hasat edilen ürünlerde gıda güvenliği açısından bazı ağır metal analizlerinin (Kadmium (Cd), Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Çinko (Zn)) yapılarak insan sağlığına uygunluğunun da belirlenmesi amaçlanmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde; önemli bir parametre olan verim değerinde, arıtılmış atık su ile sulanan tür ve çeşitlerde şebeke suyu uygulamalarına göre %98,32'e varan bir artış olduğu, ham (arıtılmamış) atık su uygulaması ile şebeke suyu karşılaştırıldığında ise en yüksek %174,16 oranında verim artışı olduğu tespit edilmiştir. Verim parametrelerinde olduğu gibi diğer morfolojik ve kalite parametreleri açısından da ham atık su uygulamalarından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ağır metal içerikleri incelendiğinde; sadece ham atık su uygulaması ile üretilen Urfa İsot çeşidinde Pb değerinin sınır değerinde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda biber ve patlıcan gibi meyveleri yenen sebzelerde atık sular ile sulamanın ağır metal içeriği yönünden herhangi bir sakınca oluşturmadığı saptanmıştır. Sonuç olarak, sulama suyu olarak kullanılan arıtılmış atık su ve atık su uygulamalarının kapyra biber ve patlıcan çeşitlerinde kullanılabilir olduğu ortaya konulmaktadır. Ancak evsel ve kentsel atık suların, kalitesi ve içeriğinin atıksuyun toplandığı havzaya ve mevsimlere göre farklılık gösterdiği unutulmamalıdır. Atık suların sulama suyu olarak kullanılmadan önce sulama yapılacak bitkiler için yönetmelikte verilen ilgili parametreler analiz edilmeli ve sulama uygulamalarının kontrollü ve denetlemeli yapılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık su, kapyra biber, patlıcan, ağır metal, verim, kalite  
2022, xiv + 102 sayfa.

## ABSTRACT

PhD Thesis

### THE EFFECT OF THE QUALITY OF IRRIGATION WITH WASTEWATER ON SOME VEGETABLES

Ozan ZAMBI

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Horticulture

**Supervisor:** Doç. Dr. Nuray AKBUDAK

The rapid increase in the world population and climate changes cause an increase in the demand for current water resources. With the increasing population and developing industry, the need for water and the use of water also increase in parallel with the increase in the population. The reuse of urban wastewater with appropriate strategies also contributes to environmental health and prevention of water pollution. In the face of limited water resources and increasing water demands, the recovery and reuse of wastewater is becoming more and more important not only in dense urban areas, but also in rural areas. In this context, it is aimed to determine the effects of the use of treated wastewater on the physiological and morphological characteristics, yield and quality characteristics in the cultivation of red capia pepper and eggplant varieties, which are economically important agricultural products. In addition, it is aimed to determine the suitability for human health by making heavy metal analyzes (Cadmium (Cd), Copper (Cu), Lead (Pb), Zinc (Zn)) in terms of food safety in the harvested products. When the analysis results are examined; The yield value, which is an important parameter, There is an increase of up to 98.32% in species and varieties irrigated with treated wastewater compared to tap water applications, when the wastewater application was compared with the mains water, it was determined that the highest yield increase was 174.16%. Superior results were obtained in wastewater applications in terms of yield parameters as well as other morphological and quality characteristics. When examined in terms of heavy metal values. It has been determined that the Pb value is at the limit value in the Urfa İso variety, which is produced only with wastewater application. In line with the data obtained in the study, it was determined that there is no harm in wastewater application, heavy metals in vegetables such as pepper and eggplant. As a result, it is revealed that treated wastewater and wastewater applications used as irrigation water can be used in capia pepper and eggplant varieties. However, it should not be forgotten that the quality and content of domestic and urban wastewater vary according to the basin where the wastewater is collected and the seasons. Before using the wastewater as irrigation water, the relevant parameters given in the regulation for the plants to be irrigated should be analyzed and irrigation applications should be controlled and supervised.

**Key words:** Wastewater, capia pepper, eggplant, heavy metal, yield, quality  
**2022, xiv + 102 sayfa.**

## TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen, olumlu tutumu ile beni her zaman cesaretlendiren, öğrencisi olmaktan ve birlikte çalıőmaktan gurur duyduğum değerli danışman Hocam Doç. Dr. Nuray AKBUDAK' a teőekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecinde destekleri ve yardımları ile yanımda olan başta kıymetli eőim Hatice ZAMBİ' ye, sevgili dostum Ahmet KÖSE'ye, birlikte çalıőıyor olmaktan onur duyduğum Ankara Üniversitesi Kalecik Meslek Yüksekokulu akademik ve idari personeline teőekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmada kullanılan atık suların temininde yardımcı olan ASKİ Genel Müdürlüğü ve Kalecik Atık su Arıtma Tesis çalıőanlarına teşekkür ederim.

Son olarak bu çalışma sürecinde değil, tüm hayatım boyunca bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Nurten ZAMBİ'ye ve babam İbrahim ZAMBİ'ye ayrıca tez çalışması boyunca ihmal etmek zorunda kaldığım oğlum Çınar ZAMBİ' ye sonsuz teőekkürlerimi sunar ve bu tezi oğluma ithaf ederim.

Ozan ZAMBİ

.../.../.....



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1. Materyal.....	24
3.1.2. Deneme Alanı.....	24
3.1.3. İklim ve toprak özellikleri.....	24
3.1.4. Bitki Özellikleri.....	25
3.1.5. Sulama Suyu Özellikleri.....	26
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Arazi Hazırlığı ve Bitkilerin Yetiştirilmesi.....	29
3.2.2. Sulama yöntemi ve deneme planı.....	30
3.2.3. Fenolojik Gözlemler.....	31
3.2.4. Hasat Edilen Meyvelerde Yapılan Fiziksel Ölçümler.....	32
3.2.5. Toplam Verim.....	32
3.2.6. Bitki başına düşen ortalama meyve sayısı.....	32
3.2.7. Ortalama meyve ağırlığı.....	32
3.2.8. Meyve boyu.....	32
3.2.9. Meyve eni (mm).....	33
3.2.10. Et kalınlığı.....	33
3.2.11. Meyve kuru madde miktarının belirlenmesi.....	34
3.2.12. Bitki örneklerinde yapılan ölçümler.....	34
3.2.13. Bitki boyu ve gövde çapı ölçümleri.....	34
3.2.14. Bitki başına düşen ortalama yaprak sayısı.....	35
3.2.15. Yaprak rengi.....	35
3.2.16. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) (%).....	35
3.2.17. Yaprak klorofil miktarı.....	36
3.2.18. Meyvede yapılan kalite analizleri.....	36
3.2.19. Likopen ve $\beta$ -carotene analizi.....	36
3.2.20. Toplam fenolik madde miktarı.....	38
3.2.21. Toplam suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM).....	38
3.2.22. pH miktarı.....	38
3.2.23. Titre edilebilir asit miktarı (TA).....	38
3.2.24. Toplam kuru madde miktarı.....	39
3.2.25. Meyve et ve kabuk renginin tespit belirlenmesi.....	39
3.2.26. Ağır metal analizleri.....	40
3.2.27. İstatistiksel analiz.....	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Bitkilerde yapılan fenolojik gözlemler.....	41

4.2. Meyvede yapılan morfolojik ölçüm sonuçları .....	42
4.2.1. Ortalama meyve sayısı (adet/bitki) .....	45
4.2.2. Meyve boy ve meyve en (mm).....	45
4.2.3. Et kalınlığı (mm).....	46
4.2.4. Ortalama meyve ağırlığı (g).....	47
4.2.5. Kuru madde miktarı (%) .....	48
4.3. Bitki ve yaprak örneklerinde yapılan analizler .....	48
4.3.1. Bitki boyu (mm).....	48
4.3.2. Bitki gövde çapı (mm) .....	49
4.3.3. Yaprak sayısı (adet/bitki) .....	50
4.3.4. Yaprak oransal nem kapsamı .....	51
4.3.5. Yaprak klorofil a, klorofil b ve topla klorofil değerleri .....	51
4.4. Meyvede yapılan kalite analizi sonuçları .....	53
4.4.1. Suda çözünür kuru madde miktarı .....	53
4.4.2. pH miktarı .....	55
4.4.3. Titre edilebilir asit miktarı .....	55
4.4.4. Toplam Fenol .....	56
4.4.5. $\beta$ Karoten ve mikopen miktarı .....	56
4.4.6. Meyve ve yaprak rengi:.....	58
4.5. Ağır metaller ile ilgili analizler .....	62
4.5.1. Bitki meyve, yaprak, köklerinde bulunan Cd kalıntı miktarı.....	62
4.5.2. Bitki meyve, yaprak, köklerinde bulunan Cu kalıntı miktarı.....	67
4.5.3. Bitki meyve, yaprak, köklerinde bulunan Pb kalıntı miktarı .....	71
4.5.4. Bitki meyve, yaprak, köklerinde bulunan Zn kalıntı miktarı .....	78
5. SONUÇ .....	84

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
Al	Aliminyum
Al	Aliminyum
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
Co	Kobalt
CoCO <sub>3</sub>	Kalsiyum Karbonat
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
ha	Hektar
K	Potasyum
kg	Kilogram
L	Litre
m <sup>2</sup>	Metrekare
m <sup>3</sup>	Metreküp
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
N	Azot
Na	Sodyum
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sodyum Sülfat
Ni	Nikel
nm	Nanometre
P	Fosfor
Pb	Kurşun
pH	Potansiyel hidrojen
SO <sub>4</sub>	Sülfat
Zn	Çinko
°C	Santigrat derece
µg	Mikrogram
µl	Mikrolitre

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	Elektriksel İletkenlik
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
İTU	İyi Tarım Uygulamaları
M.Ö.	Milattan Önce
NTU	Bulanıklık
OM	Organik Madde
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
SDH	Süksinat dehidrojenaz
TA	Titre Edilebilir Asit Miktarı

T.E.	Tespit Edilemedi
TKKY	Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TSS	Toplam Askıda Katı Madde
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UN-HABİTAT	Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
WWAP	Dünya Su Değerlendirme Platformu
WWF	Dünya Doğayı Koruma Vakfı
YOSK	Yaprak Oransal Su Kapsamı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1.	Su varlığına göre ülkelerin sınıflandırılması. (DSİ, 2018) ..... 2
Şekil 1.2.	Türkiye’de yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının yıllara göre değişimi (DSİ, 2009; DSİ, 2015; DSİ; 2017; DSİ; 2018) ..... 2
Şekil 1.3.	Örnek kentsel atık su arıtma tesisi. (Samsunlu, 2006)..... 5
Şekil 1.4.	Türkiye’de kopya tipi biber üretiminin yıllara göre dağılımı (TÜİK 2021)..... 10
Şekil 1.5.	Türkiye’de patlıcan üretiminin yıllara göre dağılımı (TÜİK 2021)..... 11
Şekil 3.1.	Deneme alanı ..... 24
Şekil 3.2.	Kalecik Atık su Arıtma Tesisi..... 27
Şekil 3.3.	Kalecik Atık su Arıtma Tesisi atık su temini..... 27
Şekil 3.4.	Sulama sularının uygulanması ..... 28
Şekil 3.5.	Fidelerin parsellere dikilmesi ve can suyu verilmesi ..... 29
Şekil 3.6.	Deneme deseni ..... 31
Şekil 3.7.	Türlere ve çeşitlere ait parsel detayı ..... 31
Şekil 3.8.	Meyve boyu ölçümü (Patlıcan fotoları eklenecek) ..... 33
Şekil 3.9.	Meyve eni ölçümü (Patlıcan foto eklenecek)..... 33
Şekil 3.10.	Meyve et kalınlığı ölçümü ..... 34
Şekil 3.11.	Yaprak renk analizi. .... 35
Şekil 3.12.	Biber çeşitlerinde Likopen ve $\beta$ -carotene analizi ..... 37
Şekil 3.13.	TA tayini. .... 39
Şekil 4.1.	Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Cd kalıntı miktarı.....63
Şekil 4.2.	Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Cu kalıntı miktarı ..... 68
Şekil 4.3.	Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Pb kalıntı miktarı.....73
Şekil 4.4.	Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Zn kalıntı miktarı.....80

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. Dünya biber üretiminin yıllara göre dağılımı (Ton) (FAO 2020).....	9
Çizelge 1.2. Dünya patlıcan üretiminin yıllara göre dağılımı (Ton) (FAO 2020) ...	11
Çizelge 3.1. Dikim öncesi deneme alanı toprağının fiziksel, kimyasal özellikleri ve ağır metal miktarları.....	25
Çizelge 3.2. Sulama suyu olarak kullanılan suların kalite analizleri .....	28
Çizelge 4.1. Biber ve patlıcan çeşitlerine ait atık su uygulamalarının ilk çiçeklenme, ilk meyve tutumu, ilk renklenme ve ilk hasat tarihleri ...	42
Çizelge 4.2. Biber ve patlıcan sebze türlerinde verim ve meyve özellikleri üzerine morfolojik ölçümler.....	43
Çizelge 4.3. Biber ve patlıcan sebze türlerinde bitki boyu, bitki gövde çapı, yaprak sayısı ve yaprak oransal nem kapsamı (YONK) ölçümleri. ....	50
Çizelge 4.4. Biber ve patlıcan sebze türlerinde klorofil ölçümleri. ....	52
Çizelge 4.5. Meyvelerde yapılan kalite analiz sonuçları .....	57
Çizelge 4.6. Biber ve patlıcan sebze türlerinde meyve renk ölçüm sonuçları .....	60
Çizelge 4.7. Biber ve patlıcan türlerinde yaprak renk ölçümü sonuçları. ....	61
Çizelge 4.8. Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Cd kalıntı miktarı.....	66
Çizelge 4.9. Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Cu kalıntı miktarı.....	76
Çizelge 4.10. Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Pb kalıntı miktarı.....	77
Çizelge 4.11. Ağır metallerin sebzelerde bulunmasına izin verilen maksimum sınır değerleri .....	82
Çizelge 4.12. Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Zn kalıntı miktarı.....	83

## 1. GİRİŞ

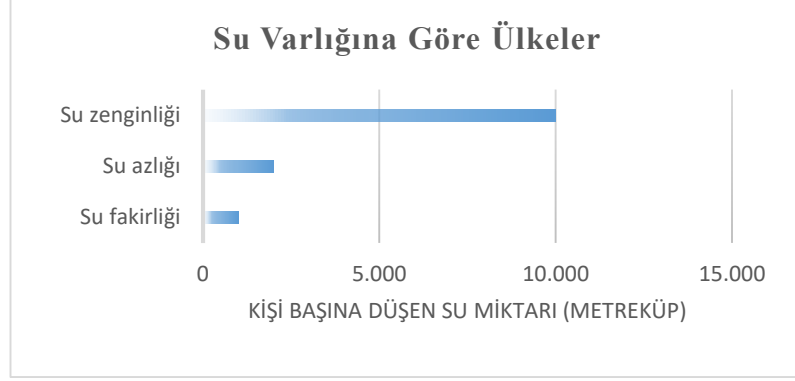
Dünya nüfusunun hızla artması ve iklim değışikleri mevcut su kaynaklarına olan talebin artmasına neden olmaktadır. Dünyadaki su talebi son 100 yılda 6 kat artmıştır (Wada, Flörke, Hanasaki, Eisner, Fischer, Tramberend, Satoh, Vliet, Yillia, Ringler, Burek ve Wiberg, 2016). Kentsel atık suyun uygun stratejilerle yeniden kullanılması, su talebindeki artışın karşılanması yanı sıra çevre sağlığı ve su kirliliğinin önlenmesine de katkı sağlamaktadır.

Birleşmiş Milletler Raporuna göre 7,8 milyarlık dünya nüfusunun en önemli sorunlarından biri temiz suya ulaşmaktır. 2025 yılında dünya nüfusunun üçte birinin ciddi bir su kıtlığı ile karşı karşıya kalacağı ve 2050 yılına kadar %57' sinin her yıl en az bir ay boyunca su kıtlığı ile karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir (WWAP, 2018).

Dünya nüfusunun 2050 yılında 9 ila 11 milyar arasında olması beklenmektedir (Corcoran, Nellemann, Baker, Bos, Osborn ve Savelli, 2010). Nüfustaki hızlı artış ülkeleri yeni su yönetimi stratejilerini geliştirmeye zorlamaktadır. Sınırlı su kaynakları ve artan su talepleri nedeniyle, atık suyun geri dönüşümü ve yeniden kullanımı yalnızca kentsel alanlarda değil, kırsal alanlarda da giderek yaygınlaşmaktadır.

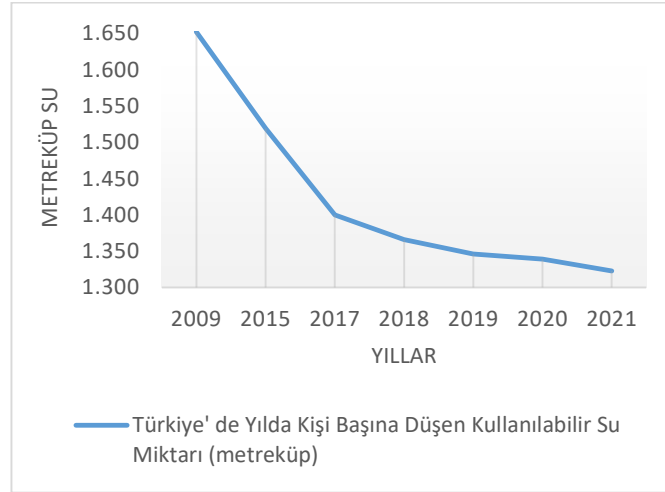
Dünya su, hava ve toprak kirliliğinden büyük ölçüde etkilenmiştir. Hızlı sanayileşme ve nüfus artışı ile bu sorunlarla daha sık karşılaşmaktadır. Ülkemizde su, hava ve toprak kirliliğinden etkilenmiş olup, bu sorunlar daha sık gündeme gelmeye başlamıştır.

Su varlığına göre ülkeler su fakiri, su azlığı ve su zengini olarak sınıflandırılmaktadır. Su fakiri ülkelerde yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.000 m<sup>3</sup> ten az, su azlığı çeken ülkelerde 1000-2000 m<sup>3</sup> arasında, su zengini ülkeler ise 8000-10000 m<sup>3</sup>' ten fazladır (Şekil 1.1).



**Şekil 1.1.** Su varlığına göre ülkelerin sınıflandırılması. (DSİ, 2018a)

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü' nün (DSİ) paylaştığı 2018 yılı faaliyet raporuna göre yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2009 yılında 1.652 m<sup>3</sup> iken 2021 yılında 1.323 m<sup>3</sup> e kadar düşmüştür. (DSİ, 2022; DSİ, 2010). Bu düşüş sürekli azalan bir trend eğilimdedir (Şekil 1.2). Eğer önümüzdeki yıllar içerisinde bu düşüş durdurulamazsa su fakiri ülke sınıfına girmemiz beklenmektedir.



**Şekil 1.2.** Türkiye'de yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının yıllara göre değişimi (DSİ, 2010; DSİ, 2016; DSİ, 2018b; DSİ, 2019; DSİ, 2020; DSİ, 2021; DSİ, 2022)

Araştırmacılar altı Avrupa ülkesinin 2070 yılı için iklim değişikliği nedeni ile su tüketimindeki artışı ile ilgili tahminlerde bulunmuşlardır. Fransa, İspanya, İtalya, Yunanistan, Ukrayna ve Türkiye'yi de içine alan bu çalışma da özellikle ülkemiz için çarpıcı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Araştırmada ele alınan bu altı ülke içinde iklim



değişikliği sebebiyle su kullanımı açısından en çok etkilenecek ülkenin Türkiye olacağı belirtilmiştir. Araştırmaya göre ülkemizde bugün tüketilen sudan daha fazlasının 2070 yılında yalnızca iklim değişikliği nedeni ile tüketileceği öngörülmüştür (Alcama, Moreno ve Novaky, 2007).

Nüfus artışına paralel olarak tarım ürünlerine olan ihtiyaç da hızla artmaktadır. Ancak kişi başına düşen gelirin yanısıra, satın alma gücünün de artması, kentleşme ve yaşam tarzındaki farklılaşma, zamanla diyetin değişmesine, kaliteli ve sağlıklı ürün talebine yol açmıştır. Şüphesiz insanların gıda ihtiyaçlarını karşılamak için tarımsal faaliyetler mutlak gereklidir. Ancak bu faaliyetlerin çıktısı olan ürünler insan sağlığına zararlı olmamalıdır. Bu nedenlerle insan ve çevre sağlığını koruyan üretim sistemleri ile yetiştirilen ürünlere olan talep hızla artmaktadır.

Günümüzde kentsel gelişme verimli tarım alanlarına doğru kaymaktadır. Buna bağlı olarak doğal ve geniş tarım arazileri giderek azalmaktadır. (UN-HABITAT, 2008; Sezgin ve Varol, 2012). Tarım arazileri, şehirlerin artan büyümesinin bir sonucu olarak yerleşim yerlerinin içinde ve yakın çevresinde yer almaktadır. Bu durum tarımda en önemli girdilerden biri olan kullanılabilir sulama suyuna olan ihtiyacı artırmaktadır. Türkiye'nin yüzölçümü 78 milyon hektardır (783.577 km<sup>2</sup>). Tarım arazisi, bu alanın yaklaşık üçte biri olan 28 milyon hektarı (783.577 km<sup>2</sup>) kaplamaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne (DSİ, 2018b) göre, Türkiye'de halen 8,5 milyon hektar sulanan tarım arazisinin yaklaşık %77'si ekonomik olarak sulanabilir durumdadır. Yetersiz temiz su kaynaklarına alternatif olarak, tarımda evsel atık suların çeşitli arıtma yöntemleri kullanılarak arıtılması akılcı bir çözüm olarak görülmektedir.

Arıtılmış atık sular; parklar, spor tesisleri, otoyol kenarları, yeşil sahalar, golf merkezleri, yangın söndürme, yeşil alan sulaması, araç yıkama tesisleri gibi endüstriyel soğutma suyu, toz kontrolü ve inşaatlarda beton yapımı, dekoratif çeşmeler, şelaleler, havuzlar tuvalet ve sifon suyu gibi geniş kullanım alanına sahiptir. Bu sayede mevcut su kaynakları daha etkili bir şekilde kullanıldığı gibi temiz sudan da tasarruf sağlanmaktadır (Kitiş, Yiğit, Köseoğlu ve Bekaroğlu, 2009; Polat, 2013). Bununla birlikte arıtılmış atık sular

bataklık alanlarının ıslah edilmesi, akarsuların akımlarını arttırma ve göllerin su miktarının arttırılarak geliştirilmesi gibi amaçlar ile de kullanılmaktadır (Asano, 2001).

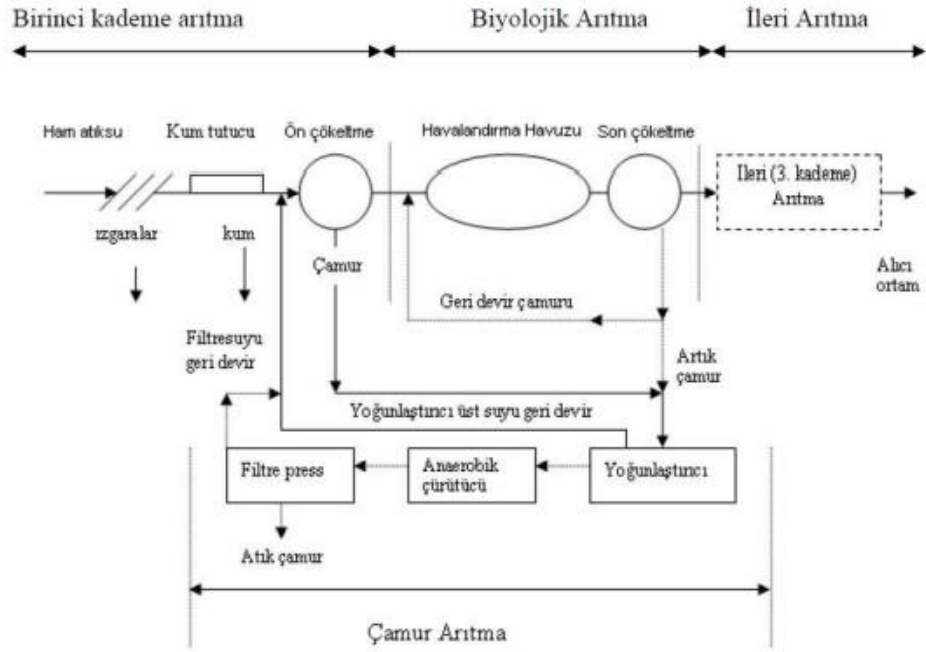
Temiz su kullanımında en büyük pay tarımsal faaliyetlerdir. Dünya’ da tatlı suyun %71’ lik kısmı, Türkiye’ de ise %73’ lük kısmı tarımsal faaliyetlerde sulama suyu olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2020a).

Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF)’nin 2003 yılındaki “Agricultural Water Use and River Basin Conservation” isimli çalışmasına göre Avrupa Birliği ülkelerinde 1993-2003 yılları arasında atık suların tekrar kullanımına yönelik 200’den fazla proje hazırlanmıştır. Atık suların Avrupa ülkelerinde yeniden kullanım potansiyelleri için oluşturulan modele göre de 2025 yılı projeksiyonunda 31 ülke arasında Türkiye 4. sırada ele alınmıştır.

Atık suyun tarımda yeniden kullanılması, mevcut su kaynaklarının korunmasını, ekosistemin kirlenmesinin önlenmesini ve besin maddelerinin geri dönüşümünü sağlayarak, tarımda gübreleme ihtiyacını azaltmaktadır (Hoek, Hassan, Ensink, Feenstra, Raschid-Sally, Munir, Aslam, Ali, Hussain ve Matsuno, 2002). Bu sayede doğrudan gübre uygulanmasından kaynaklanan su kirliliği de azaltılmış olmaktadır (Ali, Rehman, Tareen, Ullah, Ullah, Bıbı ve Laghari, 2019.; Anonim, 2017; Anonim, 2015; Tarantino, Disciglio, Gatta, Libutti, Frabboni, Gagliardi ve Tarantino, 2017). Ayrıca tarımda kullanılan atık sular topraktaki faydalı mikroorganizmaların miktarını ve işlevini de arttırmaktadır (Toze, 2006).

Dünya’da atık suların arıtılması amacı ile pek çok arıtma tesisi kurulmaktadır. Dünyanın en büyük atık su arıtma tesisi A.B.D’ nin Washington D.C. eyaletinde bulunan günde 1.4 milyar litre kanalizasyon suyu arıtan Blue Plains arıtma tesisidir. Bir günde arıttığı kanalizasyon suyu bir stadyumu doldurabilir (Anonim, 2020b). Türkiye’ de 2020 yılı verilerine göre 1,068 adet atık su arıtma tesisi bulunmaktadır (TUİK, 2020). Bu tesisler arasında 1. sırada, Dünya’da ise 4. sırada yer alan arıtma tesisi günde 765.00 m<sup>3</sup> su arıtan Ankara Tatlar Merkezi Atık Su Arıtma Tesisidir. Ayrıca tesiste oluşan fazla çamurdan biyogaz elde edilerek tesisin enerji ihtiyacının %80-85’i karşılanmaktadır (Anonim, 2022a).

Evsel/kentsel atık suların arıtılmasında, ön mekanik (birincil), biyolojik (ikincil) ve ileri arıtma yöntemleri olmak üzere 3 arıtma yöntemi kullanılmaktadır (Şekil 1.3). Ön arıtma ile arıtılan su derin denizlere deşarj edilebilmektedir. Özellikle kıyı şeridinde bulunan arıtma tesisleri birincil arıtma yöntemini kullanmaktadırlar. Bu yöntemde ızgara, kum tutucu, yağ tutucu, ön çökeltme, çakıl ve kum gideriminden oluşmaktadır. Bu yöntemde atık suyun içerisinde bulunan katı maddelerin fiziksel işlemler sonrası atık sudan arıtılması amaçlanmaktadır. İkincil arıtma yöntemi Türkiye’de en yaygın kullanılan arıtma yöntemidir. Biyolojik arıtmada bakteriyolojik faaliyetler ile atık suyun içerisinde çözülmüş halde bulunan organik maddelerin ayrıştırılması sağlanmaktadır (Dikmen, Saraçoğlu, Durucan, Durak ve Sarioğlu, 2011; Öztürk, Timur ve Koşkan, 2006.).



**Şekil 1.3.** Örnek kentsel atık su arıtma tesisi. (Samsunlu, 2006).

Atık suların arıtılması işlemlerinde arıtma seviyesi ne kadar artarsa arıtılmış suyun kullanılma maksatları da artış göstermektedir. Yani arıtma teknolojisi ile kullanım amaçları arasında doğru bir orantı söz konusudur. Örneğin; biyolojik arıtma sonrası ortaya çıkan arıtılmış sular uygun bir dezenfeksiyon işlemine tabi tutulduğunda tarımda kullanılabilir. Eğer arıtılmış atık sular içme suyu olarak değerlendirilecekse, membran

teknolojileri, aktif karbon ve ileri oksidasyon gibi ileri arıtma yöntemleri kullanılması gerekmektedir (Kunt, Gürbüzler, Erkal, Hacıhasanoğlu ve Özer, 2016).

Gelişmekte olan ülkelerde üreticiler, diğer su kaynaklarından daha ekonomik olduğu için arıtılmamış atık suyu tarımsal faaliyetlerde kullanmaktadırlar. Ancak bu tür atık suların uzun süreli kullanımı önemli çevre ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Atık su yeterince arıtılmadığı sürece su kaynaklarının yerine kullanılmamalıdır (Salgot, Verge ve Angelakis, 2003). Atık sular arıtılmış olsa dahi tarımsal alanlarda kullanılmasına oldukça dikkat edilmesi gerekir. Atık su kullanılarak yetiştirilen gıda ürünlerini tüketenler, uzun vadede tüketici ve çiftçiler için önemli bir sağlık riski oluşturmaktadır (Blumenthal, Peasey, Ruiz-Palacios ve Mara, 2000).

Arıtılmış ya da arıtılmamış atık sular bünyelerinde ağır metal bulundurabilmektedir. Evsel atık suların tarımda kullanımı toprakta toksik ağır metal birikimine yol açmaktadır (Rehman, Khan, Shah, Brusseau, Khan ve Mainhagu, 2018). Ağır metal birikimi toplum sağlığına zarar vermesi, çevre, ekolojik dengeyi bozması dolayısı ile büyük endişe yaratmaktadır (Okoro, Ige, Iyiola ve Ngila, 2017; Bayat, Hatam ve Mohamadi, 2018). Atık suların tarımsal sulama amacı ile uzun süre kullanımı toprak kalitesini olumsuz yönde etkilediği gibi gıda güvenliğini de tehdit etmektedir (Al-busaidi, Shahroona, Al-yahyai ve Ahmed, 2015).

Ağır metaller insan vücudunda farklı bölgelerinde birikmektedirler. Bu da insan sağlığını etkilemekle birlikte solunum problemlerine, böbrek hastalıklarına, nörolojik bozukluklara ve kanser gibi çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Örneğin arsenik cilt, akciğer ve diğer organlara ciddi şekilde zarar veren toksik kanserojen bir maddedir (Sharma, Kaur, Nagpal ve Kaur, 2016). Kadmiyum ve kurşun; böbrek sorunlarına, yüksek tansiyona, karsinogenez gibi bazı hastalıkları sebebiyet verebilir (Satarug, Nishijo, Ujjin, Vanavanitkun ve Moore, 2005; Demey, Vincent ve Guibal 2017; Jaishankar, Tseten, Anbalagan, Mathew ve Beeregowda, 2014). Civa zeka gerilemesine ve kalp hastalıklarına yol açmaktadır (Chen, Liang, Liu, Yi, Mi, Zhang, Li, Qi, Meng, Tang, Zhang, Tong, Zhang, Wang, Shu ve Yang, 2019). Krom kanserojen bir ağır metal olup solunum

problemlerinin neden olur (Mohammadi, Zarei Esmaeilzadeh, Taghavi, Yousefi, Yousefi, Sedighi ve Javan, 2020).

Ağır metallerin toprakta birikmesi yalnızca çevre ve insan sağlığını etkilemez bitki gelişimini de olumsuz yönde etkiler. Bitkide kök ve sürgün büyümesinde azalma görülmektedir. Ancak kök, sürgünlere göre ağır metallerle karşı daha duyarlıdır, zayıf dal gelişimi, yaprak lekelenmesi ve kloroz oluşumu, çimlenmenin engellenmesi gibi vejetatif aksamalarda toksisite ile ilgili belirtiler meydana gelmektedir. Ayrıca ağır metaller generatif organlara da etki ederek anormal çiçek şekline sebep olabilmekte ve verim üzerine de olumsuz etkileri bulunmaktadır. (Zheljaskov ve Nielsen, 1996; Lal ve Srivastava, 2010; Ashraf, Ozturk ve Ahmad, 2010).

Ağır metallerin düşük konsantrasyonları bile toksik etki gösterebilmektedir. Özgül ağırlığı 5 g/cm'den büyük, atom numarası 20'den fazla olan elementler ağır metal olarak adlandırılmaktadır. En bilinenleri kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'dan fazla ağır metal bulunmaktadır (Kahvecioğlu, Kartal, Güven ve Timur, 2007; Ağcasulu, 2007).

Bakır ve çinko gibi bazı ağır metaller bitkilerin yaşamları için gereklidir. Bakır fototsentetik elektron naklinde görev alırken, çinko enzim sisteminde gereklidir. Fakat bununla birlikte kurşun ve civa gibi bitki gelişiminde gerekli olmayan, faydalı bir biyokimyasal aktivite yerine getirip getirmediği bilinmeyen ağır metaller bulunmaktadır. (Allan, 1997; Raven, Evans ve Korb, 1999; Okçu, Tozlu, Kumlay ve Pehlivan, 2009)

Toprakta bulunan ağır metallerin bitkiler üzerindeki olumsuz etkisi; bitki türüne, stres faktörlerine maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku ve organın yapısına göre değişmektedir. Toprakta bulunan ağır metallerin oluşturduğu toksik etkileri azaltmak amacı ile dayanıklı tür ve çeşitlerin yetiştirilmesi gerekmektedir (Gür, Topdemir, Munzuroğlu, ve Çobanoğlu D. 2004).

Bahçe ürünleri içerisinde sebzeler, özellikle A, C ve E vitamini gibi antioksidan vitaminler, çeşitli mineral maddeler açısından zengin olmasının yanında içeriğinde

bulunan çeşitli fitokimyasalların varlığı ile insan beslenmesinde büyük bir öneme sahiptir. Sağlık uzmanları, günlük beş porsiyon sebze tüketiminin kalp ve damar hastalıkları, diabet, kanser ve obezite gibi kronik rahatsızlık riskini önemli derecede azalttığını belirtmektedir (Kritchevsky 1999, Septembre-Malaterreb ve Remizeb, Pouchereta, 2018).

Olumsuz iklim koşulları nedeni ile insanların temiz suya olan ihtiyaçlarında artış görülmektedir. Dünya’da temiz su kullanımının en yoğun olarak yapıldığı tarımsal faaliyetlerde, alternatif su kaynağı üretmeye yönelik olarak pek çok ülke farklı stratejiler geliştirmeye yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Bu stratejilerden en yaygın olarak kullanılanı kentsel atık suların arıtılarak yeniden kullanılmasıdır. Bu nedenle insan sağlığı açısından büyük bir öneme sahip olan sebzelerin üretiminde atık suların kullanım olanakları araştırılmaktadır (Üstün ve Solmaz, 2007).

Kuraklık stresi bitkilerde genç dönemde bitki boyunda azalmaya yol açarken, çiçek dökümüne ve meyve tutumunun azalmasına sebep olmaktadır (Garton ve Bodnar, 1991). Biber ve patlıcan yetiştirme dönemlerinde suyu seven ve sulamaya dikkat edilmesi gereken ve su ihtiyacı fazla olan sebzeler arasındadır. Biberler saçak kök yapısına sahiptir dolayısı ile kuraklığa karşı oldukça hassastır. Kuraklığa hassas olması ile birlikte biberlerde aşırı sulamadan da kaçınılması gerekmektedir. Aşırı sulamalar topraktaki bitki besin elementlerinin yıkanmasına ve biber yetiştiriciliğinde kök boğazı yanıklığı hastalığına sebep olmaktadır. Özellikle tam çiçeklenme döneminde ve meyve tutumunda su mutlak gereklidir. Biber yetiştiriciliğinde sulama az ve sık sık yapılmalıdır. (Megep, 2008; Berke, Black, Morris, Talekar ve Wang, 2003; Doorenbos ve Kassam, 1979).

*Solanaceae* familyasına ait bir sebze türü olan biber insan beslenmesinde en eski gıda katkı maddesi olarak düşünülmektedir. Tarihte, Kristof Kolomb’ un Yeni Dünya’dan getirdiği bir meyveye “kırmızı biber” adını verdiğine dair kayıtlar yer almaktadır (Govindarajan ve Salzer, 1985). Kırmızı biberlerin, boğaz ağrısı, öksürük, diş ağrısı, mide rahatsızlıkları, romatizma, yara iyileşmesi gibi rahatsızlıkların geleneksel tedavilerinin kullanımında yer almakla birlikte kozmetik sanayisinde de kullanılmaktadır. Bünyesinde

bulunan capsaisin alkaloidi, ağrı ve diğer nörolojik koşulları hafifletmek için kullanılan topikal bir farmasotik olarak yararı olduğu kanıtlanmıştır (Singletary, 2011).

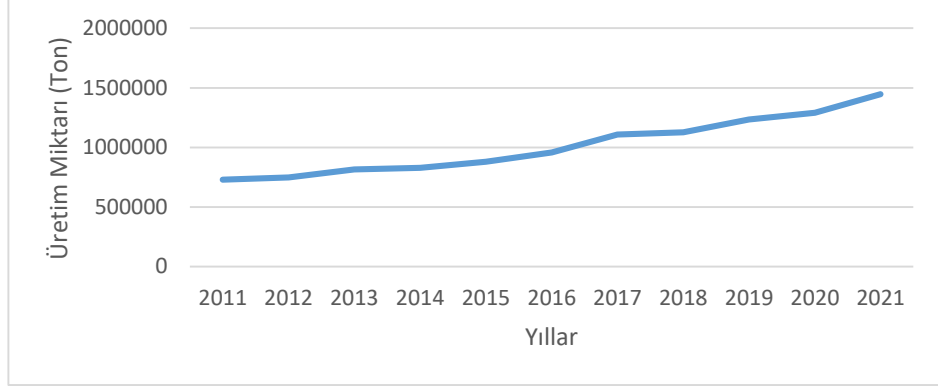
Dünya çapında çok sayıda biber varyetesi bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi de uzun ve konik yapıda kırmızı renkli tatlı bir tada sahip olan kapyta tipi biberdir (*Capsicum annuum L. cv. Kapyta*). Ülkemizde salçalık ve yağlık biber olarak bilinmektedir. Taze ve pişirilerek de tüketilebilir. Gıda sanayinde salça, konserve, turşu, sos, dondurulmuş ürünler közlenmiş ürün, ketçap, biber suyu, tarhana sucuk, pastırma endüstrisi, antibiyotik, ve yem hammaddesi, boya endüstrisi gibi çok geniş kullanım alanlarına sahiptir. En yaygın kullanım alanı kurutulmuş olarak hazırlanan pul ve toz biber formudur (Özdikmenli ve Zorba 2015; Kılıç ve Calam, 2020).

Dünya’da biber üretimi hızla artmaktadır. En fazla biber üretimi yapılan ülke Çin olup bunu sırası ile Meksika ve Türkiye takip etmektedir (Çizelge 1.1.) (FAO, 2020)

**Çizelge 1.1.** Dünya biber üretiminin yıllara göre dağılımı (Ton) (FAO 2022)

Sıra	Ülke	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014
1	Çin	16650855	16592037	18184711	17784770	17384829	16990711	16107791
2	Meksika	2818443	3238245	3379289	3296875	2737028	2389829	2382989
3	Türkiye	2636905	2625669	2554974	2608172	2457822	2191888	2127944
4	Endonezya	2772594	2588633	2542358	2359441	1961598	1915016	1882106
5	İspanya	1472850	1402380	1275457	1277908	1175635	1102522	1130340
6	Nijerya	762174	760114	747367	745715	744064	745855	741260
7	Mısır	1055605	956250	713752	676422	614273	614302	601289
8	USA	715220	737319	705790	804039	856160	870350	914490
9	Cezayir	717659	675168	651045	614922	598638	557250	532680
10	Tunus	420000	435000	426503	429000	454000	511000	380000

Türkiye 2021 yılı biber üretimi 3.091.295 tondur. Toplam biber üretiminin %47’sini kapyta tipi biber oluşturmaktadır. Son yıllarda gelişen sanayi ile birlikte kapyta biberin kullanım alanları artmakla birlikte üretim miktarı da doğrusal bir artış göstermektedir (Şekil 1.4) (TÜİK, 2021).



**Şekil 1.4.** Türkiye’de kapyra tipi biber üretiminin yıllara göre dağılımı (TÜİK, 2021)

Patlıcanda verimi sınırlandıran en önemli faktör kuraklıktır (Karam, Saliba, Skaf, Breidy, Roupheal ve Balendonck, 2011). Su stresi altında verimde azalmalar görülmektedir. Düzenli sulamaların meyve özellikleri üzerine olumlu etkileri olurken su stresi altında verimde önemli düşüşler görülmektedir (Çolak, Yazar ve Çolak, 2017; Fereres ve Soriano 2007; Karam, Lahoud, Masaad, Daccache, Mounzer ve Roupheal, 2006).

*Solanacea* familyası önemli sebzelerinden olan patlıcan tarihi M.Ö. 3. yy’a kadar dayanmaktadır. Oldukça eski bir sebze türü olan patlıcanın, gıda ve ilaç olarak kullanıldığına dair tarihi belgeler mevcuttur. Mükemmel sebze anlamına gelen rajakushmand, narkotik ve hipnotik özelliğini vurgulayan nidralu gibi pek çok farklı şekilde isimlendirilmiştir. Hindistan’da beyaz renkli varyetlerinin diyabet hastalıklarında, kökleri ise astım hastalığı tedavisinde kullanıldığı bilinmektedir (Thornton-Wood, 2007)

Patlıcan vitamin ve mineral içeriği bakımından oldukça zengindir. Taze tüketildiği gibi kurutmalık, közlenmiş ürün olarak, konserve sanayinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte patlıcanın sapı, demir içeriği açısından en yüksek sebze olan ıspanaktan sonra gelmektedir. Bu özelliği ile patlıcan sapının haşlanarak suyunun içilmesi ile yorgunluğun giderilmesi ve demir emilimini arttırmak gibi faydaları bulunmaktadır. (Anonim, 2020c) Ayrıca 10 g’da 1µg nikotin ihtiva etmektedir. Bu özelliği ile böcek öldürücü olarak kullanılabilir (Singh, Kumar, Bhavani, Pravallika, Roja ve Pravallika, 2016)

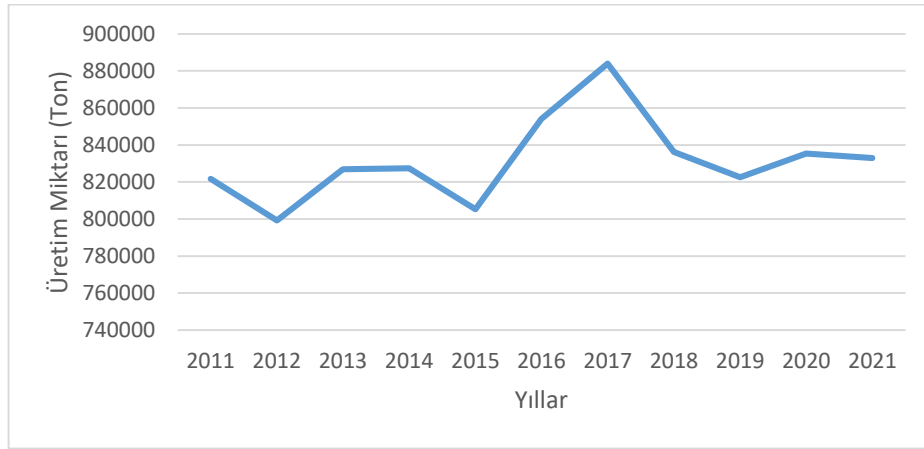


Dünya’da 2014-2018 yılları arasında patlıcan üretiminde artış görülmektedir. Çin en fazla patlıcan ülke konumunda olup Türkiye yaklaşık 850 bin ton ile 4. sıradadır.(Çizelge 1.2).

**Çizelge 1.2.** Dünya patlıcan üretiminin yıllara göre dağılımı (Ton) (FAO 2022)

Sıra	Ülke	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014
1	Çin	36557611	35590700	34102735	33046691	31990646	31266542	29467020
2	Hindistan	12777000	12680000	12826000	12510000	12515000	12589000	13557820
3	Mısır	1341312	1347230	1409202	1376303	1300265	1200971	1257913
4	Türkiye	835422	822659	836284	883917	854049	805259	827380
5	İran	595336	594136	666838	657838	676875	653888	528310
6	Endonezya	618202	575392	551552	535436	509749	514278	557040
7	Japonya	297000	301700	300400	307800	306000	308900	322700
8	İtalya	304690	300620	298313	286473	317585	300182	308722
9	Filipinler	242730	249890	244838	241901	235626	232864	225579
10	Meksika	112195	185234	238325	225912	242643	244540	222762

Türkiye patlıcan üretimi 2017 yılına kadar artış gösterirken 2018 yılında %5.4 lük bir düşüş göstererek 836 bin ton, 2019 yılında da %1.6 oranında bir azalma görülmektedir. 2020 ve 2021 yıllarında ise bir artış görülmektedir (TÜİK, 2021) (Şekil 1.5).



**Şekil 1.5.** Türkiye’de patlıcan üretiminin yıllara göre dağılımı (TÜİK, 2021)

Biber ve patlıcan meyvesi yenen sebzeler grubundadır ve kurşun başta olmak üzere ağır metallere karşı duyarlıdır. Bu bağlamda, insan sağlığının ön planda tutulduğu ve çevreye zarar vermeyen İTU kriterlerine uygun olarak yürüttüğümüz çalışmada, İyi Tarım Uygulamaları kapsamında arıtma tesisinin hangi aşamasından çıkan suyun kullanılabilmesinin ortaya konması amaçlanmıştır. İyi tarım uygulamalarının en önemli

çıktılarından biride sürdürülebilirliktir. Bu kapsamda diğer önemli hedefimizde arıtılmış ve ham (arıtılmamış) atık sular ile sulama yapılarak gerçekleştirilen yetiştiriciliğin sürdürülebilir tarımda uygulanmasının tespit edilmesidir ve çalışmamız, kullanılan atık suların, sürdürülebilir tarım ile ilişkisini ortaya koymayı da hedeflemektedir.

Çalışmadaki temel amacımız; temiz su tüketimi en fazla olan tarım alanında atık suların ve arıtılmış atık suların kullanılabilirliğini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda ülkemiz için önemli sebzelerden olan ve giderek üretim miktarı artan hem sanayide işlenerek hem taze tüketilebilen ve kurutularak tüketimi de yoğun olan kırmızı biber ve patlıcan bitkilerinin yetiştiriciliğinin yapılarak ağır metal miktarlarının sadece meyvelerde değil, yaprak ve köklerde de belirlenmesidir.

Sebze yetiştirilmesinde arıtılmış ve atık sularla sulama ile ilgili yapılmış çalışmalar daha çok sebzelerin ağır metal içeriklerinin tespitine yoğunlaşmıştır. Çalışmamızdaki bir diğer hedefimizde ağır metal içeriklerinin yanı sıra diğer kalite kriterlerindeki değişimlerini de belirlemektir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Arıtılmış evsel atık su ile sulamanın dolmalık biberin büyüme ve verim üzerine etkilerinin belirlendiği çalışmada; sap çapı, yaprak sayısı ve meyve sayısı gibi parametrelere bakılmıştır. Çalışmada %100 atık su ile sulanan dolmalık biberlerde en iyi sonuçları tespit etmişlerdir. Atık suların dolmalık biber yetiştiriciliğinde su ve besin kaynağı olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır (Tavares, Silva, Fernandes, Moura, ve Travassos, 2019).

Kiziloglu, Turan, Sahin, Kuslu ve Dursun (2008), tarafından yürütülen bir çalışmada, karnabahar (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) ve kırmızı lahananın (*Brassica oleracea* L. var. rubra) atık sular ve şehir suyuyla sulanması sonucu bitkide verimin, ürün kalitesinin ve besin madde içeriklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Alınan sonuçlarda atık sular ile sulanan toprağın tuzluluk ve pH yönünden olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Verim, kalite ve besin maddesi içeriği bakımından şehir suyuyla sulanmış bitkilerin daha yüksek değerler verdiği de tespit edilmiştir.

Kanal suyu ve doğal yöntemlerle arıtılan arıtılmış atık sular ile sulanan hıyarda meyve kalitesi ve büyüme üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, arıtılmış suların verim, ağırlık, uzunluk ve çap değerlerini yükseldiği tespit edilmiştir (Chen ve Liu, 2015).

Cirelli, Consoli, Licciardello, Aiello, Giuffrida ve Leonardi (2012), tarafından yapılan domates ve patlıcanın arıtılmış atık su ve temiz su ile sulanması ile gerçekleştirilen iki yıllık çalışmada, arıtılmış atık su uygulamaları verimi önemli miktarda arttırdığı (domateste %20, patlıcanda %22) tespit edilmiştir. Ayrıca patlıcanda kuru madde miktarı (%) üzerine de pozitif bir etkisi olduğu belirlenmiştir.

Çakmakçı, Uçar ve Erbaş (2016), atık su uygulamalarının kanola (*Brassica napus* L.) bitkisinin yağ oranı ve yağ kompozisyonuna etkisi belirlenmiştir. Çalışmada farklı nem düzeylerinde atık su uygulanmıştır (Kontrol: 20 kPa, S1: 20 kPa, S2: 35 kPa, S3: 50 kPa, S4: 65 kPa, S5: 80 kPa). Düşük nem düzeylerinde uygulanan atık suların tohum verimini, yağ oranını ve yağ kompozisyonlarını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Atık sular ile sulamanın marulda verim ve kalite parametleri ve toprağın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine değişimlerinin araştırıldığı çalışmada; atık su ile sulanan ürünlerde taze ağırlıkta bir artış olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında ürünlerde E.coli' ye rastlanmamıştır. Marullarda her iki uygulamada toplam koliform tespit edilmesine rağmen istatistiksel anlamda bir fark bulunmamıştır. Bu nedenle kısa süreli atık su uygulamalarının toprağı besin maddesi yönünden zenginleştirdiğı, ürün verimini arttırdığı ayrıca su kıtlığı dönemlerinde alternatif bir su kaynağı olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır (Urbano, Mendonça, Bastos ve Souza, 2017).

Singh, Patel, Patra ve Singh (2020), tarafından yürütölen bir çalışmada, yeraltı ve yerüstü damla sulama yöntemi kullanılarak kentsel atık su ve yeraltı suları ile sulanan karnabahar bitkisinin büyüme ve verim üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, su kalitesi, kullanılan su tipi ve sulamada kullanılan damlamaların derinliğı gibi parametrelerin ürün kalitesi ve verim üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kentsel atık su ile sulamanın, her iki damla sulama yönteminde de karnabaharların taç veriminde artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Castro, Manas ve Heras (2013), yürütmüş oldukları çalışmada atık su ile sulamanın marul üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada atık su ile sulanan bitkilerin kuru ve taze ağırlık, boy ve çap gibi parametrelerin kontrol bitkilerine göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca atık sular ile sulanan marul yapraklarında yapılan mikrobiyal popölasyonun (toplam koliform, fekal koliform, fekal streptokok, clostridium) içme suyu ile sulanana bitki yapraklarına göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu sebeple atık suların tarımda kullanılmasının önemli problemlere yol açabileceğı ifade edilmiştir.

Fas' ın Kasablanka şehrinde atık sular ile sulanan patlıcan'da büyüme, süksinat dehidrojenaz (SDH) aktivitesi ve mikrobiyal özellikler üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, içilebilir su, atık su ve arıtılmış atık su olmak üzere 3 farklı sulama suyu kullanılmıştır. Çalışma sonuçları incelendiğinde, atık suyun verim parametreleri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. K, Na, Ca, S ve C vitamini açısından atık su > arıtılmış atık

su > içilebilir su sonucu elde edilmiştir. Atık sular ile sulanan patlıcanların mikrobiyal içeriklerine etkisinin de araştırıldığı çalışmada *Vibrio cholerae fecal Streptococcus ve Salmonella* kolonisine hiçbir uygulamada rastlanmamıştır. Total coliform ve fecal coliformlar ise bitkilerde izin verilen seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda arıtılmış atık su uygulamalarının tarımsal sulamada kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (Quansafi, Bellali, Kabine, Maaghloud ve Abdelilah, 2021).

Benzer bir çalışmada, biber bitkisine uygulanan (C. annum) arıtılmış ve arıtılmamış suyun bitki büyüme özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Arıtılmış atık su uygulaması ile karşılaştırıldığında, arıtılmamış atık sular ile sulanan biber bitkilerinin kuru madde, klorofil a, klorofil b ve karoten içeriğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Thapliyal, Vasudeyan, Dastidar, Tandon ve Mishra, 2013).

Iqbal Tak, Inam, Inam, Sahay ve Chalkoo (2015), tarafından yürütülen çalışmada acı biberlere atık su ve 5 farklı potasyum dozu (%0, %25, %50, %75) uygulamalarının büyüme, verim, fotosentez ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisini tespit etmeyi amaçlamıştır. Yeraltı suyu sulaması x %50 potasyum uygulamalarının tüm parametrelerde en iyi değerleri verdiği, ayrıca potasyum ve atık su uygulamaları birlikte kullanıldığında daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada verilen bir diğer bulgu ise, sadece %25 potasyum uygulaması biber gelişimi için yetersiz olduğudur. Ancak %25 potasyum dozunun atık su uygulaması ile birlikte kullanıldığında elde edilen veriler, en iyi doz olarak belirtilen yeraltı suyu x %50 K uygulaması ile aynı değerler sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bu nedenle çalışmalarında; atık suların, bitkiler için iyi bir besin kaynağı olması açısından önemli bir yeri olduğunu ortaya koymuşlardır.

Chalkoo, Sahay, Inam ve Iqbal (2012), tarafından yürütülen bir çalışmada farklı P ve N gübreleme doz kombinasyonları (N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>, N<sub>20</sub>P<sub>30</sub>, N<sub>20</sub>P<sub>60</sub>, N<sub>40</sub>P<sub>30</sub> ve N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>) ile Chili biberlere uygulanan atık su ve yeraltı sularının verim parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Optimum doz N<sub>20</sub>P<sub>30</sub> olarak belirlemişlerdir. Ayrıca çalışmada, atık su ile sulanan bitkilerde N ve P miktarları arttıkça büyüme ve gelişme parametrelerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Böylece atık su kullanımı ile kimyasal gübre kullanma

ihtiyacının azaldığı, aynı zamanda tarım alanlarında temiz su kıtlığının engellenebileceği sonucuna varılmıştır.

Kafadar ve Saygıdeğer (2010), tarafından düzenlenen bir çalışmada tarımsal sulamada kullanılan kurşun içeriği yüksek atık suların domates, biber, patlıcan ve mısır'da kalıntı miktarları belirlenmiştir. Çalışmada, sulama suyu, toprak ve bitki örneklerindeki kurşun miktarları ile temiz su ile sulanan bitki ve topraklardaki kurşun miktarları karşılaştırılmıştır. Kurşun içeriği yüksek atık sular ile sulanan alanlarda kurşun miktarlarında önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra; bitkilerdeki kurşun birikimi incelendiğinde, kök>gövde>yaprak olduğu belirlenmiştir.

Cherfi, Achour, Cherfi, Otmani ve Morsli (2015), tarafından yapılan çalışmada arıtılmış atık su ile sulanan sebzelerde ağır metal içeriği sağlık açısından değerlendirilmiştir. Arıtılmış sularla sulanan hıyar, domates ve patatete ağır metal içeriklerinin herhangi bir marketten alınanlara göre daha az ağır metal içerdiği tespit edilmiştir.

Christou, Maratheftis, Eliadou, Michael, Hapeshi ve Fatta-Kassinou (2014), tarafından domatete yapılan çalışmada arıtılmış atık sularla sulamanın, toprak ve bitki üzerine etkileri araştırılmıştır. Gerek toprak kalitesi (ağır metal içeriği, pH) gerekse bitki verimliliği ve ürün kalitesi (meyve güvenliği ve dokularda bulunan ağır metal birikim miktarı) açısından elde edilen değerlerin normal sınırlar içerisinde kaldığı tespit edilmiştir.

Hussain ve Qureshi (2020), patlıcan, marul, havuç, domates, turp ve ıspanakta arıtılmış atık sularla sulamanın ağır metal içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada bitkilerin yaprak, gövde ve meyvelerinin arıtılmış atık suları ile sulanması sonucu Cu, Fe, Cr ve Zn içeriği incelenmiştir. Demir birikiminin en fazla marulda olduğu tespit edilmiş olup, bunu ıspanak bitkisi izlemiştir. Patlıcan ve turpların ağır metal konsantrasyonları daha düşüktür. İnsan beslenmesi açısından, Cu, Zn, Cd, Cr ve Pb için zarar indeksi değerleri marul ve havuç tüketiminden sonra 12.8 ve 9.21 olarak ölçülmüştür. Bu nedenle arıtılmış atık sular ile sulamadan sonra bu sebzelerin tüketiminden kaçınılması gerektiğini bildirmişlerdir. Ayrıca sebzelerin çalışmada *Total coliform* ve *Escherichia coli* gibi

patojen içeriklerini de tespit etmişlerdir. Yapraklı sebzelerin, meyveleri ve kökleri tüketilen sebzelere göre daha yüksek patojen yüküne sahip olduğu belirlenmiştir.

Özkan (2019), tarafından yürütülen çalışmada atık su uygulamalarının turşuluk hıyar çeşitlerinde ürün kalitesi ve ağır metal birikimlerini tespit etmeyi amaçlamıştır. Atık sular ile sulamanın tüm hıyar çeşitlerinde %81.23 e kadar varan verim artışı tespit edilmiştir. Hıyar bitkisinin yaprak, meyve ve köklerde bulunan Cr, Ni, Cu, Cd, Pb içeriği belirlenmiştir. Yapraklarda ağır metal birikiminin yüksek olduğunu belirlemiştir. Ni hariç diğer ağır metallerin Türk gıda kodeksine göre sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada atık suların kontrollü bir şekilde kullanılması gerektiğini vurgulamıştır.

Yapılan çalışmada Nevşehirde kuyu suyu, nehir suyu ve atık sular ile sulanan domates, soğan, biber ve fasulyelerin farklı kısımlarındaki Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, Ni ve Fe miktarlarını tespit etmeyi amaçlanmıştır. Kuyu suyu ile sulanan sebzelerde ağır metal içeriği sınır değerlerin altında bulunmuştur. Ancak atık su ve nehir suyu ile sulanan sebzelerde yapılan analizler sonucunda ağır metal içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sulama suyu olarak atık su ve nehir suyunun herhangi bir işleme tabi tutulmadan kullanılması sebze ve toprağın kirlenmesine sebep olabileceği, ayrıca önemli sağlık sorunlarına da yol açabileceği ortaya konulmuştur. (Leblebici ve Kar, 2018)

Sahay, Inam ve Iqbal (2020), tarafından yürütülen çalışmada %100 atık su ve %50 artırılmış atık su ve kontrol olarak yeraltı suları ile sulanarak yapılan çalışmada, dört farklı Brassica familyasına ait türler kullanılmıştır. *B. campestris*, *B. juncea*, *B. napus* ve *B. nigra* nın atık su uygulaması sonucu büyüme parametrelerine ve Cr, Cd, Cu, Pb ve Ni ağır metal birikimi sonucu insan sağlığına etkisi araştırılmıştır. Atık su uygulamalarında (%100 ve %50) uzunluk, taze ağırlık, sürgün ve kökün kuru ağırlığı, tohum verimi gibi parametreler artış göstermiştir. Tohum ve yapraklarda bulunan ağır metal miktarları incelendiğinde, %100 atık su ile sulananlar %50 artırılmış atık su ve yeraltı suları ile sulananlara göre daha fazla ağır metal ihtiva ettiğini ortaya koymuşlardır. Yapraklarda, tohumlara göre daha fazla ağırmetal içerdiğini tespit etmişlerdir. Atık sular ile sulanan topraklarda yetişen Brassica türlerinde özellikle Ni, Pb ve Cu konsantrasyonları sınır

seviyelerin üzerinde tespit etmişlerdir. Bu sebeple insan tüketimi için güvenli olmayacağı ortaya konmuştur.

Pakistanın Favor bölgesinde yürütülen bir başka çalışmada, ortalama 40 yıldır atık su ile sulanan tarım arazilerinde yetiştirilen ıspanak, şalgam, patlıcan, lahanaya, bal kabağı, kişniş ve turp gibi sebze örneklerinde Cu, Pb, Cd, Fe, Mn, Zn ve Ni konsantrasyonlarını tespit etmeyi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapraklı sebzelerde tespit edilen ağır metal içeriğinin meyveleri tüketilen sebzelere göre daha fazla ve toksisite seviyesinde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca şalgam ve turpta olduğu gibi toprak altı organları tüketilen sebzelerde ağır metal konsantrasyonunun, yenilebilir kısmı toprak üzerinde olan sebzelere göre daha yüksek ağır metal içerdiğini ortaya koymuşlardır. Bölgelerden alınan toprak analizlerinin de ağır metal içeriğinin belirlendiği çalışmada, toprağın üst tabakasının (0-15cm), alt tabakasına göre (15-30cm) daha fazla ağır metal içerdiğini belirlemişlerdir (Hayat, Waqas, Ali, Farid, Ahmad, Tauqeer, Iftikhar ve Hannan, 2015).

Tunç ve Şahin (2017), tarafından yürütülen çalışmada karnabaharda üç farklı yöntemle arıtılmış kentsel atık sular (filtrelenmiş, havalandırılmış ve seyreltilmiş) ile sulamanın büyüme, verim ve ağır metal içeriği, toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisini değerlendirmeyi amaçlanmıştır. Filtrelenmiş atık su ile sulanan ürünlerde yaprak sayısı, bitki uzunluğu, taç çapı, yüksekliği, ağırlık ve taç verimi açısından en yüksek değeri tespit etmişlerdir. Ancak en yüksek ağır metal içeriği de filtrelenmiş atık sular ile sulanan karnabahar taçlarından elde edilmiştir. Bu nedenle atık sular ile sulamanın sağlık problemlerine yol açabileceğini ifade ederken, çalışmalarında; yalnızca seyreltilmiş atık su ile sulamanın tercih edilebileceğini ancak dikkatli bir şekilde kullanılması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Haider, Gul, Hussain, Ghorı, Shahwani, Murad ve Kakar (2018), yürütmüş oldukları çalışmada, atık su ve yeraltı suları ile sulanan şalgam bitkisinin kök ve turplarındaki Cd, Fe, Mn ve Zn birikimi ve bitki büyüme performansları üzerine odun türevi ve inek gübresi türevi biochar kullanımının etkisini araştırmışlardır. Biocharlar 0.25 kg m<sup>3</sup>, 0.5 kg m<sup>3</sup> ve 1 kg m<sup>3</sup> olacak şekilde toprağa uygulanmıştır. Uygulanan biocharların şalgamda büyüme üzerine uygulanan her iki sulamada da olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca



atık su sulaması ile birlikte şalgam köklerine uygulanan odun biyocharlarının yüksek dozları (1 kg m<sup>2</sup>) ve inek gübresi biocharlarının tüm dozları Zn ve Fe birikimini azalttığını tespit etmişlerdir. İstatistiksel anlamda önemli bulunmasada ağır metal içeriği, atık sular ile sulanan bitkilerde, yeraltı sulamaları ile sulanan bitkilere göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Atık su ile sulama yapılan arazilere uygulanan organik gübrelemenin bitkinin verimin artmasına sebep olduğu gibi yenilebilir kısımlardaki ağır metal birikiminide azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, atık su ile sulanan tarım arazilerinde, biocharların kullanılması atık suyun tarımsal amaçlı kullanımını uygun hale getirdiği ortaya konulmuştur.

Yapılan bir çalışmada, birincil ve ikincil arıtma sonucu sulama amacı ile kullanılan kentsel atık suların kırmızı lahanada büyüme, verim, ağır metal içeriği, su kullanım verimliliği ve toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmaktadır. Çalışmada, birincil (WW1), ikincil (WW2) ve birincil:temiz su (1:1) (WW3) sulama suyu olarak kullanılmıştır. En yüksek su verimliliğinin WW1’ de olduğunu tespit etmişlerdir. En yüksek kırmızı lahanada veriminin WW1 ve WW2 uygulamalarında olduğunu ortaya koymuşlardır. Atık sular ile sulanan bitkilerde ağır metal içeriğinde bir artış olduğunu, Cd içeriğinin kırmızı lahanada başlarında güvenilir limitin üstünde olduğu ayrıca WW1 uygulamalarında Cd’ un en yüksek düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir. En risksiz uygulamanın ise WW3 olduğunu ortaya koymuşlardır. Dolayısı ile birincil arıtılmış atık su ve temiz suyun 1:1 oranlarında karıştırılarak yapılan sulama uygulaması tavsiye edilmiştir (Tunç ve Sahin 2016).

Gatta, Galiardi, Disciglio, Lonigro, Francavilla, Tarantino ve Giuliani (2018), yürütmüş oldukları çalışmada ikinci ve üçüncül derecede arıtılan sular ile sulanan enginarlarda toprak ve bitki içeriğindeki ağır metal miktarını tespit etmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada enginar başlarında Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn ve Mn ağır metal içeriklerini araştırmışlardır. Ayrıca enginar başlarında bulunan ağır metallerin çocuk ve yetişkinler için zarar indeksi analizini de ortaya koymuşlardır. Atık su ile sulama sonucu hasat edilen enginar başlarının ağır metal içeriklerinin uluslararası eşik değerinin altında olduğunu tespit etmişlerdir. Enginar başlarının tüketimine bağlı olarak zarar

indeksinin yetişkin ve çocuklar için <1.0 olarak tespit ederek sağlık açısından herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır.

Akoto, Addo, Baidoo, Agyapong, Apau ve Fei-Baffoe (2015), Gana'nın başkenti olan Accra' da 10 yıldır arıtılmamış atık sular ile sulanarak sebze yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı bölgede marul üzerinde araştırma yapmışlardır. Bitkilerde Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Cd gibi ağır metal içeriklerini araştırmışlardır. Marul örneklerinde, tüm ağır metaller FAO/WHO' nun tavsiye etmiş olduğu seviyelerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle halk sağlığı açısından tehlikeli olan Pb ve Cd gibi ağır metallerle yüklü olan marulların uzun süre tüketilmesi sağlık açısından ciddi sonuçlar doğurabileceği ortaya konmuştur.

Hindistan'ın Dinapur, Lohta ve Varanasi bölgelerinde arıtılmış ve arıtılmamış atık su ile sulanan pancar (*Beta vulgaris*) bitkisinin ağır metal içeriği üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, atık su ile sulama sonucu pancarın yenilebilir kısımlarında Cd, Pb ve Ni miktarını arttırdığı ortaya konulmuştur. Atık suların uzun süreli sulama suyu olarak kullanılması sağlık yönünden zararlı etkiye sebep olacağı tespit edilmiştir (Sharma, Agrawal ve Marshall, 2007).

Hayta ve avcil (2019), Bitlis' te katı atık tesisi çevresinde yetiştirilen *Hypericum scabrum* L., *Achillea vermicularis* Trin, *Anchusa azurea* Miller var. *azurea* Gard. Dict. türlerine ait örnekleri toplamışlardır. Toplanan örneklerde Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni ve Cd içeriğini belirlemeyi amaçlanmıştır. Çalışmada yetiştirilen türlerin element kalıntı miktarı sınır değerlerin altında olduğunu tespit edilmiştir. Sadece Fe elementinin *Anchusa azurea* Miller var. *azurea* Gard. Dict. türünde FAO/WHO'nun belirlediği sınır değerinin üzerinde olduğunu ortaya koymuşlardır.

Kafadar (2010), Çalışmada, Gaziantep, Karahöyük ve Salkım köyünde tarımsal amacı kullanılan atık sularla sulanan domates, biber, patlıcan ve mısır türlerinde kök, gövde ve yaprakta bulunan kadmiyum ve kurşun içeriğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Deneme birbirini takip eden yıllarda iki yıl süre ile yapılmıştır. Denemede sulama suyu olarak kullanılan atık suyun Cd ve Pb miktarının yıllara göre arttığını belirlenmiştir. Mısır

bitkisinin köklerinde tespit edilen ağır metal miktarının diğer türler ile karşılaştırıldığında daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

Anwar, Nawaz, Gul, Rizwan, Ali ve Kareem (2016), yürütmüş oldukları çalışmada atık sular ile sulanan nane, kişniş ve çemen otu gibi yapraklı sebzelerin morfolojik, fizyolojik ve ağır metal miktarını belirlemeyi hedeflemiştir. Çalışmada 3 farklı oranda (%0, %50, %100) arıtılmış atık su kullanılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde atık su oranı arttıkça bitki biyokütlesinde bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca kontrol bitkilerinde Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları incelendiğinde diğer uygulamalara göre daha düşük kalıntı miktarı elde edilmiştir. Deneme sonuçlarına göre, atık sular ile sulanan bitkilerde elde edilen ağır metal miktarları sınır değerlerin üzerinde olduğu ortaya konmaktadır.

Chaoua, Boussaa, Gharmali ve Boumezzough (2019), yürütmüş olduğu çalışmada, Morokko' nun Marrakech bölgesinde atık sular ile sulanan 8 farklı bitkinin (*Vacia faba*, *Triticum turgidum*, *Avena sativa*, *Urtica dioica*, *Plantago majör*, *Medicago sativa*, *Triticum aestivum*, *Malva sylvestris*) kök, yaprak, tohum gibi bitki kısımlarında ağır metal kalıntı miktarını tespit etmeyi amaçlamıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde atık su ile sulama bitki ve topraktaki ağır metal (Zn, Cu, Pb, Cd) miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Elde edilen ağır metal kalıntı miktarlarının tüm bitki kısımlarında sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Lente, Ofosu-Anim, Brimah ve Atiemo (2014), Yürütmüş oldukları çalışmada Gana, Accra bölgesinde atık sular ile sulanan lahana, marul, yeşil biber, acı biber ve ayoyo gibi türlerde ağır metal birikimi üzerine etkisini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada atık sular ile sulanan bitkilerde ağır metal birikimi açısından istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Ancak kontrol bitkilerine göre ağır metal miktarlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sulama suyunda, toprakta ve sebzelerde ağır metal içeriğinin (Pb hariç) izin verilen seviyelerde olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmada, ağır metal kalıntı miktarından kaynaklanan riskin, atık sular ile sulanan sebzelerin bünyesinde bulunan patojenlerden kaynaklanan riskten daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada, yeraltı suları ve atık sular ile sulanan iki farklı tarım arazisinden toplanan sebze, toprak ve su örneklerinin ağır metal içeriklerinin tespiti ve insan sağlığı açısından riski araştırılmıştır. Çalışmada marul, ıspanak, lahana, soğan, patates, domates ve yeşil biber kullanılmıştır. Sebzelerde tespit edilen Cd ve Pb hariç Mn, Zn, Cu, Cr ağır metal miktarları Avrupa Birliğinin belirlediği sınır değerlerin altında bulunmuştur. İnsan sağlığı açısından değerlendirildiğinde zarar indeksi Cd ve Pb hariç Mn, Zn, Cu, Cr'de düşük bulunmuştur (Cheshmazar, Arfaeina, Karimyan, Sharafi ve Hashemi, 2018).

Deveci (2012), Gaziantep'te atık suların çeşitli lokasyonlardaki topraklara etkisini ve atık su ile sulama sonucu yetiştiriciliği yapılan biber, patlıcan ve domates meyveleri üzerine Cu, Co, Mn, Zn ve Fe konsantrasyonlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Atık suların toprakta ve toplanan bitki türlerinde ağır metal miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Atık sular ilse sulama, üründe WHO/FAO sınır değerlerine göre izin verilen seviyelerinin aşmasına sebep olduğunu bildirmiştir.

Parveen, Samad, Nazif, Shah (2012), Pakistan, Peshawar' da atık su uygulamalarının sebze kalitesi üzerine etkisi araştırmışlardır. Peshawar şehrinde 40 farklı lokasyondan toprak, su, yaprak ve sebzelerin yenilebilir kısımları üzerine araştırma yapılmıştır. Yapraklardaki ağır metal içeriği sırası ile Ni > Cd > Cr > Pb olarak belirlenmiştir. Yenilebilir kısımlarının ağır metal miktarları ise toplanan örneklerin %90'ının Ni, %28'inin Pb, %83'ünün Cd, %63'ünün Cr içeriği açısından izin verilen seviyelerin üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sebeple çalışmada sebzelerin doğrudan tüketilmesinin insan sağlığı açısından olumsuz sonuçlar doğurabileceği sonucuna varılmıştır.

Kentsel arıtılmış atık sular ile sulanan sebzelerde (Kudret Narı, karnabahar, patlıcan, öemen otu, bamyası, kabak ve ıspanak) Cd konsantrasyonlarını belirlemeyi amaçladıkları bir çalışmada, yapraklarda Cd kalıntı miktarını 0,17-0,24 mg/kg, meyvede 0,07-0,18 mg/kg arasında olduğunu belirlemişlerdir. Sebzelerin yapraklarında, meyvelere göre daha yüksek Cd birikimi olduğunu ortaya koymuşlardır (Qadir, Ghafoor ve Murtaza, 2000).

Atık suların dört farklı sulama yöntemi kullanılarak (açık yağmurlama sulama, plastik örtü altında sprey sulama, damla sulama, plastik örtü altında damla sulama) marulun sulanması sonucu üründe *Escherichia coli* kontaminasyonunu belirlemeyi amaçladıkları çalışmada; damla sulama ile sulanan ürünlerde E. coli tespit edilmemiştir. Sprey sulama ile yetiştirilen tüm ürünlerde E. coli tespit edilmiştir (Makkaew, Miller, Fallowfield ve Cromar, 2016).

Gupta, Khan ve Santra (2010), yürütmüş oldukları çalışmada Hindistanın Thigarh ilinde atık su ile sulanan tarım alanlarında yetiştiriciliği yapılan Mızraklı nane (*Mentha viridis*), Marul (*Lactuca sativa*), Ispanak (*Spinacia oleracea*), Kişniş (*Coriandrum sativum*) ve maydanoz (*Carum petroselinum*) gibi sebzelerin ağır metal içerikleri ( Pb, Zn, Cd, Cr, Cu ve Ni) ve total, fekal koliform gibi bakteri yüklerinin tespitini amaçlamışlardır. Çalışmanın sonucunda atık su ile sulanan sebzeler mikrobiyolojik ve ağır metal bulaşıklılık düzeyinin sınır limitleri aştığı ve insan sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturabileceğini ortaya koymuşlardır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.2. Deneme Alanı

Atık su uygulamalarının farklı kopya tipi biber ve patlıcan çeşitlerinde kalite ve kantite özelliklerinin araştırıldığı çalışma, 2018-2019 yıllarında Ankara' nın Kalecik ilçesinde Kalecik Meslek Yüksekokulu Araştırma ve Uygulama bahçesinde yürütülmüştür. Deneme alanı 40°05'35.6"N 33°24'48.5"E koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deneme alanı

##### 3.1.3. İklim ve toprak özellikleri

Deneme alanının ekolojik koşulları, meteoroloji verilerine göre denemenin vejetasyon süresi olan haziran-ekim tarihleri arasında ortalama sıcaklık 19 °C, ortalama yağış miktarı ise 16,96 mm'dir. Temmuz, ağustos ve eylül ayları ekim ayına göre oldukça kurak geçmektedir. Denemenin son dönemi olan ekim ayı içerisinde, yağış şiddeti önemli miktarda artış göstererek aylık ortalama yağış miktarı 22,5 mm' dir (Anonim, 2022b).

Dikim öncesine ait toprak analizi sonuçları için toprağın 0-30 cm katmanından toprak örneği alınmıştır. Toprak analizi Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Yapılan toprak analiz sonuçlarına göre toprağın bünyesi killi; hafif alkali, tuzsuz, organik maddece orta, fazla kireçli bir toprak olup, azot

fazla, fosforca çok fazla, potasyum ve çinko fazla, bakır yeterli olarak saptanmıştır. 30 cm lik derinlikte CaCO<sub>3</sub> miktarı %22,78, pH' sı 8,44, elektriksel iletkenliği (EC) 0,397 dS m<sup>-1</sup>, organik madde miktarı (OM) 3,16, azot içeriği %0,181, Fosfor içeriği %94,62, potasyum miktarı 542 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Ağır metal içerikleri incelendiğinde, Cu içeriğinin 1,17 mg kg<sup>-1</sup>, Zn miktarının 3,62 mg kg<sup>-1</sup>, Cd miktarı 0,008 mg kg<sup>-1</sup>, Ni miktarı 1,15 mg kg<sup>-1</sup>, Cr miktarı 0,004 mg kg<sup>-1</sup>, Pb miktarı 0,64 mg kg<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen ağır metal içerikleri Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (TKKY)'ne göre sınır değerlerin altında bulunmuştur (Çizelge 3.1).

**Çizelge 3.1.** Dikim öncesi deneme alanı toprağının fiziksel, kimyasal özellikleri ve ağır metal miktarları

Parametre	Toprak Yapısı	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Kil + silt (%)	OM (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )
		Kil	28,11	24,91	46,99	71,89	3,16	22,78	8,44
			K	Cu	Zn	Cd	Ni	Cr	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )
	N (%)	P (%)	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )
	0,181	94,62	542	1,78	3,62	0,008	1,15	0,004	0,64
<b>TKKY</b>				50	150	1	30	100	50

### 3.1.4. Bitki Özellikleri

Araştırmada kullanılacak biber tohumları firmalardan temin edilen “Yalova yağlık-28”, “Amfora”, “Fil Kulağı” kapyra tipi biber ve “Urfa İsot” biber çeşitleri kullanılmıştır. Ayrıca denemede “Aydın Siyahı” ve “Kemer 27” patlıcan çeşitleri kullanılmıştır. Çeşit özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

**Yalova Yağlık-28:** Açık tarla yetiştiriciliğine uygun bir çeşit olup bodur görünümlü, toplu yapılı ve bol yapraklı bir bitki yapısına sahiptir. Meyve yapısı konik şekilli ve etlidir. Taze tüketim, közlemelik olarak değerlendirilebildiği gibi salça ve ve konserve sanayisi için uygundur (Anonim, 2021b).

**Amfora:** Açık tarla ve sera yetiştiriciliğine uygun bir çeşit olup yassı, iri kırmızı ve homojen meyve yapısına sahiptir. Yüksek verimli ve vejetasyon süresi uzun bir çeşittir. Közleme yapılarak değerlendirilebildiği gibi salça sanayisi için de uygundur (Anonim, 2021c).

**Fil kulağı:** Açık tarla yetiştiriciliğine uygun bir çeşit olup yassı, iri kırmızı ve homojen meyve yapısına sahiptir. Yüksek verimli ve vejetasyon süresi uzun bir çeşittir. Salçalık ve közleme olarak değerlendirmeye uygundur (Anonim, 2021c).

**Urfa İsot:** Açık tarla ve sera yetiştiriciliği için uygundur. Dolmalık biber sınıfına giren bir çeşit olup bitki yapısı kuvvetli yapıdadır. Meyveler 4 loblu yapıda, ilk dönem koyu yeşil renkte hasat döneminde ise kırmızı renktedir. Sanayi ve taze tüketim için uygundur (Anonim, 2021d).

**Aydın Siyahı:** Açık tarla yetiştiriciliğine uygun olan bir patlıcan çeşidi olup erkencidir. Meyve rengi koyu siyah renkli az çekirdekli ve uzun bir yapıya sahiptir. Ayrıca meyvesi acılaşmamaktadır. Kızartmalık ve yemeklik olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2021e).

**Kemer 27:** Erkenci ve açık tarla yetiştiriciliği uygun bir patlıcan çeşididir. Meyve rengi koyu parlak siyah renklidir. Meyve eti sert yapıda, sap kısmı uç kısmına göre daha kalın yapıdadır. Ucu küt bir yapıdadır (Anonim, 2021e, Anonim, 2021f).

### 3.1.5. Sulama Suyu Özellikleri

Denemede ham (arıtılmamış) atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu olmak üzere üç farklı uygulama yapılmıştır. Atık su ve şebeke suyu uygulamalarında kullanılan su/atık suların analiz sonuçları izelge 3.2.' de verilmiştir (Anonim, 2019). Atık sular 2.500 m<sup>3</sup>/gün kapasiteye sahip Kalecik Atık su Arıtma Tesisinden alınmıştır. Tesis ‘‘Uzun Havalandırmalı Aktif amur Sistemi’’ ile çalışacak şekilde ‘‘İleri Biyolojik Arıtma Sistemi’’ olarak tasarlanmıştır. Arıtılmış atık sular Uludere ayına deşarj edilmektedir (Anonim, 2021a) (şekil 3.2).





**Şekil 3.2.** Kalecik Atık su Arıtma Tesisi

Ham atık su, Şekil 3.2. de belirtilen Kalecik Atık su Arıtma tesisinde kaba ızgaralardan geçerek tesise giriş yeri olan “a” noktasının çıkışından temin edilmiştir (Şekil 3.3). Arıtılmış atık su fiziksel ve biyolojik arıtma sonrası tesisin “b” noktası olarak belirdilen Uludere Çayı’na deşarj edildiği yerden alınmıştır. Sulama suyu olarak uygulanan üçüncü su kaynağı ise şebeke suyudur.



**Şekil 3.3.** Kalecik Atık su Arıtma Tesisi ham atık su temini

Atık sular, sulama zamanlarında su motoru ile su tanklarına alınmış ve aynı gün denemede sulama amacı ile kullanılmıştır. Şebeke suyu ise su tankına doldurularak deneme parsellerine atık su uygulamalarında olduğu gibi uygulanmıştır (Şekil 3.4.).



**Şekil 3.4.** Sulama sularının deneme parsellerine uygulanması

**Çizelge 3.2.** Sulama suyu olarak kullanılan atık suların kalite analizleri

Atık su Parametreleri	Atık su	Aritılmış atık su	Sınır değerler (Su kirliliği kontrol yönetmeliği) (mg/l)
Cd (mg/L)	0,82	0,26	0,01
Pb (mg/L)	2,26	0,52	5,0
Zn (mg/L)	4,57	1,85	2,0
Cu (mg/L)	3,46	1,71	0,2
pH	7,7	7,2	
Toplam sertlik (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	359	315,00	
Toplam askıda katı madde(TSS) (mg/L)	440	<10	
Toplam Çözünmüş Katı madde (mg/L)	7819	9786	
K (mg/L)	13,7	12,90	
Na (mg/L)	118,0	119,00	
SO <sub>4</sub> (mg/L)	77,9	80,10	
Toplam N (T-N) (mg/L)	52,10	19,80	
Toplam P (T-P) (mg/L)	0,85	0,99	



## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Arazi Hazırlığı ve Bitkilerin Yetiştirilmesi

Üretimin yapılacağı arazi dikimden önce pullukla işlenmiş ve iri kesekler parçalanarak dikime hazır hale getirilmiştir. Deneme parselleri üç tekerrürlü olarak her bir tekerrürde 20 bitki olacak şekilde hazırlanmıştır. Tohumlar Klasmann TS 1 tipi torf (Klasmann-Deilmann) konulan 75' lik viyollere, her göze bir tohum gelecek şekilde ekilmiştir. Çeşit özelliğine bağlı olarak ortalama 7-14 günde tohum çimlenmeleri gözlenmiştir.

Fideler 2018 yılında 08 Haziran, 2019 yılında 15 Haziran tarihlerinde hazırlanmış olan parsellere biber fideleri 35 cm sıra arası ve 35 cm sıra üzeri olacak şekilde dikilmiştir. Patlıcan fideleri ise 70 cm sıra arası 50 cm sıra üzeri olmak üzere Ankara Üniversitesi Kalecik Meslek Yüksekokulu Uygulama Bahçesine dikimi yapılmıştır (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5.** Fidelerin parsellere dikilmesi ve can suyu verilmesi

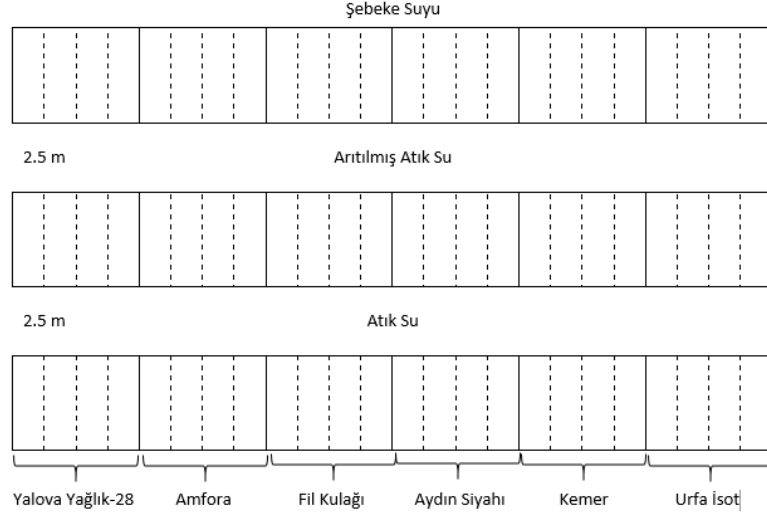
Bitkilerin dikim işlemlerinden hemen sonra denemede planlanan sulama yöntemlerine göre atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu ile can suyu verilerek bakım işlemlerine başlanmıştır. Yetiştiricilik periyodu boyunca iklim şartlarına bağlı olarak sulamaların yanı sıra çapalama, yabancı ot mücadelesi, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi kültürel işlemler gerçekleştirilmiştir.

Sulama uygulamalarının kullanılan tür ve çeşitler üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacı ile ilk çiçeklenme, ilk meyve bağlama, ilk hasat ve son hasat fenolojik gözlemleri yapılmıştır. Hasatlar, kenar tesirleri dikkate alınarak parsellerde yer alan tekerrürlerin ilk ve son sıralarındaki bitkilere analiz yapılmamıştır.

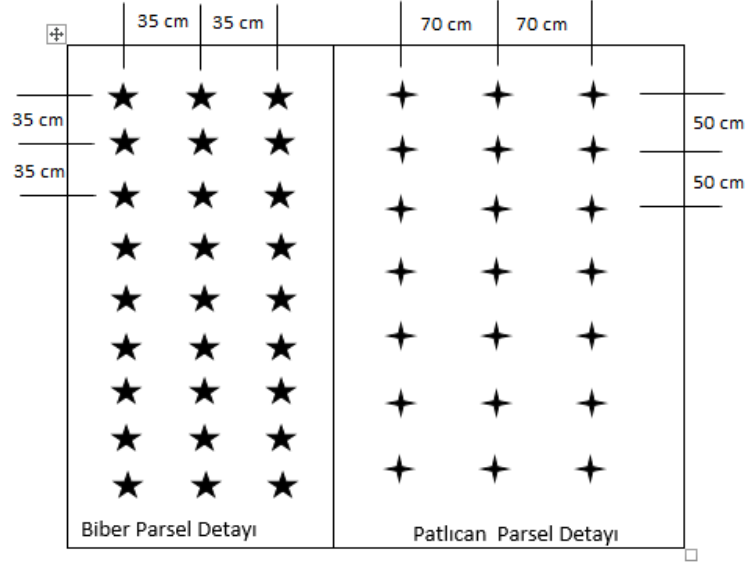
### **3.2.2. Sulama yöntemi ve deneme planı**

Denemede sulama suyu olarak kullanılan atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu her bir parsele salma sulama yöntemi ile uygulanmıştır. Sulama, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından belirlenen su tüketim ihtiyaçlarına göre programlanmıştır. Biber bitkisinin aylara göre su ihtiyacı da göz önünde bulundurularak haftalık sulama sayı ve miktarları belirlenmiştir. Ankara ili 17130 numaralı istasyon verileri baz alınarak sulama miktarı tespit edilmiş olup vejetasyon döneminde yaklaşık 750 mm/m<sup>2</sup> olacak şekilde su uygulanmıştır (Beyazgül, Sönmez, Küçükcoşkun, Ucar, Caymaz, Tahmiscioğlu, Özer, Yılmaz, Bulut, Bulut ve Kolsuz, 2017)

Deneme arıtılmış atık su, atık su ve şebeke su uygulamaları olmak üzere 3 farklı şekilde sulama suyu kullanılmış olup tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür (Şekil 3.6). Her bir tekerrürde kenar tesirlerde dikkate alınarak 20 bitki yetiştirilmiştir. (Şekil 3.7)



**Şekil 3.6.** Deneme deseni



**Şekil 3.7.** Türlerle ve çeşitlere ait parsel detayı

### 3.2.3. Fenolojik Gözlemler

Deneme sürecinde atık su uygulamaların çalışmada kullanılan tür ve çeşitler üzerinde etkisini belirlemek amacı ile düzenli olarak fenolojik gözlemler yapılmıştır. Fenolojik gözlemler kapsamında ilk çiçeklenme, ilk meyve bağlama, ilk hasat ve son hasat tarihleri belirlenmiştir.

### **3.2.4. Hasat Edilen Meyvelerde Yapılan Fiziksel Ölçümler**

Denemede hasat olgunluğuna gelmiş patlıcan ve biber çeşitlerinde analizler, ikinci hasattan itibaren başlayarak tüm hasat dönemlerinde olgunlaşmasını tamamlamış, tesadüfi olarak hasat edilen meyvelerde fiziksel ölçüm ve analizler yapılmıştır. Toplam verim kg/da, bitki başına düşen meyve sayısı adet/bitki, ortalama meyve ağırlığı (g), meyve boyu (mm), meyve eni (mm), et kalınlığı (mm) ölçümleri yapılmıştır. Yapraklarda, ortalama yaprak sayısı (adet/bitki), bitkide ise bitki boyu (cm) ve gövde çapı (cm) ölçümleri yapılmıştır.

### **3.2.5. Toplam Verim**

Tüm hasat zamanlarında hasat edilen pazarlanabilir ürünler 0,01 g hassasiyetli, Radwag PS 3500/C/1, Radom, Polonya marka ve modelde terazi kullanılarak tartılmış ve kg/da cinsinden belirlenmiştir.

### **3.2.6. Bitki başına düşen ortalama meyve sayısı**

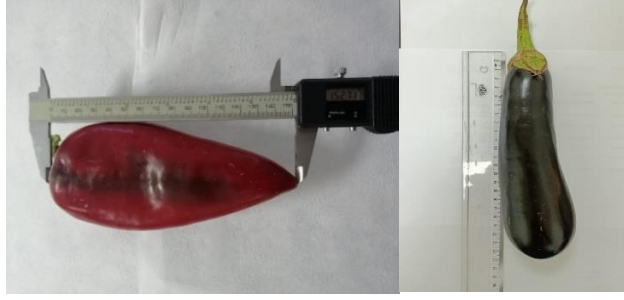
Her bir tekerrürde yetiştirilen 20 bitkinin arasından kenar tesirleri göz önüne alınarak 15 bitki seçilmiştir. Her hasatta bitkilerden elde edilen meyveler toplanarak bitki başına düşen ortalama meyve sayısı (adet/bitki) belirlenmiştir.

### **3.2.7. Ortalama meyve ağırlığı**

Her bir tekerrürde, tesadüfi olarak alınmış meyve örnekleri Radwag PS 3500/C/1, Radom, Polonya marka ve model hassas terazide tartılarak ortalaması (g) alınmıştır.

### **3.2.8. Meyve boyu**

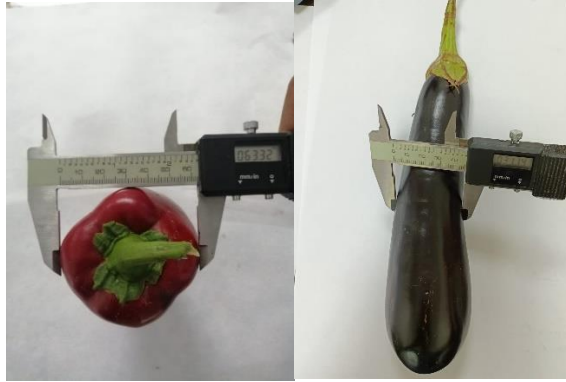
Uygulama parsellerinde ayrı ayrı olacak şekilde hasat edilen 15'er meyvenin meyve boyları (mm) 0.001 mm'ye duyarlı dijital kumpas ve cetvel ile ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır (şekil 3.8.)



**Şekil 3.8.** Meyve boyu ölçümü

### **3.2.9. Meyve eni (mm)**

Meyve eni uygulama parsellerinde ayrı ayrı olacak şekilde hasat edilen meyvelerin biberde sap kısmına yakın olan en geniş bölgeden patlıcanda ise orta noktasından olacak şekilde 0.001 mm'ye duyarlı dijital kumpas ile ölçülmüş ve ortalaması (mm) alınmıştır (Şekil 3.9).



**Şekil 3.9.** Meyve eni ölçümü (Patlıcan foto eklenecek)

### **3.2.10. Et kalınlığı**

Hasat edilen biber meyveleri sapa yakın olan yerden enine kesilerek ölçü alınmıştır. Ölçümde 0.001 mm'ye duyarlı dijital kumpas kullanılarak ortalamaları (mm) alınmıştır (Şekil 3.10).



**Şekil 3.10.** Meyve et kalınlığı ölçümü

### **3.2.11. Meyve kuru madde miktarının belirlenmesi**

Biber ve patlıcan bitkilerinde ikinci hasat döneminde her bir tekerrürden alınan meyve örneklerinin taze ağırlıkları (0.001 g'a duyarlı AS 220 hassas analitik terazi) belirlenmiş daha sonra etüvde 70 °C de ağırlığı sabit oluncaya kadar (72 saat) kurutulmuştur. Kuruyan örnekler tekrar hassas terazide tartılarak meyve kuru madde miktarı yüzde cinsinden tespit edilmiştir (Anonim, 1983)

### **3.2.12. Bitki örneklerinde yapılan ölçümler**

Biber ve patlıcan bitkilerinde, bitki boyu (cm) ve gövde çapı (cm), bitki başına düşen ortalama yaprak sayısı (adet/bitki), yaprak rengi, yaprak oransal su kapsamı (YOSK) (%), yaprak klorofil miktarı (mg/g) ölçüm ve analizleri yapılmıştır.

### **3.2.13. Bitki boyu ve gövde çapı ölçümleri**

Son hasattan sonra her iki türe ait bitkilerde toprak yüzeyinden büyüme ucu arası ölçülerek uygulama bazında bitki boyları (cm) belirlenmiştir. Yine her iki tür bitkilerinde topraktan 2-3 cm üstünden 0,001 mm' ye duyarlı dijital kumpas ile gövde çap (cm) ölçümü yapılmıştır.



### 3.2.14. Bitki başına düşen ortalama yaprak sayısı

Uygulamalara ait tekerrürlerden tesadüfi olarak seçilen bitkilerde yaprakların son hasattan sonra sayım yapılması ile adet olarak belirlenmiştir.

### 3.2.15. Yaprak rengi

Her iki türde uygulama yapılan bitkilerden gelişmesini tamamlamış, semptomsuz, tesadüfi olarak seçilen yaprakların farklı noktalarından Minolta CR-300 renk ölçüm cihazı ile ölçüm yapılarak L, a ve b değerleri üzerinden belirlenmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Yaprak renk analizi.

### 3.2.16. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK) (%)

Biber ve patlıcan türlerinde uygulamaların her tekerüründen öğlen saatlerinde alınan yaprak örnekleri 0.001 g'a duyarlı hassas terazi ile tartılarak taze ağırlıkları belirlenmiştir. Yapraklar 4 saat saf su içerisinde bekletilmiştir. Yapraklarının fazla suyu alınarak tekrar tartılmış ve turgor ağırlığı belirlenmiştir. Turgor ağırlığı belirlenen yapraklar 70 °C de 24 saat etüvde bekletilerek kuru ağırlığı saptanmıştır. Tüm bu değerler aşağıda belirtilen formülde yerine konularak YOSK miktarı % cinsinden belirlenmiştir.

YOSK:  $100 \times ((\text{Taze ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}) / (\text{Turgor ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}))$  (Sanchez, Andres, Tenorio ve Ayerbe, 2004).

### 3.2.17. Yaprak klorofil miktarı

Biber ve patlıcanda yapılan uygulama bitkilerinin semptomsuz yapraklarından alınan doku örnekleri 50-100 mg aralığında tartılmıştır. Her bir örneğe 10 ml %80'lik aseton ilave edilerek havanda ezilmiştir. Örnekler, spektrofotometrede bulunan tüplere ilave edilerek kontrol olarak %80 lik aseton kullanılmıştır. Ardından 663 nm ve 645 dalga boylarında okuma yapılmıştır (Sestak, Catsky ve Jarvis, 1971).

Sonuçlar, aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

Klorofil a (mg/g)=  $12,7*(A663)-2,69*(A645) * \text{Aseton} / \text{yaprak doku miktarı}$

Klorofil b (mg/g)=  $22,9*(A645)-4,68*(A663) * \text{Aseton} / \text{yaprak doku miktarı}$

Toplam Klorofil (mg/g)=Klorofil a + Klorofil b (Weatherley, 1950)

### 3.2.18. Meyvede yapılan kalite analizleri

Deneme parcelini temsil edecek şekilde hasat edilen biberlerde likopen ve  $\beta$ -carotene analizi, toplam fenolik madde miktarı, toplam suda çözünür kuru madde miktarı, Ph miktarı, titre edilebilir asit, toplam kuru madde miktarı, meyvede et ve kabuk renk ölçümleri patlıcanda ise likopen ve  $\beta$ -carotene analizi hariç diğer kalite analizleri yapılmıştır.

### 3.2.19. Likopen ve $\beta$ -carotene analizi

Likopen ve  $\beta$ -carotene analizleri sadece biber çeşitlerinde yapılmıştır. Biberlerden alınan 0,5 g püre örneği 0,01 g'a duyarlı hassas terazide tartılmıştır. Tartılan örnekler 50 ml'lik tüplere konulmuştur. Tüplere 10 ml saf su ve 10 ml aseton eklenmiştir. Tüpler kaynayıncaya kadar su banyosu içerisinde bekletilmiştir ve kaynama başlangıcında tüpler su banyosundan alınmıştır. 50 ml'lik tüpler 3000 rpm de 5 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen üst kısım içerisinde 50 ml saf su ve 50 ml petrol eter bulunan ayırma hunisine aktarılmıştır. Tüplerin üzerine 10 ml aseton ilave edilerek tekrar 5 dk süre ile santrifüj edilmiş olup üst kısım ayırma hunisine eklenmiştir. Bu işlem tüpe ilave edilen aseton renksiz oluncaya kadar tekrarlanmıştır. İşlem tamamlandığında ayırma hunisi

çalkalanmış ayrılan su karışımı atılmıştır. Kalan petrol eter fazına 25 ml saf su ilave edilmiş ve 3 kez yıkanmış altta kalan su fazı atılmıştır. Geriye kalan karotenoidleri içeren petrol eter fazına 2 g susuz Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenerek karıştırılmış ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ın çökmesi beklenmiştir. Elde edilen eter fazı 100 ml'lik ölçü balonuna konularak balon çizgisine kadar petrol eter ile tamamlanıp karıştırılmıştır. Elde edilen örneklerde spektrofotometrede 505 nm (E505) ve 452 (E452) nm dalga boyunda okuma yapılmış ve kontrol olarak petrol eter kullanılmıştır (Kılıç, Çopur, ve Görtay, 1991) (Şekil, 3.12.).

Elde edilen sonuçlar mg/kg olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Likopen miktarı (mg/kg): } \frac{E505 \times V \times 5}{W}$$

$$\text{Karoten miktarı (mg/kg): } \frac{[E452 - (E505 \times \frac{1335}{2000})] \times V \times 10000}{1477 \times W}$$

Yukarıda formüle göre;

E505: 505 nm' de okunan absorbans değeri

E452: 452 nm' de okunan absorbans değeri

V: Sulandırılmış olan solüsyonun son hacmi (ml)

W: Alınan numune miktarı (g)



**Şekil 3.12.** Biber çeşitlerinde Likopen ve β-carotene analizi

### **3.2.20. Toplam fenolik madde miktarı**

Denemede biber ve patlıcan çeşitlerinde toplam fenolik bileşik tayini yapılmıştır. Ekstrakte edilen meyve posasından 1 g örnek alınarak, 10 ml metanolde 2 gün karanlık ortamda çözünmesi için beklenmiştir. Metanolde çözülmüş örneklerde uygun derişimi bulmak için ayrı ayrı 100 µl, 200 µl, 400 µl, 800 µl, 1000 µl, 1200 µl 1400 µl, 1800 µl ve 2000 µl örnek falkon tüplere alınmıştır. Falkon tüpler son hacmi 4600 µl' ye saf su ile tamamlanmıştır. Çözeltilinin üzerine 300 µl %2 lik Na<sub>2</sub>Co<sub>3</sub>, 100 µl folin-ciocalteu reaktifi eklenerek son hacmin 5000 µl olması sağlanmıştır. Hazırlanan örnekler 2 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Derişimler spektrometrede 760 nm' de okunmuştur. 0,9'a yaklaşan derişim uygun derişim olarak kabul edilmiş ve biberde 1000 µl, patlıcanda 1800 µl örnek uygun derişim olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen uygun derişim değerine göre çözelti tekrar hazırlanmış ve spektrofotometrede 760 nm (E760)' de okunmuştur. Okunan değerler gallik asit eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (mg/kg) (Beyhan, Elmastas ve Gedikli, 2010).

### **3.2.21. Toplam suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM)**

Hasat edildiği parseli temsil edecek şekilde her bir tekerrürden alınan hastalık ve zarar görmemiş 5'er meyvenin meyve suyu alınarak dijital refraktometre ile ölçülmüştür (Qickh Brix 60, ABD).

### **3.2.22. pH miktarı**

Her tür ve uygulamadan alınan meyvelerin meyve sularında pH (Hanna pH 211, ABD) ölçümü yapılmıştır.

### **3.2.23. Titre edilebilir asit miktarı (TA)**

Her bir tekerrürden hazırlanan meyve sularından alınan örnekler pH 8.1 değerine gelince kadar NaOH ile titrasyon yapılmıştır. Harcanan NaOH miktarı tespit edilerek aşağıda yer alan eşitlik kullanılarak TA miktarı (%) hesaplanmıştır (Demir, 2016) (Şekil 3.13)

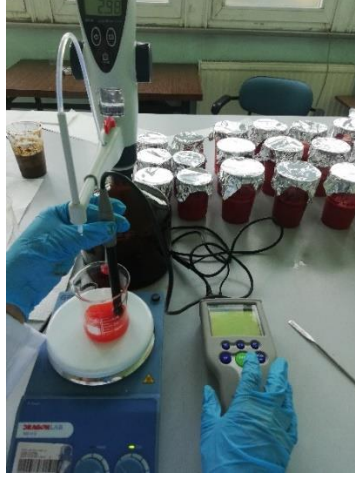
Titre edilebilir asit miktarı (TA):  $\frac{V \times E \times f}{M} \times 100$

V: Harcanan 0,1 N NaOH miktarı (ml)

E: 1 ml 0.1 N NaOH' in eşdeğeri asit miktarı (g)

f: NaOH normalitesi

M: Titre edilen örnek miktarı ( ml)



Şekil 3.13. TA tayini.

### 3.2.24. Toplam kuru madde miktarı

Her tür ve uygulamadan alınan meyve örnekleri darası alınmış ve nemi alınmış kese kâğıtlarına konularak 0,001 g hassasiyete sahip hassas terazide tartılarak yaş ağırlık tespit edilmiştir. Örneklerin ağırlığı sabit ağırlığa gelinceye kadar 65 °C'lik etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örnekler tekrar tartılarak kuru ağırlık elde edilmiş, yaş ve kuru ağırlık arasındaki fark hesaplanarak % olarak ifade edilmiştir (Kaçar ve Ünal, 2010).

### 3.2.25. Meyve et ve kabuk renginin tespit belirlenmesi

Her sebze türü ve uygulamaların tekerrürlerinden alınan semptomsuz 5'er meyve örneğinde dış kabuk rengi ve et rengini tespit etmek amacı ile Minolta CR-300 kolorimetre renk ölçüm cihazı kullanılarak L, a ve b değerleri belirlenmiştir.

### **3.2.26. Ağır metal analizleri**

Her tür ve uygulamalardan alınan meyve, kök ve yaprak örnekleri ağır metal analizleri ağır metal analizlerinde kullanılmak üzere tesadüfi olarak seçilerek Cd, Cu, Zn, Pb ağır metal içeriklerinin kantitatif analizi ICP/MS ile yapılmıştır (Voica, Kovacs, Dehelean, Rıstoiu ve Iordache, 2012).

### **3.2.27. İstatistiksel analiz**

Tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerürlü olarak kurulan denemenin yürütüldüğü her iki yılda da elde edilen verilerin varyans analizleri “JMP 7” istatistik programı ile elde edilmiştir. Sonuçlar arasındaki istatistiki fark %5 hata seviyesi dikkate alınarak Fisher-LSD testi ile belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Bitkilerde yapılan fenolojik gözlemler

Kapya tipi biber ve patlıcan çeşitlerine ait yapılan fenolojik gözlemlere göre 08 Haziran’ da fide dikimi yapılan 2018 yılı yetiştirme periyodunda ilk çiçeklenme 02-06 Temmuz, ilk meyve tutumu 07-12 Temmuz, ilk renklenme 19-31 Temmuz ve ilk hasat 02-17 Ağustos tarihleri arasında meydana gelmiştir.

Fidelerin, 15 Haziran tarihinde deneme arazisine dikildiği 2019 deneme yılına göre ilk çiçeklenme biber çeşitlerinde 08-13 Temmuz, patlıcan çeşitlerinde 8-20 Temmuz tarihleri arasında gerçekleşmiştir. Ayrıca ilk meyve tutumu biber çeşitlerinde 13-22 Temmuz, patlıcan çeşitlerinde 15-25 Temmuz, ilk renklenme biber çeşitlerinde 29 Temmuz – 6 Ağustos, ilk hasat tarihi ise biber çeşitlerinde 13-19 Ağustos, patlıcan çeşitlerinde ise 09-15 Ağustos tarihleri arasında meydana gelmiştir. Bu tarihler yetiştiricilik yapılan döneme, ekolojik koşullara ve toprak koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir.

Biber ve patlıcan çeşitlerinin çiçeklenme dönemlerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında yapılacak olan bir karşılaştırmada her iki yılda da ham atık su uygulamalarının şebeke suyu uygulamalarına göre çiçeklenme, meyve tutumu ve ilk hasat tarihlerinin daha erken olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1.) Özkan (2019), turşuluk hıyar çeşitlerinde ham atık sularla sulamanın verim, kalite ve ağır metal içerikleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmada, yapılan fenolojik gözlemlere göre, ham atık su uygulamalarının şebeke su uygulamalarına göre daha önce çiçeklendiği, meyve tutumu olduğu ve daha erken hasat edildiğini ortaya koymuştur. Kapya tipi biber yetiştiriciliğinde uygulanan çeşitli organik gübrelerin bitki gelişimi üzerine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise organik gübreleme yapılan biberlerin, uygulama yapılmayan biberlere göre daha erken çiçeklendiği tespit edilmiştir (Bozkurt, 2019). Ham atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu ile karşılaştırıldığında yüksek oranda mineral madde içermektedir (Ham atık su > arıtılmış atık su > şebeke suyu) . Ham atık su uygulamalarının diğer uygulamalara göre daha erkenci olması içerisinde yüksek miktarda bitki besin

elementinin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle atık su uygulamaları gübreleme masraflarını azaltarak üreticilere ekonomik anlamda da kazanç sağlamaktadır.

**Çizelge 4.1.** Biber ve patlıcan çeşitlerine ait atık su uygulamalarının ilk çiçeklenme, ilk meyve tutumu, ilk renklenme ve ilk hasat tarihleri

Çeşitler	Uygulama	İlk Çiçeklenme		Meyve Tutumu		İlk Renklenme		İlk Hasat	
		Yıl		Yıl		Yıl		Yıl	
		2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Amfora	Şebeke	06.07	12.07	11.07	18.07	29.07	05.08	17.08	18.08
	Arıtılmış Atık su	05.07	12.07	12.07	19.07	29.07	06.08	17.08	18.08
	Ham Atık su	02.07	10.07	10.07	16.07	27.07	05.08	15.08	18.08
Yalova Yağlık	Şebeke	06.07	10.07	12.07	15.07	27.07	02.08	14.08	19.08
	Arıtılmış Atık su	06.07	08.07	12.07	16.07	31.07	03.08	13.08	19.08
	Ham Atık su	03.07	09.07	09.07	13.07	01.08	02.08	13.08	18.08
Fil Kulağı	Şebeke	05.07	13.07	08.07	17.07	20.07	29.07	05.08	17.08
	Arıtılmış Atık su	03.07	11.07	08.07	22.07	21.07	31.07	06.08	13.08
	Ham Atık su	02.07	09.07	07.07	17.07	21.07	29.07	02.08	13.08
Urfa İsoot	Şebeke	06.07	11.07	09.07	16.07	19.07	30.07	04.08	13.08
	Arıtılmış Atık su	06.07	08.07	10.07	19.07	20.07	03.07	06.08	16.08
	Ham Atık su	06.07	07.07	10.07	16.07	19.07	29.07	04.08	14.08
Kemer	Şebeke		12.07		18.07	-	-		14.08
	Arıtılmış Atık su		08.07		18.07	-	-		14.07
	Ham Atık su		10.07		15.07	-	-		09.08
Aydın Siyahı	Şebeke		20.07		25.07	-	-		15.08
	Arıtılmış Atık su		15.07		21.07	-	-		15.07
	Ham Atık su		16.07		21.07	-	-		13.08

#### 4.2. Meyvede yapılan morfolojik ölçüm sonuçları

Meyvede yapılan morfolojik ölçümler kapsamında patlıcanda verimi, ortalama meyve sayısı, meyve boyu, meyve eni, ortalama meyve ağırlığı ve kuru madde miktarına ait değerler, biber çeşitlerinde ise bu analizlere ek olarak et kalınlığı parametresi sonuçları



sunulmuş ve değerlendirilmiş olup iki yılın ortalamaları alınarak Çizelge 4.2' de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Biber ve patlıcan sebze türlerinde verim ve meyve özellikleri üzerine morfolojik ölçümler.

Çeşit	Uygulama	Verim (kg/da)	Ort. Meyve Sayısı Adet/Bitki	Meyve Boyu (mm)	Meyve Eni (mm)	Et Kalınlığı (mm)	Ort. Meyve Ağırlığı (g)	Kuru Madde %
Amfora	Şebeke	4067 c	5,75 c	115,19 b	54,10 b	3,70 b	91,82 b	8,70 b
	Aritilmiş Atık su	5958 b	7,58 b	136,76 a	54,91 b	4,56 a	94,09 b	9,96 ab
	Ham Atık su	7204 a	9,27 a	145,01 a	63,54 a	5,17 a	118,03 a	10,33 a
	LSD%5	573	1,05	10,81	4,36	0,67	21,11	1,27
Fıllı Kulağı	Şebeke	2144 c	3,47 c	132,78 b	49,52 b	4,05 b	85,30 b	9,34 c
	Aritilmiş Atık su	4252 b	6,09 b	138,81 b	52,51 a	4,30 ab	98,71 ab	10,71 b
	Ham Atık su	5878 a	8,19 a	146,08 a	63,61 a	4,63 a	117,27 a	11,41 a
	LSD%5	399	1,26	6,66	49,52 b	0,37	21,94	0,37
Yalova Yağlık	Şebeke	3913 c	5,21 c	143,67 b	54,91 c	4,26 b	105,42 b	9,68 b
	Aritilmiş Atık su	5401 b	6,90 b	147,51 ab	60,88 b	5,17 a	116,52 ab	10,86 ab
	Ham Atık su	7916 a	8,40 a	154,47 a	66,95 a	5,41 a	141,06 a	11,79 a
	LSD%5	527	1,02	7,40	3,05	0,30	6,49	1,22
Urfa İso	Şebeke	2324 c	4,77 c	84,76 c	36,93 c	1,98 b	21,41 c	8,80 b
	Aritilmiş Atık su	2731 b	7,46 b	89,11 b	39,16 b	2,08 b	32,07 b	10,17 b
	Ham Atık su	3837 a	9,78 a	95,92 a	41,31 a	2,37 a	47,34 a	11,76 a
	LSD%5	373	1,33	2,69	1,26	0,15	3,78	5,74
Kemer	Şebeke	2487 b	3,29 b	160,12 b	39,77 c		133,66 b	9,13 b
	Aritilmiş Atık su	2938 a	3,97 a	177,63 b	43,91 b		151,67 a	9,99 ab
	Ham Atık su	3129 a	4,11 a	199,96 a	50,95 a		156,67 a	10,91 a
	LSD%5	415	0,43	19,71	2,28		12,72	0,95
Aydın Siyahı	Şebeke	1644 c	2,52 c	170,85 b	44,83 b		122,17 b	9,69 c
	Aritilmiş Atık su	2146 b	3,28 b	192,17 a	49,87 a		166,67 a	11,18 b
	Ham Atık su	3784 a	4,16 a	201,54 a	52,16 a		185,17 a	12,77 a
	LSD%5	410	0,45	14,47	2,92		41,03	1,36

Atık su uygulamalarının verim üzerine etkileri değerlendirildiğinde, biber çeşitleri arasında en yüksek değer 7916 kg/da ile ham atık su ile sulanan Yalova yağlık çeşidinde elde edilmiştir. Bu değeri 7204 kg/da ile yine ham atık su ile sulanan Amfora çeşidi takip ederken en düşük değer ise 2324 kg/da ile şebeke suyu ile sulanan Urfa İso biber çeşidindedir. Patlıcan çeşitlerinde ise Aydın Siyahı çeşidinin ham atık su uygulaması en yüksek verim değerini vermiş olup 3784 kg/da'dır. Denemede kullanılan çeşitlerde sulama suyu uygulamaları arasında istatistiki olarak bir fark gözlenmiştir. Kemer

çeşidinde ham atık su uygulamaları ve arıtılmış atık su uygulamaları aynı istatistiki grupta yer almış veşebeke suyu ile sulananlara göre daha yüksek verim değerine sahip olmuştur. Verim değerleri yüksekten, düşüğe doğru ham atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu olarak sıralanmaktadır. (Çizelge 4.2). İki farklı biber çeşidinde 0, 30 ve 60 kg/ha olmak üzere üç farklı N dozu ile atık su uygulamasının kombineli olarak yürütüldüğü çalışmada, 30 kg azot uygulanan ve atık su ile sulanan biberler tüm büyüme ve verim parametrelerinde en iyi sonucu tespit etmişlerdir. Kontrol grubuna göre 30 kg azot gübrelemesi ve atık su uygulamalarında, kontrol grubuna göre %96.95 oranında bir artış kaydedilmiştir (Iqbal ve diğerleri, 2015). Ayrıca Kiziloglu ve diğerleri (2008), Kalkerli topraklarda yetişen karnabahar ve kırmızı lahananın çeşitli yöntemlerle arıtılan atık sular ile sulaması sonucu verimi ve bitkide çeşitli makro ve mikro besin içeriğinin araştırmışlardır. Çalışmada, arıtılmamış atık sular ile sulanan karnabaharda 28.535 kg/ha, kırmızı lahanada 46.865 kg/ha ile ilk sırada yer almaktadır. Ali, Rehman, Tareen, Ullah, Ullah, Bıbı ve Laghari (2019), farklı oranlarda atık su uygulamalarının, semizotu, marul ve kişniş gibi yapraklı sebzelerin üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada; tüm çeşitlerde taze ağırlık üzerine %100 atık su uygulamalarının en yüksek değeri verdiğini bildirmişlerdir. Marul, turp, havuç ve patates gibi sebzelerde, farklı arıtma seviyelerinde atık suların kullanılması ile yapılan çalışmada, birincil düzeyde arıtılan atık su uygulamaları, ikincil düzeyde arıtılan uygulamalara göre daha yüksek verim vermiştir (Zavadil, 2009). Farklı arıtma seviyelerinde atık suların kullanıldığı bir başka çalışmada hıyar çeşitlerinin toplam verim değerlerine bakılmış ve atık su uygulamalarının şebeke suyu uygulamalarına göre Artist F1 çeşidinde %45, Atik F1 çeşidinde %40, Titanik F1 çeşidinde ise %81,23 oranlarında daha yüksek sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Özkan, 2019). Bu durum ham atık suyun diğer su kaynakları ile karşılaştırıldığında bünyesinde daha fazla besin maddesi bulunması ile ilişkilendirilebilir. Atık su uygulamalarının, yapılan birçok çalışmada bitkilerin verim özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu ortaya konmuştur (Tavares ve diğerleri, 2019; Chen ve Lui, 2015; Iqbal, Inam, Ashfaque ve Sahay, 2017; Tunç ve şahin, 2016).

#### **4.2.1. Ortalama meyve sayısı (adet/bitki)**

Ortalama meyve sayıları, biber çeşitlerinde 9,78-3,47 adet/bitki olarak değişmektedir. Her iki türde de çeşit bazında istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Urfa İsoot çeşidine ait biberlerden 9,78 adet/bitki ile en yüksek değer elde edilmiştir. İkinci sırada ise 9,27 adet/bitki ile Amfora çeşidi yer almaktadır (Çizelge 4.2). Farklı kapyaya tipi biber çeşitlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, bitki başına düşen meyve sayısının 4,00-6,89 adet/bitki olarak tespit edilmiştir (Şahiner, 2019). Patlıcan çeşitlerinde ise ortalama meyve sayısı Aydın Siyahı çeşidinde ham atık su uygulamaları ile sulanan parsellerde 4,16 adet/bitki olarak tespit edilmiş olup 4,11 adet/bitki ile Kemer çeşidinde ham atık su ile sulanan bitkiler ikinci sırada yer almıştır. Aydın Siyahı patlıcan çeşidinde şebeke suyu uygulaması 2,52 adet/bitki ile en düşük ortalama meyve sayısını veren çeşit olmuştur. Ham atık su uygulamaları ile sulanan patlıcan ve biber çeşitlerinde, arıtılmış atık su ve şebeke suyu uygulamalarına göre bitki başına düşen ortalama meyve sayısı değerleri daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca şebeke suyu uygulamasında en düşük ortalama meyve sayıları elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Demir (2016), domateste arıtılmış atık su ve şebeke suyu ile sulamalar sonrasında bitki başına düşen meyve sayısının 16,2-21,2 arasında değiştiğini ve arıtılmış atık su uygulamalarının yüksek sonuç verdiğini tespit etmiştir. Bu verilerin aksine Husseiki ve Malaeb (2018), patlıcan bitkisinde yapmış olduğu çalışmada atık su uygulamalarının (8 adet/bitki), temiz su (9 adet/bitki) uygulamalarına göre meyve sayısını azalttığını tespit etmişlerdir. Rakamlar birbirine oldukça yakın olması nedeniyle bu durum çevre şartları veya atık suyun bitki besin elementi içeriği ile ilişkilendirilebilir. Ham atık su uygulamalarının diğer morfolojik ölçümlerde üstün sonuçlar verdiğinden bitki başına düşen meyve sayısında pozitif yönde etkilenmiştir.

#### **4.2.2. Meyve boyu ve meyve eni**

Biber ve patlıcan çeşitlerinin meyve boy ve en değerleri ölçüm sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Biber çeşitleri arasında Yalova Yağlık çeşidinde en yüksek meyve boyu 154,47 mm ile ham atık su uygulamalarında tespit edilmiştir. Fil Kulağı çeşidine ait ham atık su uygulamaları ise 146,08 mm ile ikinci sırada yer almaktadır. En düşük meyve en değeri ise 36,93 mm ile Urfa İsoot çeşidinde elde edilmiş olup en yüksek meyve en değeri

66,95 mm ile Yalova Yağlık çeşidinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Şahin (2019), kapyra tipi biberlerde meyve boyunu analizinde 13,26-15,56 cm arasında, meyve eni değerlerini ise 3,93-5,58 cm arasında tespit etmiştir. Farklı organik gübrelemelerin uygulandığı bir başka çalışmada ise kontrol uygulamasından elde edilen kapyra tipi biber çeşitlerinde postal çeşidinde 11,95 cm boy ve 4,42 cm en, Fil Kulağı çeşidinde ise 12,45 cm boy ve 4,59 cm en olarak belirlemiştir (Bozkurt, 2019).

Patlıcan çeşidinde meyve boy ve en bulguları incelendiğinde istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir. Aydın Siyahı çeşidi 201,54 mm ile en yüksek meyve boyuna sahip patlıcan çeşidi olarak tespit edilmiş olup Kemer çeşidi 199,96 mm ile takip etmektedir. Meyve en değeri ise ham atık su ile sulanan Aydın Siyahı çeşidinde 52,16 cm olarak, en düşük meyve en değeri ise 39,70 cm ile şebeke suyu ile sulanan Kemer çeşidinde olduğu tespit edilmiştir. Yenigün (2019), patlıcanda yürütmüş olduğu çalışmada ortalama meyve boyunu 114,2-130,9 mm arasında bulmuştur. Uygulamalar incelendiğinde patlıcan ve biber çeşitlerinde ham atık su uygulamaları en yüksek meyve boyu ve en değerine sahiptir. Bunu arıtılmış atık su uygulamaları ile sulanan biber ve patlıcan çeşitleri takip ederken. En düşük değer ise şebeke suyu uygulamalarında elde edilmiştir. Hıyar bitkilerinde atık suları kullanarak yaptığı çalışmada Özkan (2019), atık su uygulamalarının ortalama meyve boyunu arttırdığını tespit etmiştir. Domateste yapılan bir başka çalışmada ise yine atık su uygulamaların bitki boy ve enini arttırdığı tespit edilmiştir (Demir 2016). Atık su ile yapılan çalışmaların sonuçları bizim çalışmamız ile meyve en ve boy değerleri bakımından paralellik göstermektedir.

### **4.2.3. Et kalınlığı**

Biber çeşitlerinde çeşitli arıtma düzeylerinde uygulanan atık su uygulamalarında et kalınlığı 5,41 mm – 1,98 mm arasında değişmektedir. En yüksek et kalınlığı ham atık su ile sulanan Yalova Yağlık çeşidinde en düşük et kalınlığı ise şebeke suyu ile sulanan Urfa İso çeşidinde elde edilmiştir. Et kalınlığı hem biber salçası üretiminde hem de kuru kırmızı biber üretiminde en önemli kalite kriteri olarak kullanılmaktadır. Biber salçası üretiminde kullanılan çeşitlerde (Amfora, Yalova Yağlık, Fil Kulağı) et kalın, kuru olarak değerlendirilecek çeşitlerde (Urfo İso) et ince olması gerekmektedir (Abak, 1995). Şahin

(2019), et kalınlığını 5,7-4,5 cm arasında, Karaağaç ve Balkaya (2010), 3,3-5,58 cm, Bozkurt (2019), ise 3,19-4,1 cm olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen et kalınlıkları daha önceki yapılan çalışmalara göre ortalamada ve yüksek bulunmuştur. Tüm biber çeşitlerinde istatistiki açıdan önemli farklar bulunmuş olup et kalınlığı bakımından büyükten, küçüğe doğru sırası ile ham atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu olarak tespit edilmiştir (izelge 4.2). Atık su uygulamalarının hem salçalık biber yetiştiriciliklerinde hem de kurutma (isot) amaçlı yetiştiriciliklerde kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur.

#### **4.2.4. Ortalama meyve ağırlığı**

Farklı sulama suyu tipleri uygulanan biber ve patlıcan çeşitlerinde ortalama meyve ağırlığı incelendiğinde, biber çeşitlerinde en yüksek değerin 141,06 g ile ham atık su ile sulanan Yalova Yağlık Biber eşidinde olduğu tespit edilmiştir. şahin (2019), Bursa koşullarında 9 farklı kapyra tipi biberde yapmış olduğu çalışmada ortalama meyve ağırlığını 62,85 g-105,98 g olarak bulmuşlardır.

Patlıcan eşitlerinde ise ortalama meyve ağırlığı 185,17 g-122,11 g arasında değişmektedir (izelge 4.2). Temiz su ve arıtılmış atık sular ile sulanan ve patlıcan ile yapılan başka bir çalışmada temiz su ile sulanan patlıcan meyvelerinin boylarını 146 g, atık su ile sulananların ise 172 gr olduğunu tespit etmiştir (Husseiki ve Malaeb, 2018). Bu değerler bizim verilerimizle uyumakla birlikte, çalışmamızda daha yüksek veriler elde edilmiştir. Bu fark atık suyun kalitesinden ileri geldiği düşünölmektedir. Biber eşitlerinde en yüksek değer ham atık sular ile sulanan Yalova Yağlık eşidinde, en düşük değer ise şebeke suyu ile sulanan Urfa İsot biberinde elde edilmiştir. Patlıcan eşitlerinde ise en yüksek ve en düşük ortalama meyve ağırlığı değerleri sırası ile Aydın Siyahı eşidinde ham atık su ve şebeke suyu ile sulanan uygulamalarında tespit edilmiştir. Atık su uygulamaları arasında istatistiki açıdan önemli farklar bulunmuştur (izelge 4.2). Demir (2016), yapmış olduğu çalışmada, domateste atık su ile sulama sonucu meyve ağırlığının arttığını tespit etmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise atık su uygulamaları domateste ortalama meyve ağırlığını arttırdığını tespit etmiştir (Al- Lahlam ve diğerleri,

2003). Bu durum atık suların besin elementi içeriğinin yüksek oluşundan kaynaklanabilmektedir.

#### **4.2.5. Kuru madde miktarı**

Çalışmamızda kuru madde miktarı ölçümlerinden elde ettiğimiz bulguların birbirine yakın olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2.).Ham atık su ile sulanan Yalova Yağlık (%11,79), Urfa İso (%11,76) çeşitlerinde elde edilmiştir. Korkutata ve Kavaz (2013), acı biberlerde kalite kriterlerini araştırdığı çalışmada Urfa İso biberinde kuru madde miktarı %9,24 olarak belirlemişleridir. Çalışmamızda arıtma seviyeleri azaldıkça kuru madde oranının azaldığı tespit edilmiştir. Kuru madde miktarı tüm patlıcan çeşitlerinde istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup 9,13-2,77 g arasında değişmektedir. En yüksek kuru madde miktarı hem Kemer hem de Aydın Siyahı çeşidinde sırası ile ham atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu uygulamalarında elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Biberlerde kuru madde oranının tespit edildiği bir başka çalışmada ise kuru madde miktarının %9,5-11,8 arasında değiştiği belirlenmiştir (Bilişli ve Erhan, 1991). Farklı oranlarda atık su uygulamalarının (%0, %25, %50, %75, %100) biberde verim ve verim parametrelerini belirlemek üzerine yapılan çalışmada %100 oranında atık su ile biberlerde kuru madde miktarının en yüksek sonuç verdiğini belirlenmiştir (Torabian, 2010).

### **4.3. Bitki ve yaprak örneklerinde yapılan analizler**

#### **4.3.1. Bitki boyu**

Farklı sulama suyu tipleri uygulanan çalışmamızda bitki boyu (mm) değerleri tüm biber ve patlıcan çeşitlerinde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Sulama suyunun arıtma düzeyleri azaldıkça bitki boyunda artış olduğu tespit edilmiştir. Denemede Yalova Yağlık çeşidinde ham atık su ile sulanan biberler 64,56 mm ile en yüksek sonuç elde edilmiştir. Bunu sırası ile biberlerde arıtılmış atık su ile sulanan Yalova Yağlık (57,84 mm), ham atık su ile sulanan Amfora (53,43 mm), ham atık su ile sulanan Urfa İso çeşidi (48,71 mm) takip ederken en düşük bitki boyu ise 38,20 mm ile şebeke suyu ile sulanan Fil Kulağı çeşidinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3) Karağaç ve Balkaya (2010),

kırmızı biberler üzerine yapılan bir çalışmada bitki boyunu 50,1-59,4 cm arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Süs biberleri üzerine yapılan bir çalışmada ise bitki boy değerinin en düşük 51,2 cm en yüksek ise 94,98 cm arasında olduğunu ortaya koymuşlardır (Yaldız, 2008). Veriler incelendiğinde biberde şebeke suyu ile sulanan bitkilerin boy değerleri diğer su uygulamalarına göre en düşük sonucu vermiştir.

Patlıcan çeşitlerinde de benzer sonuçlar tespit edilmiş olup ham atık su uygulamalarında elde edilen bitki boy değerleri, arıtılmış atık su ve şebeke suyu uygulamalarına kıyasla göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bunu sırası ile arıtılmış atık su ve şebeke suyu takip etmektedir. Patlıcan çeşitleri arasında ise en yüksek sonuç 95,55 mm ile ham atık su ile sulanan Aydın Siyahı çeşidinde olurken en düşük sonuç ise şebeke suyu ile sulanan Kemer çeşidinde (43,06 mm) tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Fas' da farklı arıtma düzeylerinde atık su ile sulanan patlıcanda yapılan bir çalışmada bitki boylarının şebeke suyu (57.00 cm), arıtılmış atık su (56,97 cm) ve atık su (54,33 cm) olarak tespit etmişlerdir (Quansafi ve diğerleri, 2021). Yine patlıcan'da atık su ve malç kombinasyonlarının etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise bitki boylarının temiz suda 69 cm, arıtılmış atık suda ise 79 cm olarak hesaplamışlardır. Bu durumda arıtılmış atık su ile sulamanın, temiz su ile sulamaya göre %14,5 oranında bitki boyunu arttırdığını ortaya koymuşlardır (Husseiki ve Malaeb, 2018). Demir (2016), yürütmüş olduğu çalışmada domatesin bitki boyu üzerine arıtılmış atık su uygulamalarının pozitif bir etkisinin olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan bir başka çalışmada ise hıyar bitkisinin arıtılmış atık su ve atık su ile sulanması sonucu bitki boyu değerlerinin büyükten küçüğe doğru sırası ile atık su, arıtılmış atık su, şebeke suyu olarak tespit etmiştir (Ozkan, 2019). Çay (2013), yürütmüş olduğu çalışmada ise bitki boyu parametresi açısından benzer sonuçlar elde etmiştir.

#### **4.3.2.Bitki gövde çapı**

Bitki gövde çapı değerlerinin çeşitli atık su ile sulanması sonucu elde edilen veriler tüm çeşitlerde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Her iki türün çeşitlerinde de ham atık su uygulamaları en yüksek gövde çapı verirken arıtılmış atık su uygulamaları ikinci sırada yer almaktadır. En düşük sonuçlar ise şebeke suyu ile sulanan çeşitlerde elde edilmiştir. Çeşit ve uygulamalar birlikte değerlendirildiğinde biber çeşitlerinde en yüksek gövde çapı

değeri 17,85 mm ile Yalova Yağlık çeşidinde elde edilirken en düşük değer 7,81 mm ile Şebeke suyu ile sulanan Urfa İsoot çeşidinde elde edilmiştir. Patlıcan çeşitleri arasında biberde olduğu gibi 22,48 mm ile ham atık su ile sulanan Aydın Siyahı çeşidinde en yüksek gövde çapı değeri elde edilirken, yine ham atık su ile sulanan Kemer çeşidi (18,83 mm) ikinci sırada yer almaktadır. Bitki boyuna paralel olarak gövde çapında da artış olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3.** Biber ve patlıcan sebze türlerinde bitki boyu, bitki gövde çapı, yaprak sayısı ve yaprak oransal nem kapsamı (YONK) ölçümleri.

Çeşit	Uygulama	Bitki Boyu (mm)	Bitki Gövde Çapı (mm)	Yaprak Sayısı (Adet/bitki)	YONK (%)
Amfora	Şebeke	44,36 b	11,66 c	91,67 b	76,83
	Aritilmiş Atık su	47,90 b	13,74 b	113,56 a	73,22
	Ham Atık su	53,43 a	16,35 a	122,78 a	73,37
	LSD%5	1,44	0,21	<b>12,91</b>	<b>öd.</b>
Fıl Kulağı	Şebeke	38,20 b	9,99 c	85,78 c	72,82
	Aritilmiş Atık su	41,95 b	12,45 b	117,33 b	69,50
	Ham Atık su	48,00 a	15,52 a	145,22 a	74,74
	LSD%5	5,02	0,93	16,32	öd
Yalova Yağlık	Şebeke	48,73 c	11,38 c	85,67 c	78,87
	Aritilmiş Atık su	57,84 b	16,56 b	124,89 b	85,30
	Ham Atık su	64,56 a	17,85 a	152,22 a	69,60
	LSD%5	4,17	1,26	15,25	öd
Urfa İsoot	Şebeke	41,28 c	7,81 c	83,44 c	79,78
	Aritilmiş Atık su	44,89 b	11,72 b	127,10 b	83,41
	Ham Atık su	48,71 a	15,00 a	157,78 a	77,39
	LSD%5	2,75	1,76	10,08	öd
Kemer	Şebeke	43,06 b	12,03 c	66,88 c	71,24
	Aritilmiş Atık su	51,12 b	14,69 b	111,67 b	64,97
	Ham Atık su	68,97 a	18,83 a	142,56 a	67,38
	LSD%5	9,39	0,82	25,05	öd
Aydın Siyahı	Şebeke	68,52 b	17,96 c	116,22 c	60,00
	Aritilmiş Atık su	77,70 b	19,43 b	159,67 b	61,20
	Ham Atık su	95,55 a	22,48 a	212,78 a	62,64
	LSD%5	48,10	1,19	12,13	öd

### 4.3.3. Yaprak sayısı

Biber çeşitlerinde çeşitli arıtma düzeylerinde uygulanan atık su uygulamalarında yaprak sayısı incelendiğinde istatistiki açıdan önemli farklar bulunmuştur. Denemede biber çeşitlerinde yaprak sayıları 157,78-83,44 adet/bitki arasında değişiklik göstermektedir.



Tüm çeşitlerde ham atık su uygulamaları en yüksek sonucu verirken en az yaprak sayısı şebeke suyu ile sulanan bitkilerden elde edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen bitki başına düşen yaprak sayısı değerleri birbirine oldukça yakın değere sahiptir. En yüksek yaprak sayısı ham atık su ile sulanan Urfa İsot (157,78 adet/bitki) çeşidinde elde edilirken bunu Yalova Yağlık (152,22 adet/bitki) çeşiti takip etmektedir. (Çizelge 4.3). Azot ve fosfor bitkilerde vejetatif gelişmeyi arttırmaktadır (Kaçar ve Katkat, 2009). Ham atık su uygulamalarına tabi olan bitkilerin daha fazla yaprak sayısına sahip olması ham atık su ve arıtılmış atık suyun azot ve fosfor seviyelerinin yüksekliği kaynaklı olabilir.

#### **4.3.4. Yaprak oransal nem kapsamı**

Biber ve patlıcan çeşitlerinde yaprak oransal nem kapsamının incelendiği çalışmada istatistiki açıdan önemli farklar bulunmamıştır. Ancak YONK patlıcan çeşitlerinde % 69,50 - % 85,30, patlıcan çeşitlerinde ise % 60,00 – 67,38 olarak değişmektedir.

#### **4.3.5. Yaprak klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil**

Farklı düzeylerde arıtılmış atık su uygulamalarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları üzerine etkisi incelendiğinde biber çeşitleri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Patlıcan çeşitleri arasında ise Aydın Siyahı istatistiki açıdan önemli bulunurken, sadece Kemer çeşidi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Klorofil a miktarı ham atık su ile sulanan tüm biber ve patlıcan çeşitlerinde yüksek bulunmuştur. Ham atık su değerlerini, arıtılmış atık su değerleri ikinci sırada takip ederken en düşük klorofil a miktarı şebeke su ile sulanan bitkilerden elde edilmiştir. Biber çeşitleri arasında 1,97 mg/g ile en yüksek klorofil a değeri ham atık su ile sulanan Amfora çeşidinde bulunmuştur. Bunu sırası ile ham atık su ile sulanan Fil Kulağı (1,67 mg/g) ve Yalova Yağlık çeşitleri (1,50 mg/g) takip ederken, en düşük klorofil a değerinin ise şebeke suları ile sulanan Fil Kulağı (0,55 mg/g) ve Urfa İsot (0,56 mg/g) çeşitlerinde olduğu tespit edilmiştir.

Patlıcan çeşitlerinde ise 1,76 mg/g ile ham atık su ile sulanan Aydın Siyahı çeşidi ilk sırada yer alırken, ikinci sırada ise yine aynı çeşidin 1,38 mg/g ile arıtılmış atık su uygulanan bitkilerinden elde edilmiştir. Kemer çeşidi istatistiki açıdan önemli olmakla birlikte yüksekten, düşüğe doğru ham atık su (0,98 mg/g), arıtılmış atık su (0,82 mg/g), şebeke suyu (0,66 mg/g) olarak sıralanmaktadır (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4.** Biber ve patlıcan sebze türlerinde klorofil ölçümleri.

Çeşit	Uygulama	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/kg)	Toplam Klorofil (mg/kg)
Amfora	Şebeke	0,95 c	0,41	1,36 b
	Arıtılmış	1,61 b	0,69 a	2,30 a
	Atık	1,97 a	0,65 a	2,62 a
	LSD%5	<b>0,29</b>	<b>0,12</b>	<b>0,39</b>
Fil Kulağı	Şebeke	0,55 c	0,24 c	0,79 c
	Arıtılmış	1,25 b	0,53 b	1,78 b
	Atık	1,67 a	0,84 a	2,51 a
	LSD%5	0,41	0,23	0,53
Yalova Yağlık	Şebeke	0,78 c	0,31 c	1,09 c
	Arıtılmış	1,07 b	0,54 b	1,63 b
	Atık	1,50 a	0,67 a	2,17 a
	LSD%5	0,23	0,14	0,24
Urfa İsot	Şebeke	0,56 c	0,23 b	0,79 c
	Arıtılmış	0,98 b	0,39 a	1,36 b
	Atık	1,27 a	0,48 a	2,17 a
	LSD%5	0,27	0,13	0,31
Kemer	Şebeke	0,66	0,24	0,91
	Arıtılmış	0,82	0,28	0,90
	Atık	0,98	0,34	1,32
	LSD%5	öd	öd	öd
Aydın Siyahı	Şebeke	0,78 b	0,30 b	1,07 b
	Arıtılmış	1,38 a	0,53 a	1,91 a
	Atık	1,76 a	0,60 a	2,36 a
	LSD%5	0,47	0,18	0,53

Klorofil b değerleri açısından incelendiğinde çeşitli seviyelerde arıtılan atık su uygulamaları açısından klorofil a değerleri ile benzer sonuçlar ölçülmüştür. En yüksek klorofil b değeri biber çeşitleri arasında 0,84 mg/g ile ham atık suyla sulanan Fil Kulağı çeşidinden elde edilmiştir. Patlıcan çeşidinde ise yine ham atık su ile sulanan Aydın Siyahı (0,60 mg/g) çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge 4.4).

Farklı arıtma düzeylerinde arıtılan atık su uygulamalarının yaprak toplam klorofil miktarı Kemer patlıcan çeşidi hariç diğer çeşitleride istatistiki olarak önemli ölçüde farklılıklar bulunmuştur. Biber çeşitleri arasında Amfora çeşidinde en yüksek toplam klorofil değeri 2,62 mg/g ile ham atık su uygulamasından alınan yaprak örneklerinden elde edilmiş olup bunu 2,51 mg/g ile ham atık su uygulanan Fil Kulağı çeşidi takip etmiştir. Aydın Siyahı çeşidinde ise en yüksek değer 2,36 mg/g ile ham atık su uygulanan bitki yaprak örneklerinden elde edilmiştir. Bunu yine aynı çeşide ait arıtılmış atık su uygulaması (1,91 mg/g) takip etmiştir. En düşük toplam klorofil değerleri şebeke suyu ile sulanan çeşitlerde elde edilmiştir. En düşük değer ise 0,79 mg/g ile Urfa İso ve Fil Kulağı çeşidinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Gori, Ferrini, Nivese, ve Lubello (2000), arıtılmış atık su ve temiz su ile sulanan farklı süs bitkilerinde atık su uygulamalarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerleri açısından önemli oranda yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Akbudak ve Bicen (2020), arıtılmış atık su ile sulanan marullarda yapmış oldukları çalışmada atık su uygulamaları şebeke suyu uygulamalarına göre yüksek klorofil değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Klorofil seviyelerindeki bu artış atık su uygulamalarının zengin içeriğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca içerisinde bulunan bitki besin elementleri ve organik madde miktarı fotosentez aktivitesini ve klorofil içeriğini arttırmaktadır (Ekanayake, Toole, Garrity ve Jan, 1985).

#### **4.4. Meyve kalite analizleri**

##### **4.4.1. Suda çözünür kuru madde miktarı**

Suda çözünür kuru madde değerleri biber çeşitlerinde %8,33-%12,67, patlıcan çeşitleri arasında ise %5,53-7,47 arasında değişmektedir. Biber çeşitleri arasında Fil Kulağı çeşidinde ve Aydın Siyahı patlıcan çeşidinde uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli fark bulunmamasına rağmen diğer çeşitlerde sulama uygulamalarının SÇKM üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ham atık su uygulamaları, şebeke suyu uygulamalarına göre SÇKM miktarını arttırmıştır. En yüksek SÇKM değeri %12,67 değeri ile arıtılmış atık su ile sulanan Urfa İso çeşidinden, en düşük değer ise %8,33

şebeke suyu ile sulanan Amfora çeşidinde elde edilmiştir. Kemer patlıcan çeşidinde ise sırası ile ham atık su (%7,47), arıtılmış atık su (%6,87), şebeke suyu (%5,53) olarak tespit edilmiştir.

Suda çözünür kuru madde miktarı meyve kalitesi ve üretim açısından önemli bir parametredir. Meyve ve sebzelerde olgunluk zamanını ve hasat tarihini belirlemede kullanılmaktadır. Ayrıca salça ve konserve yapım aşamasında üretimin sürekli olarak kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır (Anonim, 2011).

Dagianta, Goumas, Manios ve Tzotzakakis (2014), sera koşullarında yetiştirilen biberlerin farklı atık sular ile sulanması sonucu büyüme, verim, meyve kalitesini belirlemek üzere yapmış oldukları çalışmada, arıtılmış atık sular ile sulanan biberler, kontrol bitkilerine göre daha yüksek SÇKM değerine sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Yine Tzortzakakis, Saridakis ve Chrysargyris (2020), arıtılmış atık su uygulamalarının, temiz su uygulamalarına göre SÇKM miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Farklı arıtma düzeylerinde sulanan patlıcanlarda SÇKM miktarlarını içme suyu ile sulanan bitkilerde %4.45, arıtılmış atık su ile sulananlarda %5.87, atık su ile sulananlarda ise %10,41 olarak elde etmiş olup, arıtma düzeyi azaldıkça SÇKM miktarında bir artış söz konusudur (Ouansafi ve diğerleri, 2021). Bizim çalışmamızda benzer sonuçlar elde edilmiş olup atık su uygulamaları, şebeke suyu uygulamalarına göre SÇKM değerleri bakımından yüksektir. Turhan ve Özmen (2021), farklı CI konsantrasyonuna sahip sularla sulamanın yapıldığı biberde SÇKM miktarını %7,38-10,20 arasında belirlemiştir. Keser (2021), yerli ve hibrit biberler arasında meyve özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada SÇKM miktarının Altan F1 çeşidinde %6,15, Bozdoğan çeşidinde ise %5,47 olduğunu tespit etmişlerdir. Şahiner (2019), SÇKM değerinin 9 biber çeşidinde %5,0-6,23 arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda daha yüksek SÇKM değerleri tespit edilmiştir. 4 farklı patlıcanda anacı üzerine aşılanan 9 kalem çeşidinde yapılan analizlerde ise SÇKM değerinin %6,25-%12,17 arasında değiştiği belirlenmiştir (Kaplan, 2019). Çalışmamızda patlıcana ait tespit edilen SÇKM değerleri önceki çalışmalar ile benzer sonuçlar vermiştir.

#### 4.4.2. pH miktarı

pH miktarları biber çeşitlerinde 4,84 ile 5,26 arasında değişmiş olup en yüksek sonuç ham atık su ile sulanan Amfora çeşidinde elde edilmiştir. Patlıcan çeşitlerinde pH miktarı istatistiki açıdan önemli bulunmamasıyla birlikte pH miktarı 5,53 ila 7,47 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.5). Yapılan bir başka çalışmada arıtılmış atık sular ile sulanan domates bitkisinde kontrol gruplarına göre istatistiki açıdan bir fark bulunmamasına rağmen pH değerinin çeşit özelliğine bağlı olarak değişim gösterebileceğini ortaya koymuşlardır (Al-Lahham, El-Assi ve Fayyad 2003). Quansafi ve diğerleri (2021), farklı düzeylerde arıtılmış atık suyun patlıcan üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, meyve pH miktarının 4,7-5,7 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Şahiner (2019) Bursa ve çevresinde yetiştirilen farklı patlıcan çeşitlerinde yaptığı çalışmada pH aralığını 4,53-5,11 olarak belirlemiştir. Bozkurt (2019), postal ve Fil Kulağı çeşitlerine uyguladığı farklı organik gübrelemenin pH miktarını 4,94-5,24 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Kapyra tipi biberlerde ve patlıcan çeşitlerinde yapılan çalışmada elde edilen pH miktarlarının benzer değer aralıklarında oldu belirlenmiştir.

#### 4.4.3. Titre edilebilir asit

Biberde titre edilebilir asitlik (TA) değerleri %1,10-%2,40 arasında değişim göstermektedir. En yüksek TA değeri şebeke suyu ile sulanan tür ve çeşitlerde olduğu tespit edilmiştir. Biber çeşitleri arasında en yüksek değer şebeke suyu ile sulanan Urfa İso çeşidinde elde edilmiş olup en düşük değer ise arıtılmış atık sular ile sulanan Amfora çeşidinde elde edilmiştir. Patlıcan meyvelerinin TA miktarı istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Ancak TA değerleri %0,78-%1,15 arasında değişmektedir (Çizelge 4.5). Dagianta ve diğerleri (2014), çalışmasında biberlerde titre edilebilir asitliği şebeke suyu uygulamalarında, arıtılmış atık su uygulamalara göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuş olup sırası ile %4,68, %3,10 olarak tespit etmişlerdir. Domatesin atık sular ile sulanması sonucu titre edilebilir asitliğinin tespit edildiği bir başka çalışmada istatistiki açıdan önemli bulunmamasına rağmen şebeke suyu ile sulamanın domateslerde TA değerini bir miktar arttırdığını tespit etmişlerdir (Cirelli ve diğerleri, 2012).

#### 4.4.4. Toplam Fenol

Toplam fenol değerleri biber çeşitlerinde 138,75-472,41 mg/kg arasında değişmektedir ve istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek değer ham atık su ile sulanan Urfa İsot çeşidinden elde edilirken en düşük toplam fenolik bileşik değeri şebeke suyu ile sulanan Fil Kulağı eşidinde elde edilmiştir.

Patlıcanda ise Kemer eşidinde istatistiki açıdan önemsiz bulunmuşken Aydın Siyahı eşidinde önemlidir. Patlıcanda toplam fenolik miktarı 65,51-111,71 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir. Sulama suyu olarak kullanılan atık suların arıtılma seviyeler arttıķca toplam fenolik bileşik açısından bir azalma söz konusudur. En düşük değerler ise şebeke suyu ile sulanan çeşitlerde elde edilmiştir (izelge 4.5). Tzortzakıs ve diğerlerinin (2020), sera koşullarında yetiştirilen domates bitkilerinde yapmış olduğu çalışmada arıtılmış atık sularla sulanan bitkilerde toplam fenolik bileşik madde miktarı şebeke suyu ile sulanan bitkilere göre daha yüksek bulunmuştur. Yine bir başka çalışmada, Siyah hardal, gölevez ve turpun atık su ile sulanması sonucu biyokimyasal bileşenleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada atık su ile sulamanın fenolik bileşik madde miktarını arttırdığı tespit edilmiştir (Gupta ve diğerleri, 2010). Bitkilerdeki fenolojik bileşiklerin evre kirliliğine karşı bir savunma mekanizması görevi görmektedir. evre kirliliğinin artması ile birlikte fenolik bileşik miktarı artmaktadır (Dui, Maksimovic ve Radotic 2008). Dolayısı ile denemede atık sular ile sulanan tür ve çeşitlerde toplam fenolik madde miktarının yüksek oluşu, atık suların ağır metal içeriğinin yüksek oluşu ile açıklanabilir.

#### 4.4.5. ̢ Karoten ve likopen

Yapılan araştırmalara göre içeriğinde karotinoid bulunan meyve ve sebzelerin tüketimi ile kanser, kalp hastalıkları, katarakt, yaşa bağlı göz lekelesi gibi göz hastalıkları arasında olumlu yönde bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır (Collins, 2001; Palace, Khaper, Qin ve Singal, 1999; Baysal ve Ersus, 1999). Karotinoidler arasında en bol bulunan ̢ karotendir. Sadece ̢ karoten değil, likopenin de kanseri önleyici etkisi bulunmaktadır. Likopen değerleri incelendiğinde 303 - 714,67 mg/kg arasında değişmektedir. Arıtılmış atık suyun arıtılma seviyeleri arttıķca likopen değerlerinde bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda biber çeşitlerinin ̢ karoten miktarı 275,46 - 568,18 mg/kg arasında

değişmektedir. En yüksek  $\beta$  miktarı ham atık su ile sulanan Fil Kulağı çeşidine ait olup en düşük değer ise şebeke suyu ile sulanan Urfa İsot çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5.** Biber ve patlıcan meyvelerinde yapılan kalite parametrelerine yönelik ölçüm sonuçları.

Çeşit	Uygulama	Toplam					
		SÇKM (%)	pH	TA (%)	Fenol (mg/kg)	Likopen (mg/kg)	$\beta$ Karoten (mg/kg)
Amfora	Şebeke	8,33 b	5,19 b	1,34 a	165,93 c	408,67	737,37
	Aritılmış Atık su	8,63 ab	5,23 ab	1,10 b	200,31 b	477,33	802,59
	Ham Atık su	9,20 a	5,26 a	1,23 ab	265,92 a	503,33	830,55
	LSD <sub>5</sub>	0,65	0,04	0,14	31,60	öd	öd
Fil Kulağı	Şebeke	9,00	5,12	1,71 a	138,75 c	677,00 a	329,55 c
	Aritılmış Atık su	8,67	5,15	1,37 b	255,02 b	565,33 b	376,93 b
	Ham Atık su	8,57	5,18	1,34 b	286,54 a	399,00 c	568,19 a
	LSD <sub>5</sub>	öd	öd	0,15	29,05	63,06	27,27
Yalova Yağlık	Şebeke	8,50 b	5,05 b	2,08 a	173,45 b	620,00 c	284,46 c
	Aritılmış Atık su	8,90 ab	5,10 b	1,30 b	221,44 b	657,33	393,97 b
	Ham Atık su	9,13 a	5,20 a	1,31 b	305,31 a	726,67 a	459,38 a
	LSD <sub>5</sub>	0,45	0,06	0,09	52,43	25,78	33,30
Urfa İsot	Şebeke	10,00 b	5,03 a	2,40 a	307,82 c	303,34 c	550,93 c
	Aritılmış Atık su	12,67 a	4,84 b	2,27 a	369,55 b	714,67 a	1263,32 b
	Ham Atık su	10,37 b	5,01 a	1,99 b	472,41 a	648,00 b	1316,35 a
	LSD <sub>5</sub>	1,43	0,07	0,19	50,88	36,12	42,32
Kemer	Şebeke	5,53 c	5,57	0,94	106,80		
	Aritılmış Atık su	6,87 b	5,49	0,90	111,71		
	Ham Atık su	7,47 a	5,65	0,96	110,80		
	LSD <sub>5</sub>	1,43	öd	öd	öd		
Aydın Siyahı	Şebeke	6,40	5,53	0,78 b	65,51 b		
	Aritılmış Atık su	6,97	5,70	1,02 a	106,44 a		
	Ham Atık su	7,23	5,39	1,15 a	106,62 a		
	LSD <sub>5</sub>	öd	öd	0,16	12,79		

Biber çeşitlerinde sulama suyunun arıtılma düzeyi arttıkça karoten miktarının da arttığı belirlenmiştir. Bu durum atık suyun azot ve potasyum gibi mineral maddece zengin olması ile açıklanabilir. Lefsrud, Kopsell ve Kopsell (2007), ıspanakta yapmış oldukları çalışmada yüksek azotun  $\beta$  karoten miktarını arttırdığı, yine Montoya-Garcia, Volke-Haller, Trinidad-Santos ve Villanueva-Verduzco (2018) ıspanakta artan potasyum seviyeleri  $\beta$  karoten miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Yeşil ve kırmızı renkli sebzeler  $\alpha$  ve  $\beta$ -karoten, domates ve domates ürünleri ise likopen açısından zengindir

(Omoni ve Aluko, 2005; Ma ve Lin, 2010; Rao ve Rao, 2007; Zino, Skeaff, Williams ve Mann, 1997). Bu sebeple çalışmamızda patlıcan çeşitleri arasında karotinoid analizine yer verilmemiştir.

#### **4.4.6. Meyve ve yaprak rengi**

Kalite kriterleri arasında renk diğer kriterlere göre oldukça önemlidir. Hunter kolorimetresine göre rengin açıklık ve koyuluğunu ortaya koyan L değeri düştükçe renk koyulaşmakta (+0), L değeri arttıkça renk açılmaktadır (+100). Çeşitli arıtılma düzeylerinde arıtılan atık suyun yaprak rengi üzerinde etkisi incelendiğinde L değeri tüm biber çeşitlerinde istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup 34,75-45,99 arasında değişmektedir. En yüksek sonuçlar şebeke suyu ile sulanan bitkilerde elde edilmiştir.

Patlıcan çeşitlerinin yaprak L değeri 35,84-44,84 arasında değişmekle birlikte sulama uygulamalarında benzer sonuçlar elde edilmiştir. L değeri düştükçe yaprak rengi koyulaşmaktadır. Dolayısı ile atık su uygulamalarında arıtma düzeyi azaldıkça yaprak koyu renk almaktadır. Bozkurt (2019), Farklı gübrelerin uygulandığı biber çeşitlerinde yapılan çalışmada yaprak L değerinin 29,35-37,44 arasında, Şahiner (2019), 9 kopya tipi biber çeşidinin karşılaştırıldı çalışmada ise L değeri 33,46-38,05 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Biber ve patlıcan çeşitlerinde elde edilen yaprak a değerleri incelendiğinde ham atık su uygulamalarında daha yüksek sonuçlar elde edilmiş olup b değerinde ise şebeke suyu uygulamaları yaprak b değerinin daha yüksek değer vermesine sebep olmuştur.

Çalışmamız, biber çeşitleri meyve kabuk rengi açısından değerlendirildiğinde çeşitli arıtma düzeylerinde arıtılmış atık su uygulamalarının L değeri üzerinde etkisinin olmadığı ortaya konulmuş olup istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Denemede L değerlerinin 32,07-27,71 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Patlıcan çeşitleri arasında ise sadece Kemer çeşidi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur suyun arıtma düzeyi azaldıkça renk koyulaşmaktadır ve L değerleri 25.15- 26.14 arasında



değişmektedir (Çizelge 4.6). Van'ın Gevaş ilçesinde Anamur karası patlıcan çeşidinde farklı dozlarda metil jasmonat uygulamalarının etkisi üzerine araştırıldığı çalışmada kontrol grubu meyvelerin kabuk rengi L değerinin 22,727-24,460 arasında değiştiği saptanmıştır (Yılmaz ve Çavuşoğlu, 2018). Biber çeşitlerinde meyve et rengi açısından değerlendirildiğinde L değeri sadece Yalova Yağlık ve Fil Kulağı çeşitlerinde istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup 50,15 ile 33,69 arasında değişim göstermektedir. Patlıcan çeşitlerinde arıtılmış atık su uygulamalarının meyve et rengi L değerleri üzerinde etkisi olmadığı tespit edilmiş olup istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.6). Şahiner (2019), dokuz farklı kapyra biber çeşidinde renk parametreleri üzerine yapmış olduğu çalışmada en yüksek L değerinin 31,69 ile Belkonto çeşidinde, en düşük L değerinin ise 29,25 ile Fil Kulağı çeşidinde olduğunu ortaya koymuştur. Kapyra tipi biberde farklı organik gübrelerin L değerine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise 34,51-27,15 arasında değiştiğini tespit etmiştir (Bozkurt, 2019). Turşuluk hıyar çeşitlerinde atık sular ile sulamanın etkisi üzerine yapılan çalışmada, atık su uygulamaları meyve L değeri üzerine etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır (Özkan, 2019). Çalışmamızda elde edilen L değerleri daha önceki çalışmalarda elde edilen değerler ile örtüşmektedir.

Meyve kabuk ve meyve etinde yapılan analizlerde a değeri rengin yoğunluğunu ifade etmektedir. Hunter kolorimetresine göre değer pozitif olması kırmızıyı (+50), değer negatif olması ise yeşil rengi (-50) ifade etmektedir (Asri, Demirtaş, Özkan ve Arı, 2011). Biber çeşitlerinde meyve kabuğu a değeri incelendiğinde sadece Fil Kulağı çeşidinde istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup çeşitler arasında a değeri 33,83 – 28,59 arasında değişmektedir. Fil Kulağı çeşidinde şebeke ve arıtılmış atık su kullanılan sulamalarda atık suya oranla daha kırmızı renkte olmaktadır.

Patlıcan çeşitleri arasında incelendiğinde Kemer çeşidinde atık su uygulamaları istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup Aydın Siyahı çeşidinde önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Meyve et rengi açısından değerlendirildiğinde a değeri sadece Kemer patlıcan çeşidinde istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup ham atık su ile sulanan patlıcanların rengi daha koyu bulunmuştur (Çizelge 4.6).

Atık su uygulamalarının sarı ve mavilik oranını belirten meyve b değeri açısından etkileri incelendiğinde biber çeşitleri arasında sadece Yalova Yağlık ve Fil Kulağı çeşidinde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Hunter kolorimetresine göre b değerinin pozitif olması durumunda sarı rengi, negatif olması durumunda ise mavi rengi ifade etmektedir. Sonuçlar incelendiğinde istatistiki açıdan önemli bulunan çeşitlerde şebeke ve arıtılmış atık su ile sulananlarda ham atık su ile sulanan uygulamalara göre daha sarı renkli ürünler elde edilmiştir. Bu sonuç atık suların bitki besin elementi fazlalığından ileri geldiği düşünülmektedir. Biberler arasında meyve et rengi incelendiğinde b değeri hiçbir biber çeşidinde istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır.

**Çizelge 4.6.** Biber ve patlıcan sebze türlerinde meyve renk ölçüm sonuçları

Çeşit	Uygulama	Meyve Kabuk Rengi			Meyve Et Rengi		
		L	a	b	L	a	b
Amfora	Şebeke	31,91	33,83	18,75	48,34	26,54	28,90
	Arıtılmış Atık su	31,85	28,59	14,10	49,06	25,75	29,10
	Ham Atık su	31,54	29,44	14,34	44,97	25,50	25,78
	LSD%5	öd	öd	öd	öd	öd	öd
Fil Kulağı	Şebeke	31,85	31,95 a	16,17 a	49,27 a	26,45	29,03
	Arıtılmış Atık su	31,74	31,44 a	15,92 a	49,78 a	24,87	27,99
	Ham Atık su	31,66	29,20 b	13,92 b	44,74 b	27,07	26,66
	LSD%5	öd	1,48	0,60	3,69	öd	öd
Yalova Yağlık	Şebeke	30,81	32,09	16,37 a	43,33 b	29,33	25,85
	Arıtılmış Atık su	32,07	29,95	15,62 a	44,35 b	27,81	25,54
	Ham Atık su	30,98	28,68	13,47 b	50,15 a	25,38	27,85
	LSD%5	öd	öd	0,88	4,44	öd	öd
Urfa İsot	Şebeke	27,81	28,85	9,65	33,69	24,75	12,31
	Arıtılmış Atık su	27,71	28,60	8,94	37,90	24,86	12,80
	Ham Atık su	28,95	30,51	9,69	37,20	25,95	13,72
	LSD%5	öd	öd	öd	öd	öd	öd
Kemer	Şebeke	26,09 a	7,68 a	0,88 a	71,45	-10,55 b	34,18
	Arıtılmış Atık su	25,15 b	5,57 b	0,60 b	74,67	-10,96 b	35,76
	Ham Atık su	24,66 b	5,26 b	-0,16 b	71,16	-6,76 a	35,66
	LSD%5	0,93	0,66	0,72	öd	1,35	öd
Aydın Siyahı	Şebeke	25,29	6,64	0,21	76,55	-11,83	35,80
	Arıtılmış Atık su	25,15	5,89	0,25	76,40	-11,00	35,27
	Ham Atık su	26,14	6,79	1,25	78,64	-10,44	34,95
	LSD%5	öd	öd	öd	öd	öd	öd

Çeşitli arıtma düzeylerde atık suyun kullanıldığı patlıcan çeşitlerinde ise b değeri Kemer çeşitlerinde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Atık suların arıtma düzeyleri azaldıkça mavi renge doğru bir dönüş söz konusudur. Meyve et rengi açısından değerlendirildiğinde patlıcan çeşitleri arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.6).

Biber ve patlıcan çeşitlerinde atık su uygulamaları, şebeke suyu ile sulananlara göre daha koyu renkli yaprak ve meyve oluşturmaya neden olmuştur. Meyve ve yaprak renk değişimleri atık suyun karakterizasyonu kaynaklanmaktadır. Renk oluşumu ışık, sıcaklık, bitki besleme, meyve olgunluk aşaması gibi birçok çevresel faktörlere bağlı olarak değişebildiği gibi genetik açıdan da farklılık göstermektedir (LopezCamelo ve Gomez, 2004).

**Çizelge 4.7.** Biber ve patlıcan türlerinde yaprak renk ölçümü sonuçları.

Çeşit	Uygulama	Yaprak Rengi		
		L	a	b
Amfora	Şebeke	42,38 a	-14,46 c	24,89 a
	Arıtılmış Atık su	37,39 b	-11,92 b	18,77 b
	Ham Atık su	35,59 b	-9,62 a	14,45 b
	LSD%5	3,05	1,95	4,64
F1 Kuluğu	Şebeke	45,99 a	-15,77 c	28,97 a
	Arıtılmış Atık su	39,36 b	-12,80 b	20,88 b
	Ham Atık su	36,50 b	-10,15 a	15,08 c
	LSD%5	3,09	1,44	4,84
Yalova Yağlık	Şebeke	45,73 a	-15,78 c	29,80 a
	Arıtılmış Atık su	39,91 b	-13,50 b	21,48 b
	Ham Atık su	34,75 c	-8,66 a	12,61
	LSD%5	1,61	1,65	2,71
Urfa İsot	Şebeke	39,86 a	-11,74	17,33 a
	Arıtılmış Atık su	37,47 ab	-10,46	14,68 ab
	Ham Atık su	34,88 b	-9,23	12,52 b
	LSD%5	2,97		3,50
Kemer	Şebeke	44,84 a	-11,82	22,66
	Arıtılmış Atık su	42,04 b	-11,51	20,47
	Ham Atık su	41,20 b	-11,82	19,52
	LSD%5	2,29	öd	öd
Aydın Siyahı	Şebeke	42,84 a	-11,55 b	20,44 a
	Arıtılmış	39,10 b	-11,20 b	17,77 a
	Atık	35,84 c	-8,54 a	12,29 b
	LSD%5	2,56	2,01	4,37

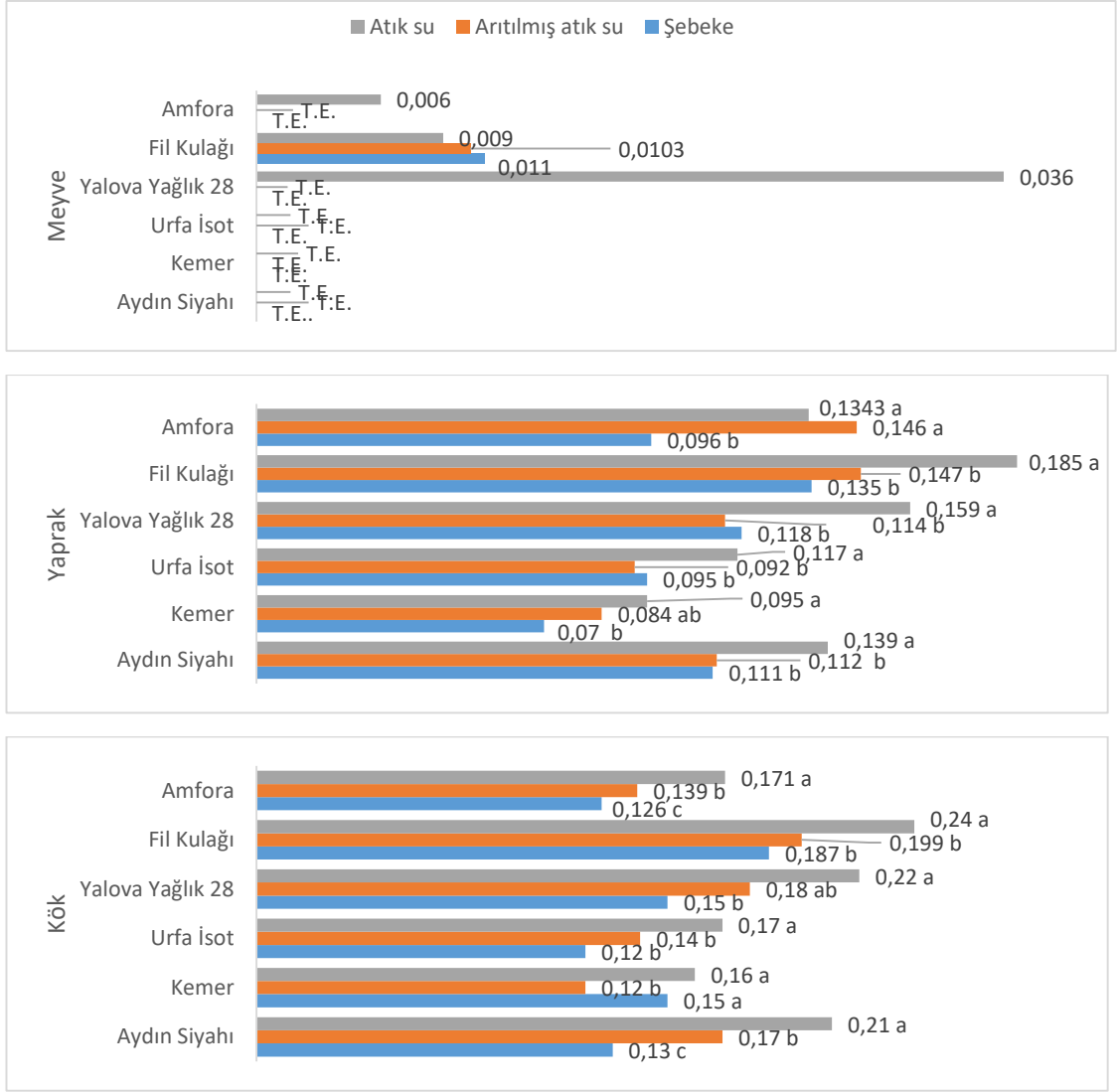
#### **4.5. Ağır metaller ile ilgili analizler**

En önemli toprak kirleticilerinden biri olan ağır metaller giderek büyük bir sorun haline dönüşmektedir (Doelsch, Saint Macary ve Kerchove 2005; Çağlarırnak ve Hepçimen 2010) Ağır metaller endüstriyel faaliyetler, egzozlar, maden işletmeleri, tarımsal gübreler ve atık sular ile çevreye yayılmaktadır (Asri ve Sönmez, 2006). Ağır metallerin bitkilerdeki aşırı birikimi fizyolojik olaylar üzerine olumsuz etkisi bulunmaktadır (Gür ve diğerleri 2004). Ağır metal ile bulaşık alanlarda yetiştiricilik yapılması önemli kalite ve verim kayıplarına neden olmakta, ürünlerin pazar değerinin düşmesi gibi ihracatı olumsuz yönde etkileyerek doğrudan ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Yerli, Çakmakçı, Şahin ve Tüfenkçi 2020). Ağır metaller, çok düşük konsantrasyonlarda dahi insan ve hayvanlar için ciddi sağlık sorunlarına sebep olmaktadır (Oliveria, Das, Silvai Gao, Gress, Liu ve Ma 2018). İnsan vücudunda izin verilen dozların üzerinde bir Cd birikmesi olması durumunda organlarda ve merkezi sinir sisteminde ciddi sorunlar yaratabilmektedir (Morais, Costa ve Pereira, 2012).

Biber ve patlıcan çeşitlerinde, farklı arıtma düzeylerinde arıtılmış atık sular ile sulanması sonucu yetiştiricilik dönemi sonunda meyve, bitki yaprak ve köklerinde Cd, Cu, Pb, Zn ağır metal birikimleri incelenmiştir.

##### **4.5.1. Yaprak, kök ve meyvede bulunan Cd kalıntı miktarı**

Çalışmamızda biber çeşitleri arasında meyve, yaprak ve kök Cd miktarları incelendiğinde özellikle şebeke ve arıtılmış atık su ile sulanan bitkilerde oldukça düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Sadece Urfa İsoot çeşidi istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup en yüksek değer 0,018 mg/kg ile ham atık su uygulamasında elde edilmiştir. FAO/WHO ‘nun sebzelerde kabul ettiği sınır Cd değeri 0,5 mg/kg’ dır. Bizim çalışmamızda elde edilen veriler izin verilen seviyelerde olduğu görülmektedir. Patlıcan meyvelerinde elde edilen sonuçlarda analizin tespit edemeyeceği kadar düşük seviyelerde olduğundan T.E. (tespit edilemedi) olarak belirtilmiştir (Çizelge 4.8) (Şekil 4.1).



**Şekil 4.1.** Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Cu kalıntı miktarı

Bazı sebzelerde arıtılmamış kentsel atık su ile sulama sonucu meyvede Cd birikiminin incelendiği çalışmada, patlıcan meyvesindeki Cd değerini 0,10 mg/kg olarak tespit etmişlerdir (Qadir ve diğerleri, 2000). Parveen ve diğerleri (2012), sebzelerde atık su ile sulama sonucu ağır metal içeriğini belirlediği çalışmada biber te Cd miktarını 9,70 mg/kg arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Bingöl koşullarında atık su uygulamalarının domates Cd miktarını meyvede 0,017-0,095 mg/kg arasında olduğunu tespit etmiş olup en yüksek Cd miktarı arıtılmış atık sularda elde etmiştir (Şahin, 2016). Khan, Nisar, Ugulu, Ahmad, Wajid, Bashir ve Dogan (2019) Kanal suyu ve atık su ile sulanan turp,

şalgam, zencefil, *Capsicum baccatum*, *Capsicum frutescens*, biber, domates and zerdeçal gibi sebzelerin tüketilebilir kısımlarındaki Cd birikimini araştırmışlardır. Atık sular ile sulananlar, kanal suları ile sulanan sebzelere göre daha yüksek Cd miktarına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Çeşitli sulama kaynakları ile sulanan marul, domates ve kabak bitkilerinde ağır metal kalıntı miktarının incelendiği bir başka çalışmada, sebzelerin tümünde Cd kalıntı miktarı sırası ile atık su>arıtılmış atık su>şebeke suyu olarak belirlenmiştir (Guadie, Yesigat, Gatew, Worku, Liu, Ajibade ve Wang 2021).

Yapraklardan tespit edilen Cd miktarı incelendiğinde tüm çeşitlerde istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup yüksekten, düşüğe doğru ham atık su, arıtılmış atık su ve şebeke su olarak sıralanmaktadır. Çeşitler arasında ise en yüksek Cd miktarı ham atık su ile sulanan Fil Kulağı çeşidinde elde edilmiştir. Patlıcan çeşitleri arasında ise 0,139 mg/kg ile en yüksek değer ham atık su ile sulanan Aydın Siyahı çeşidinde elde edilmiştir. Brassisa türlerinde atık sular ile sulamanın etkisinin araştırıldığı çalışmada farklı yüzdelerde atık su uygulanan bitkilerde, yapraklarındaki Cd miktarının 0,089-0,131 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir (Çizelge 4.8). Ayrıca çalışmada atık su uygulaması ile Cd miktarı kontrol bitkilerine göre daha yüksek bulunmuştur (Sahay ve diğerleri, 2020). Qadir ve diğerleri (2000), yürütmüş oldukları çalışmada yapraklı sebzelerinde diğer sebzelere göre daha fazla Cd birikiminin olduğunu tespit etmişlerdir. Pakistanda yapılan bir başka çalışmada kişniş, hardal, domates, kabak, soğan, sarımsak, biber, lahanada, karnabahar, turp, şalgam, bezelye, şeker pancarı ve marul da atık su ile sulamanın etkisinin araştırıldığı çalışmada, biber yapraklarında 1,25 mg/kg, lahanada 16,72 mg/kg, marulda 15,24 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir (Parveen ve diğerleri 2012). Marul’ da yapılan bir çalışmada ise arıtılmış atık su uygulamasının Cd miktarı üzerine 0,02-0,07 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir (Akoto ve diğerleri, 2015). Demir (2016), atık su uygulamalarının domates yapraklarında Cd miktarını 0,013-0,090 mg/kg arasında olduğunu bildirmiştir.

Çalışmamızda çeşitli seviyelerde arıtılmış atık su uygulamalarının köklerinde bulunan ağır metal birikimi incelendiğinde Cd miktarı biber çeşitlerinde 0,12-0,24 mg/kg arasında, patlıcan çeşitlerinde ise 0,070-0,139 mg/kg arasında değişmekle birlikte uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur. Meyve ve yapraklara göre karşılaştırıldığında en

yüksek Cd kalıntı miktarının köklerde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Abu-Elela, Farrag, El-Behairy ve Abou- Hadid (2021), atık sular ile sulanan bölgelerden alınan biber ve patlıcan bitki örneklerinin ağır metal içeriklerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Biber köklerindeki (0,71 mg/kg) Cd kalıntı miktarı meyvelere göre (0,38 mg/kg) daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Patlıcanda Cd miktarı sırası ile kökte 0,90 mg/kg, yaprakta 0,47 mg/kg, meyvede 0,28 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Titanik F1 ve Artist F1 hıyar çeşitlerinde köklerinde bulunan Cd miktarı arıtılmış atık su uygulamalarında 0,27 – 1,17 mg arasında olduğu tespit edilmiş olup en yüksek miktar atık su ile sulanan bitkilerde olduğunu ortaya koymuştur (Özkan, 2019). Gupta, S., Satpati, Nayek ve Garal (2010), atık suyun Cd birikimi üzerine gölevez ve turp köklerinde sırası ile 7 mg/kg, 6,5 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda elde edilen Cd kalıntı miktarları, daha önceki yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında meyve, yaprak ve kök Cd değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum çalışmamızda, sulamada kullanılan atık suların ağır metal içeriklerinin düşük olması ile açıklanabilir.

Deneme sonuçları incelendiğinde hem patlıcan hemde biber çeşitlerinde Cd birikimin kök>yaprak>meyve olduğu tespit edilmiştir. Atık su uygulamaları açısından değerlendirildiğinde ise ham atık su>arıtılmış atık su>şebeke suyu olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı artıma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Cd kalıntı miktarı

		Kadmium (Cd)										
		Meyve			Yaprak			Kök				
Biber Çeşitleri	Şebeke	Artıtılmış	Ham	Şebeke	Artıtılmış	Ham	Şebeke	Artıtılmış	Ham	Ort. (ceci)		
	atıksu	atıksu	Atıksu	Ort.(ceci)	atıksu	Atıksu	atıksu	atıksu	Atıksu	Ort. (ceci)		
Amfora	T.E.	T.E.	0,006	<b>0,0024</b>	0,0960 b	0,1460 a	0,1343 a	<b>0,125 b</b>	0,126 c	0,139 b	0,171 a	<b>0,162 b</b>
Fil Kulağı	0,011	0,0103	0,009	<b>0,0103</b>	0,135 b	0,147 b	0,185 a	<b>0,155 a</b>	0,187 b	0,199 b	0,24 a	<b>0,209 a</b>
Yalova yağlık 28	T.E.	T.E.	0,036	<b>0,0121</b>	0,118 b	0,114 b	0,159 a	<b>0,130 b</b>	0,15 b	0,18 ab	0,22 a	<b>0,185 a</b>
Urfa İsot	0,01 b	0,014 ab	0,018 a	<b>0,0139</b>	0,095 b	0,092 b	0,117 a	<b>0,101 c</b>	0,12 b	0,14 b	0,17 a	<b>0,144 b</b>
<b>Ortalama (T.v.biber)</b>	:	:	<b>0,016</b>	<b>0,110 b</b>	<b>0,125 b</b>	<b>0,148 a</b>	<b>0,146 b</b>	<b>0,165 b</b>	<b>0,146 b</b>	<b>0,165 b</b>	<b>0,201 a</b>	<b>0,201 a</b>
<b>Patlıcan Çeşitleri</b>												
Kemer	T.E.	T.E.	T.E.	<b>T.E.</b>	0,070 b	0,084 ab	0,095 a	<b>0,083 b</b>	0,15 a	0,12 b	0,16 a	<b>0,17</b>
Aydın Siyahı	T.E.	T.E.	T.E.	<b>T.E.</b>	0,111 b	0,112 b	0,139 a	<b>0,121 a</b>	0,13 c	0,17 b	0,21 a	<b>0,14</b>
<b>Ortalama (T.v.patlıcan)</b>	<b>T.E.</b>	<b>T.E.</b>	<b>T.E.</b>	<b>T.E.</b>	<b>0,090</b>	<b>0,098</b>	<b>0,117</b>	<b>0,143 b</b>	<b>0,143 b</b>	<b>0,142 b</b>	<b>0,183 a</b>	<b>0,183 a</b>
LSD amfora-meyve: öd					LSD amfora-yaprak: 0,0184,				LSD Amfora-kök: 0,009			
LSD filkulağı-meyve: öd					LSD filkulağı -yaprak: 0,022,				LSD filkulağı -kök: 0,018			
LSD Yalova yağlık 28-meyve: T.E					LSD Yalova yağlık 28-yaprak: 0,007				LSD Yalova yağlık 28-kök: 0,05			
LSD urfa isot-meyve: 0,004,					LSD urfa isot -yaprak: 0,011,				LSD urfa isot -kök: 0,023			
LSD kemer-meyve: T.E					LSD kemer -yaprak: 0,014,				LSD kemer -kök: 0,016			
LSD aydın siyahı-meyve: T.E					LSD aydın siyahı -yaprak: 0,008,				LSD aydın siyahı isot -kök: 0,02			
Biber LSD ortalama çeşit meyve: öd					Biber LSD ortalama yaprak çeşit: 0,020				Biber LSD ortalama kök çeşit: 0,027			
Patlıcan LSD ortalama çeşit meyve: öd					Patlıcan LSD ortalama yaprak çeşit : 0,013				Patlıcan LSD ortalama kök çeşit: öd			
LSD ortalama uyg. biber meyve: T.E					LSD ortalama uyg. biber yaprak : 0,020				LSD ortalama uyg. biber kök: 0,026			
LSD ortalama uyg. patlıcan meyve: T.E					LSD ortalama uyg. patlıcan yaprak :öd				LSD ortalama uyg. patlıcan kök: 0,029			

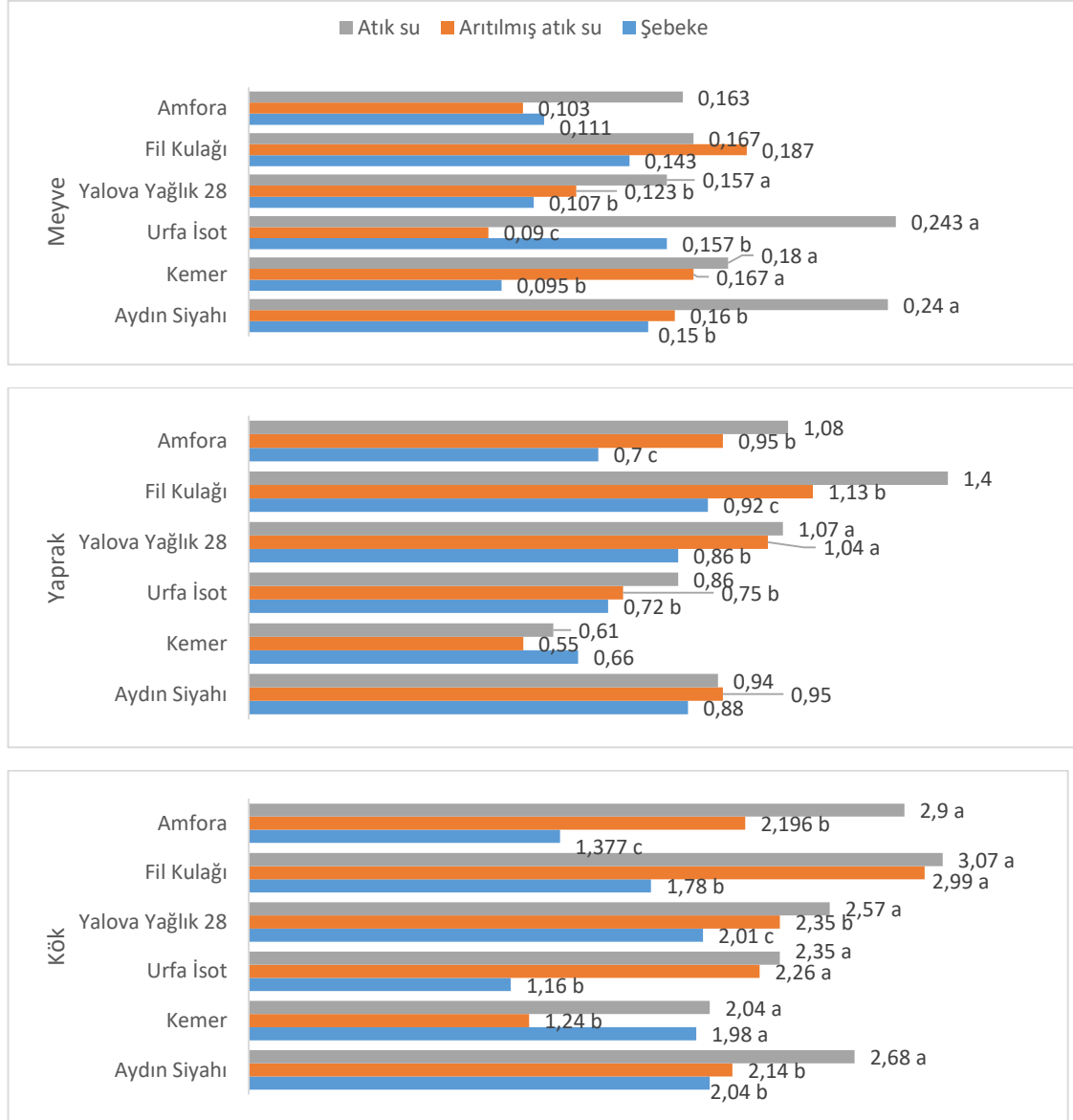


#### 4.5.2. Yaprak, kök ve meyvede bulunan Cu kalıntı miktarı

Biber çeşitleri incelendiğinde meyve de bulunan Cu kalıntı miktarı 0,090-0,243 mg/kg arasında değişmektedir. Amfora ve Fil Kulağı çeşidi uygulamalar açısından istatistiki açıdan önemli bulunmazken Yalova Yağlık 28 ve Urfa İsoot çeşitleri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek Cu değeri 0,243 mg/kg ile ham atık su ile sulanan Urfa İsoot çeşidinde elde edilmiştir. Çeşitler açısından değerlendirildiğinde istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Uygulamalar arasında 0,183 mg/kg ile ham atık su ile sulanan biber çeşitleri ilk sırada yer alırken, bunu aynı grupta yer alan arıtılmış atık su ile sulanan (0,123 mg/kg) ve şebeke suyu ile sulanan çeşitler (0,130 mg/kg) takip etmektedir.

Patlıcan çeşitleri arasında ise Cu miktarı istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup, 0,095-0,24 mg/kg arasında değişmektedir. En yüksek değer ham atık sular ile sulanan Aydın Siyahı çeşidinde elde edilmiştir. Çeşitler açısından istatistiki açıdan bir fark bulunmamıştır. Atık su uygulamaları açısından değerlendirildiğinde Cu birikimi 0,210 mg/kg ile ham atık su uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.9) (Şekil 4.2). Şahin (2019), arıtılmış atık sular ile sulanan domates meyvelerinde Cu kalıntı miktarını arıtılmış atık su ile sulanan domateste 11,6 mg/kg, temiz suda 10,3 mg/kg olarak tespit etmiştir. Dolayısı ile arıtılmış atık sular ile sulanan domates meyvelerinde, temiz suya göre Cu kalıntı miktarında bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Atık, arıtılmış ve şebeke suyu ile sulanan hıyar bitkisinde yapılan bir başka çalışmada ise Artist F1 çeşidinde Cu miktarı ilk sırada 1,37 mg/kg arıtılmamış atık su ile sulanan, ikinci sırada 1,14 mg/kg atık su ile sulanan, üçüncü sırada ise Cu miktarının tespit edilemediği şebeke suyu ile sulananlarda olduğunu tespit etmiştir (Özkan, 2019). Cheshmazar ve diğerleri (2018), yer altı suları ile sulanan bölgelerden alınan ve atık sular ile sulanan bölgelerden alınan domates meyvelerinde Cu birikiminin yeraltı suları uygulamasında 2,61 mg/kg, atık su uygulamasında 5,09 mg/kg olduğu, yeşil biberde ise yer altı suyu uygulamasında 4,12 mg/kg, atık su uygulamasında ise 5,87 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Leblebici ve Kar (2018), farklı sebze türlerinde uygulanan atık suyun domateste 0,2583 mg/kg, fasulyede 0,5770 mg/kg, biberde 0,4680 mg/kg, soğanda 0,1723 mg/kg Cu birikimi olduğunu ortaya koymuşlardır. Rehman, Ashraf, Rashid, İbrahim, Hına, İftikhar ve Ramzan (2013), yürütmüş oldukları çalışmada yeşil biberin meyvesinde Cu birikimi, atık

su ile sulananlarda 0,82 mg/kg, şebeke suyu ile sulananlarda 0,03 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Gana’ da yürütülen bir başka çalışmada atık su ve yer altı sularının uygulandığı yeşil biber bitkilerinde Cu miktarını sırası ile 7,80 mg/kg, 6,15 mg/kg olduğu, acı biberde ise 5,25 mg/kg, 7,38 mg olarak tespit etmişlerdir (Lente ve diğerleri, 2014).



**Şekil 4.2.** Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Cu kalıntı miktarı

Yapraklarda tespit edilen Cu kalıntı miktarı incelendiğinde tüm çeşitler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek Cu kalıntı miktarı 1.40 mg/kg ile ham atık sular ile sulanan Fil Kulağı çeşidinde elde edilmiştir. Bunu, 1,13 mg/kg ile yine Fil Kulağı çeşidinde arıtılmış atık sular ile sulanan bitkiler takip etmektedir. Biber çeşitleri açısından değerlendirildiğinde yaprakta bulunan Cu kalıntı miktarları yüksekten düşüğe doğru sırası ile Fil Kulağı (1,151 mg/kg), Yalova Yağlık 28 (0,988 mg/kg), Amfora (0,912 mg/kg) ve Urfa İsot (0,778 mg/kg) olarak sıralanmaktadır. Uygulamalar açısından değerlendirildiğinde ise yaprakta bulunan en yüksek Cu değeri 1,10 mg/kg ile ham atık sular ile sulamada, ikinci sırada arıtılmış atık su uygulamalarında 0,97 mg/kg, üçüncü sırada ise 0,80 mg/kg ile şebeke suyu uygulamasında olduğu tespit edilmiştir.

Patlıcan çeşitlerinin yapraklarında Cu miktarları 0,55-0,95 mg/kg arasında değişmekte olup istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Aydın Siyahı çeşidi 0,92 mg/kg ile ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 4.9). Cheshmazar ve diğerleri (2018), yürütmüş oldukları çalışmada atık su ile sulanan marul yapraklarında Cu miktarını 5,12 mg/kg, yeraltı ile sulanan marul yapraklarında ise 2,81 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada ıspanak yapraklarında atık su (7,31 mg/kg) ile sulananların Cu birikimi, yeraltı suları (3,16 mg/kg) ile sulanan ıspanağa göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Leblebici ve Kar (2018), atık su ile sulanan farklı sebze türlerinin yapraklarının içerdiği Cu miktarlarını, biberde 0,4680 mg/kg, fasulyede 0,5873 mg/kg, domateste 0,1677 mg/kg, soğanda 0,1120 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca atık su uygulamaları kuyu suyu uygulamalarına göre daha yüksek Cu biriktirdiği ortaya konmuştur. Yapılan bir başka çalışmada, atık sular ile sulanan üç farklı bölgede toplanan ıspanakların Cu kalıntı miktarı araştırılmıştır. Kuyu suyu ile sulanan bitkilerde elde edilen Cu kalıntı miktarının, atık su ile sulananlara göre oldukça yüksek olduğunu tespit etmişlerdir (Verma, Gaharwat, Priyadarshini ve Rajamani, 2022). Yapılan bir başka çalışmada biber yapraklarında Cu birikimi atık sular ile sulanan biberlerde 1,01 mg/kg, şebeke suyu ile sulanan bitkilerde ise 0,08 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir (Rehman ve diğerleri 2013). Lente ve diğerleri (2014), atık sular ile sulanması sonucu lahanada ve marulun yenilebilir kısımlarında tespit edilen Cu birikimi atık su ile sulanan lahanada 3,33 mg/kg, şebeke suyu ile sulananda ise 2,65 mg/kg olduğunu ortaya koymuşlardır. Marulda ise atık su ile sulanan bitkilerin yapraklarında atık su ile sulananlarda 6,26 mg/kg, şebeke suyu ile

sulananlarda 3,32 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Özkan (2019), çalışmasında atık sular ile sulanan hıyar çeşilerinin yapraklarında bulunan Cu birikimini 0,93-5,00 mg/kg arasında olduğunu belirlemiştir. Karnabahar ve kırmızı lahananın Cu miktarı, sulamada kullanılan atık suların arıtılma seviyeleri arttıkça azaldığını tespit etmişlerdir (Kiziloglu ve diğerleri, 2008). Üç farklı bölgede ve farklı yüzdelerde atık sular ile sulanan marul yaprağının ağır metal miktarı araştırıldığı çalışmada Cu birikimi %100 atık su ile sulanan marulda 8,726-10,733 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir (Achakzai, Bazai ve Kayani, 2011).

Çalışmamızda çeşitli seviyelerde arıtılmış atık su uygulamalarının köklerde bulunan ağır metal birikimi incelendiğinde Cu miktarı biber çeşitlerinde 1,16-3,07 mg/kg arasında, patlıcan çeşitlerinde ise 1,24-2,68 mg/kg arasında değişmekle birlikte tüm çeşitlerde uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Biber çeşitleri arasında köklerde en yüksek Cu değeri 3,07 mg/kg ile ham atık su ile sulanan Fil Kulağı çeşidinde elde edilmiş olup, bunu 1,99 mg/kg ile yine aynı çeşidin arıtılmış atık su ile sulanan uygulamalarında elde edilmiştir. Atık su uygulamaların incelendiğinde büyükten küçüğe doğru, ham atık su (2,72 mg/kg), arıtılmış atık su (2,45 mg/kg) ve şebeke suyu (1,58 mg/kg) olarak sıralanmaktadır. Patlıcan çeşitlerinde biberde olduğu gibi Cu miktarı ham atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu olarak sıralanmaktadır. Patlıcan çeşitleri arasında en yüksek değer 2,68 mg/kg ile ham atık sular ile sulanan Aydın Siyahı çeşidinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9). Leblebici ve Kar (2018), atık sular ile sulanan sebze köklerinde Cu kalıntı miktarını biberde 0,7480 mg/kg, fasulyede 0,6130 mg/kg, domateste 0,1900, soğanda 0,1563 mg/kg olarak tespit etmiştir. Farklı arıtma düzeylerinde atık sular ile sulanan hıyar çeşitlerinin köklerinde bulunan Cu birikimi 0,27 mg/kg – 1,17 mg/kg arasında tespit etmişlerdir (Özkan 2019). Bu iki çalışmada elde edilen Cu değerleri bizim çalışmamıza göre düşüktür. Bu durum sulama suyu olarak kullanılan atık suların içerisinde bulunan ağır metal miktarı ile açıklanabilir. Abu-Elela ve diğerleri (2021), yapmış oldukları çalışmada biber ve patlıcan bitkilerinde elde edilen Cu kalıntı miktarlarının kök>yaprak>meyve olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen bu değerler bizim çalışmamız ile örtüşmektedir.

Deneme sonuçları incelendiğinde patlıcan ve biber çeşitlerinde Cu birikiminin kökte, yaprak ve meyveye göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Atık su uygulamaları açısından değerlendirildiğinde ise atık suların arıtılma düzeyleri arttıkça bitki organlarındaki Cu birikiminin azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.9).

Çalışmamızda elde edilen Cu kalıntı miktarları, daha önceki yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında meyve, yaprak ve kök Cu değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum çalışmamızda, sulamada kullanılan atık suların ağır metal içerikleri açısından düşük olması ile açıklanabilir.

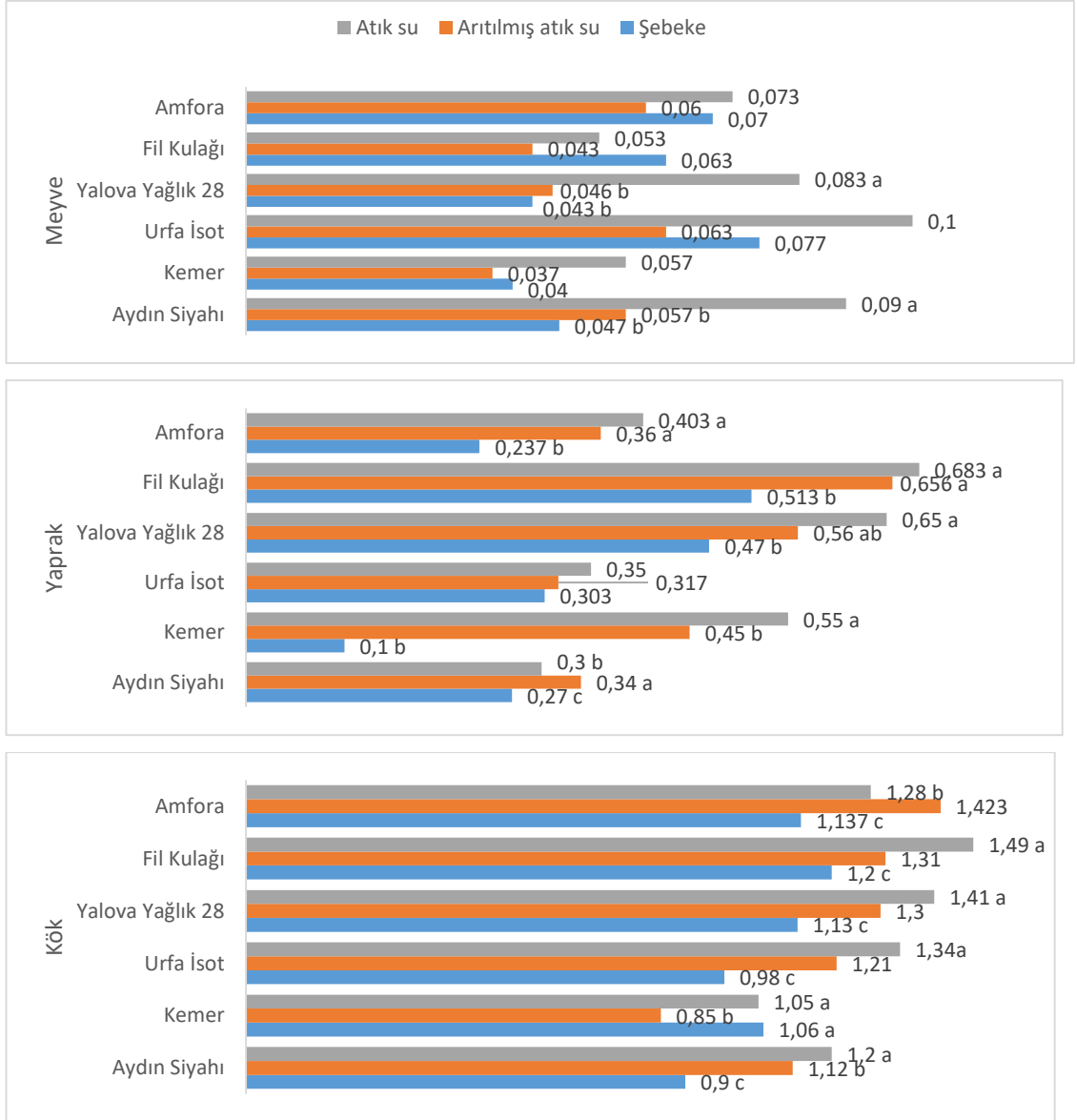
#### **4.5.3. Yaprak, kök ve meyvede bulunan Pb kalıntı miktarı**

Farklı arıtma düzeylerinde arıtılmış atık su uygulamalarının biber ve patlıcan çeşitlerinde ağır metal etkisinin araştırıldığı çalışmada, biber çeşitlerinin tüketilebilir kısımlarındaki Pb kalıntı miktarı 0,043 mg/kg, 0,100 mg/kg arasında değişmektedir. En yüksek Pb kalıntı miktarı ham atık sular ile sulanan Urfa İsoot çeşidinde elde edilmiştir. En düşük değer ise istatistiki açıdan önemli bulunan Yalova Yağlık 28 çeşidinin şebeke suyu ile sulanan uygulamalarında elde edilmiştir. Yalova Yağlık 28 ve Urfa İsoot çeşidi hariç diğer çeşitler istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Uygulamalar değerlendirildiğinde büyükten küçüğe doğru, ham atık su uygulamasında (0,078 mg/kg), şebeke suyu (0,063 mg/kg), arıtılmış atık su (0,053 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir.

Patlıcan çeşitleri arasında Aydın Siyahı çeşidi istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup, 0,090 mg/kg ile ham atık su ile sulanan bitkilerde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10) (Şekil 4.3). Çizelge 4.11' e göre çalışmamızda elde edilen veriler FAO/WHO ve Türk Gıda kodeksine göre izin verilen düzeylerde olduğu tespit edilmiştir. Likuku ve Obuseng (2015), atık sular ile sulanan arazilerden toplanan biber ve domateslerin ağır metal içeriklerini araştırmışlardır. Atık sular ile sulanan biber meyvelerinde Pb kalıntı miktarı 14,54 mg/kg, kontrol bitkilerinde ise 10,83 mg/kg olduğunu belirlemişlerdir. Atık sular ile sulanan domates meyvelerinde ise Pb kalıntı miktarını 13,68 mg/kg, kontrol bitkilerinde ise 10,22 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Elde ettikleri veriler izin verilen seviyelerden yüksek bulunmuştur. Bu değerler denemede elde edilen verilere göre

yüksektir. Lente ve diğerleri (2014), atık sular ile sulanması sonucu Pb kalıntı miktarı yeşil biberde 9,44 mg/kg, kırmızı biberde 7,61 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Yeraltı suları ile sulananlarda ise yeşil biberde 5,59 mg/kg, acı biberde 6,68 mg/kg olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu veriler ışığında atık suların Pb kalıntı miktarını arttırdığı görülmektedir. Demir (2016), çeşitli yüzdelerde atık su ve şebeke suyu ile sulanan domates bitkisinde Pb kalıntı miktarı meyvede 0,11-0,25 mg/kg arasında belirlemiştir. En yüksek Pb kalıntı miktarı %100 atık su ile sulanan bitkilerden elde etmiştir. Rehman ve diğerleri (2013), atık su uygulamaları (1,43 mg/kg), temiz su uygulamalarına (0,08 mg/kg) göre biber meyvelerinde Pb miktarını arttırdığını ortaya koymuşlardır. Atık su ve yer altı suları ile sulamanın yapıldığı alanlardan alınan farklı sebze türlerinde ağır metal içeriklerinin araştırıldığı çalışmada, atık su ile sulanan biberde Pb kalıntı miktarı 1,51 mg/kg, yer altı suları ile sulanan biberde 1,04 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca atık sular ile sulanan domateslerin, yer altı suları ile sulananlara göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır (Cheshmazar, Arfaeinia, Karimyan, Sharafi ve Hashemi, 2018). Özkan (2019) yürütmüş oldukları çalışmada sadece Artist F1 çeşidinde arıtılmış atık su uygulamalarında 0,023 mg/kg olarak tespit etmiştir. Karnabahar, acı kabak, kabak, elma şeklinde su kabağı gibi sebzelerin atık su ve temiz su ile sulandığı bir çalışmada, atık su ile sulanan sebzelerin tümü temiz su ile sulanan sebzelere göre 2,73 kat daha yüksek kurşun içeriğine sahip olduğunu ortaya koymuşlardır (Haroon, Al-Saadi ve Iqbal, 2021)

Yapraklarda tespit edilen Pb kalıntı miktarı incelendiğinde tüm çeşitler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek Pb kalıntı miktarı 0,683 mg/kg ile ham atık sular ile sulanan Fil Kulağı çeşidinde elde edilmiştir. Bunu, 0,656 mg/kg ile yine Fil Kulağı çeşidinde arıtılmış atık sular ile sulanan bitkiler takip etmektedir. Biber çeşitleri açısından değerlendirildiğinde yaprakta bulunan Pb kalıntı miktarları yüksekten düşüğe doğru sırası ile Fil Kulağı (0,618 mg/kg), Yalova Yağlık 28 (0,560 mg/kg), aynı istatistiki grupta yer alan Urfa İso (0,323 mg/kg) ve Amfora (0,334 mg/kg) olarak sıralanmaktadır. Uygulamalar açısından değerlendirildiğinde istatistiki açıdan önemli bulunmamış olup, yaprakta bulunan en yüksek Pb değeri 0,521 mg/kg ile ham atık sular ile sulanan bitkilerde olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 4.3.** Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Pb kalıntı miktarı

Patlıcan çeşitlerinin yapraklarında Pb miktarları 0,10-0,55 mg/kg arasında değişmektedir. En yüksek değer ham atık sular ile sulanan Kemer çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Sahay ve diğerleri (2020), farklı Brassica türlerinin %100 atık sular ile sulanması sonucu Pb kalıntı miktarınının 8,25-16,97 mg/kg arasında değiştiğini, yeraltı suları ile sulananlarda ise 2,96-10,93 mg/kg olduğunu ortaya koymuşlardır. Yapılan bir başka çalışmada ise, atık su ile sulanan marulun yapraklarında bulunan Pb miktarı 10,19 mg/kg, yer altı suları ile sulananların ise 7,99 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada, Lahananın atık su ile sulanması sonucu bitkide biriken Pb kalıntı miktarı 10,51

mg/kg, yer altı suları ile sulanması sonucunda ise 6,68 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir (Lente ve diğerleri, 2014). Demir (2016) atık sular ile sulanan domates meyvelerinin yapraklarında biriken Pb miktarı 0,08-0,42 mg/kg arasında değiştiğini ve en yüksek değer in atık sular ile sulanan bitkilerde olduğunu belirlemiştir. Chesmazar ve diğerleri (2018), marul, ıspanak, lahana gibi sebzelerde atık su ile sulamanın Pb kalıntı miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, ebegümecigiller familyasının bir türü olan *Corchorus olitorius* bitkisinde Pb birikimi, atık su ile sulanan bitkilerin yaprakları (0,240 mg/kg), şebeke suyu (0,019 mg/kg) ile sulanan bitkilerin yapraklarına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir (Nowwar, Farghal, İsmail ve Amin, 2022).

Biber çeşitlerinin köklerinde bulunna Pb kalıntı miktarı 1,49-0,98 mg/kg arasında, patlıcan çeşitleri arasında ise 1,20 - 0,85 mg/kg arasında değişmektedir. Biber çeşitleri arasında en yüksek değer ham atık sular ile sulanan Fil Kulağı çeşidinde elde edilmiş olup en düşük Pb kalıntı miktarı ise şebeke suyu ile sulanan Urfa İsot çeşidinde elde edilmiştir. Uygulamalar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Arıtılmış atık su (1,31 mg/kg) ve ham atık su (1.38 mg/kg) ile sulanan biber kökleri yüksek Pb kalıntı miktarına sahip olurken şebeke suyu ile sulanan biber çeşitlerinin köklerinde 1,11 mg/kg ile en az kalıntı miktarına sahip uygulama olduğu belirlenmiştir. Patlıcan çeşitlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiş olup en yüksek Pb kalıntı miktarı ham atık su ile sulanan çeşitlerde olduğu belirtilmiştir (Çizelge 4.10). Özkan (2019) hıyar bitkisinde atık, arıtılmış ve şebeke suyunun kullanıldığı çalışmada Pb kalıntı miktarının köklerinde 0,001-0,448 mg/kg arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Chaoua ve diğerleri (2019), Fas' ın Marrakech bölgesinde atık sular ile sulanan arazilerde yapmış oldukları çalışmada, farklı bitki türleri üzerinde ağır metal içeriklerini belirlemişlerdir. Yürütmüş oldukları çalışmada, kökte Pb kalıntı miktarı baklada 45,73 mg/kg, makarnalık buğdayda 56,445 mg/kg, beyaz yulafta 47,9 mg/kg, ısırgan otunda 83,09 mg/kg, sinirli otunda 75,365 mg/kg, yoncada 49,925 mg/kg, ekmeklik buğdayda 38,075 mg/kg, ebegümecinde 38,17 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. 0, %50 ve %100 oranında atık su uygulanan nane ve çemen otu köklerindeki Pb kalıntı miktarının atık su uygulamalarında yüksek sonucu verdiği belirlenmiştir (Anwar ve diğerleri, 2016). Gaziantep ili ve çevresinde Atık sular ile sulanan tarımsal alanlarda ağır metal birikimlerinin araştırıldığı çalışmada köklerdeki ağır metal birikimin yaprak ve meyveye göre daha yüksek sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir (Kafadar ve



Saygıdeğer, 2010). Atık sular ile bulaşık topraklarda yetişen patlıcan bitkisinde ağır metal birikimlerinin incelendiği çalışmada köklerdeki Pb biriki 16.85 mg/kg iken atık sular ile bulaşık olmayan topraklarda ise 13,83 mg/kg olarak belirlenmiştir. Dolayısı ile atık suların patlıcan köklerinde Pb birikimini artırdığı tespit edilmiştir (Alameri ve Galal, 2022).

Bizim çalışmamızda meyve, yaprak ve kök gibi organlarında bulunan Pb kalıntı miktarları incelendiğinde diğer çalışmalara göre düşük çıktığı görülmektedir. Bu durum kullanılan atık suyun ağır metal içeriği ile ilişkilidir.

Patlıcan ve biberlerde uygulamalar açısından değerlendirildiğinde Pb kalıntı miktarı ham atık su > şebeke suyu > arıtılmış atık su olarak belirlenmiştir. Atık sular ile sulanması sonucu biber ve patlıcan çeşitlerinin köklerinde bulunan Pb kalıntı miktarı, meyve ve yaprakta tespit edilen miktarlara göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Bu durum ağır metal stresine karşı dayanıklı bitkiler ağır metalleri köklerinde biriktirerek diğer organlara daha az miktarda ağır metal iletimi yaptığı ve kökün bariyer görevi görmesi ile açıklanabilir (Kafadar 2010). Meyvede elde edilen Pb değeri sadece atık su ile sulanan Urfa İsoot çeşidinde Türk Gıda Kodeksinin belirlediği sınır değer olan 0,1 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Diğer çeşitlerde sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11.)

**Çizelge 4.9.** Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Cu kalıntı miktarı

Biber Çeşitleri	Bakar (Cu)											
	Meyve			Yaprak			Kök					
	Şebeke	Arıtılmış	Ham	Şebeke	Arıtılmış	Ham	Şebeke	Arıtılmış	Ham			
atıksu	atıksu	atıksu	Ort. <sub>(çesit)</sub>	atıksu	atıksu	atıksu	Ort. <sub>(çesit)</sub>	atıksu	atıksu	Ort. <sub>(çesit)</sub>		
Amfora	0,111	0,103	0,163	<b>0,1261</b>	0,7033 c	0,9500 b	1,0833 a	<b>0,912 bc</b>	1,377 c	2,196 b	2,90 a	<b>2,16</b>
Fil Kulağı	0,143	0,187	0,167	<b>0,1656</b>	0,92 c	1,13 b	1,40 a	<b>1,151 a</b>	1,78 b	2,99 a	3,07 a	<b>2,62</b>
Yalova yağlık 28	0,107 b	0,123 b	0,157 a	<b>0,1289</b>	0,86 b	1,04 a	1,07 a	<b>0,988 b</b>	2,01 c	2,35 b	2,57 a	<b>2,32</b>
Urfa İsot	0,157 b	0,090 c	0,243 a	<b>0,1633</b>	0,72 b	0,75 b	0,86 a	<b>0,778 c</b>	1,16 b	2,26 a	2,35 a	<b>1,92</b>
<b>Ortalama (Uyg.Biber)</b>	<b>0,130 b</b>	<b>0,126 b</b>	<b>0,183 a</b>	<b>0,80 c</b>	<b>0,97 b</b>	<b>1,10 a</b>	<b>1,10 a</b>	<b>1,58 b</b>	<b>2,45 a</b>	<b>2,45 a</b>	<b>2,72 a</b>	<b>2,72 a</b>
Patlıcan Çeşitleri												
Kemer	0,095 b	0,167 a	0,18 a	<b>0,15</b>	0,66	0,55	0,61	<b>0,61 b</b>	1,98 a	1,24 b	2,04 a	1,75 b
Aydın Siyahı	0,15 b	0,16 b	0,24 a	<b>0,18</b>	0,88	0,95	0,94	<b>0,92 a</b>	2,04 b	2,14 b	2,68 a	2,28 a
<b>Ortalama (Uyg.Patlıcan)</b>	<b>0,125 b</b>	<b>0,161 b</b>	<b>0,210 a</b>	<b>0,770</b>	<b>0,753</b>	<b>0,772</b>	<b>0,772</b>	<b>2,01 ab</b>	<b>1,69 b</b>	<b>1,69 b</b>	<b>2,36 a</b>	<b>2,36 a</b>
LSD amfora-meyve: öd	LSD amfora-kök: 0,115											
LSD filkulağı-meyve: öd	LSD filkulağı -kök: 0,134											
LSD Yalova yağlık 28-meyve: 0,28	LSD Yalova yağlık 28-kök: 0,19											
LSD urfa isot-meyve: 0,039	LSD urfa isot -kök: 0,13											
LSD kemer-meyve: 0,042	LSD kemer isot -kök: 0,17											
LSD aydın siyahı-meyve: 0,07	LSD aydın siyahı isot -kök: 0,13											
Biber LSD Meyve ortalama çeşit : öd	Biber LSD kök ortalama çeşit: öd											
Patlıcan LSD Meyve ortalama çeşit : öd	Patlıcan LSD kök ortalama çeşit: 0,35											
LSD ortalama uyg. biber meyve: 0,035	LSD ortalama uyg. biber kök: 0,26											
LSD ortalama uyg. patlıcan meyve: 0,46	LSD ortalama uyg. patlıcan kök: 0,44											

**Çizelge 4.10.** Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Pb kalıntı miktarları

Biber Çeşitleri	Karşın (Pb)									
	Meyve			Yaprak			Kök			
	Şebeke	Arıtılmış	Ham	Şebeke	Arıtılmış	Ham	Şebeke	Arıtılmış	Ham	
Amfora	0,070	0,060	0,073	0,237 b	0,360 a	0,403 a	1,137 c	1,423 a	1,28 b	1,28
Fil Kulağı	0,063	0,043	0,053	0,513 b	0,656 a	0,683 a	1,20 c	1,31 b	1,49 a	1,33
Yalova yağlık 28	0,043 b	0,046 b	0,083 a	0,47 b	0,56 ab	0,65 a	1,13 c	1,30 b	1,41 a	1,28
Urfa İso	0,077	0,063	0,100	0,303	0,317	0,350	0,98 c	1,21 b	1,34 a	1,18
<b>Ortalama (Uy. Biber)</b>	<b>0,063 ab</b>	<b>0,053 b</b>	<b>0,078 a</b>	<b>0,413</b>	<b>0,443</b>	<b>0,521</b>	<b>1,11 b</b>	<b>1,31 a</b>	<b>1,38 a</b>	
Patlıcan Çeşitleri										
Kemer	0,040	0,037	0,057	0,10 b	0,45 b	0,55 a	1,06 a	0,85 b	1,05 a	0,998
Aydın Siyahı	0,047 b	0,057 b	0,090 a	0,27 c	0,34 a	0,30 b	0,90 c	1,12 b	1,20 a	1,073
<b>Ortalama (Uy. Patlıcan)</b>	<b>0,043 b</b>	<b>0,047 b</b>	<b>0,073 a</b>	<b>0,345</b>	<b>0,395</b>	<b>0,425</b>	<b>0,98 b</b>	<b>0,99 b</b>	<b>1,14 a</b>	
LSD amfora-meyve: öd				LSD amfora-yaprak: 0,067			LSD Amfora-kök: 0,137			
LSD filkulağı-meyve: öd				LSD filkulağı-yaprak: 0,077			LSD filkulağı-kök: 0,074			
LSD Yalova yağlık 28-meyve: 0,026				LSD Yalova yağlık 28-yaprak: 0,10			LSD Yalova yağlık 28-kök: 0,094			
LSD urfa isot-meyve: öd				LSD urfa isot-yaprak: öd			LSD urfa isot-kök: 0,12			
LSD kemer-meyve: öd				LSD kemer-yaprak: 0,03			LSD kemer-kök: 0,15			
LSD aydın siyahı-meyve: 0,019				LSD aydın siyahı-yaprak: 0,02			LSD aydın siyahı isot-kök: 0,061			
Biber LSD Meyve ortalama çesit : 0,019				Biber LSD Yaprak ortalama çesit : 0,21			Biber LSD kök ortalama çesit: öd			
Patlıcan LSD Meyve ortalama çesit : 0,018				Patlıcan LSD Yaprak ortalama çesit : 0,05			Patlıcan LSD kök ortalama çesit: öd			
LSD ortalama uyg.biber meyve: 0,017				LSD ortalama uyg.biber yaprak: öd			LSD ortalama uyg.biber kök: 0,077			
LSD ortalama uyg.patlıcan meyve: 0,019				LSD ortalama uyg.patlıcan yaprak: öd			LSD ortalama uyg.patlıcan kök: 0,141			

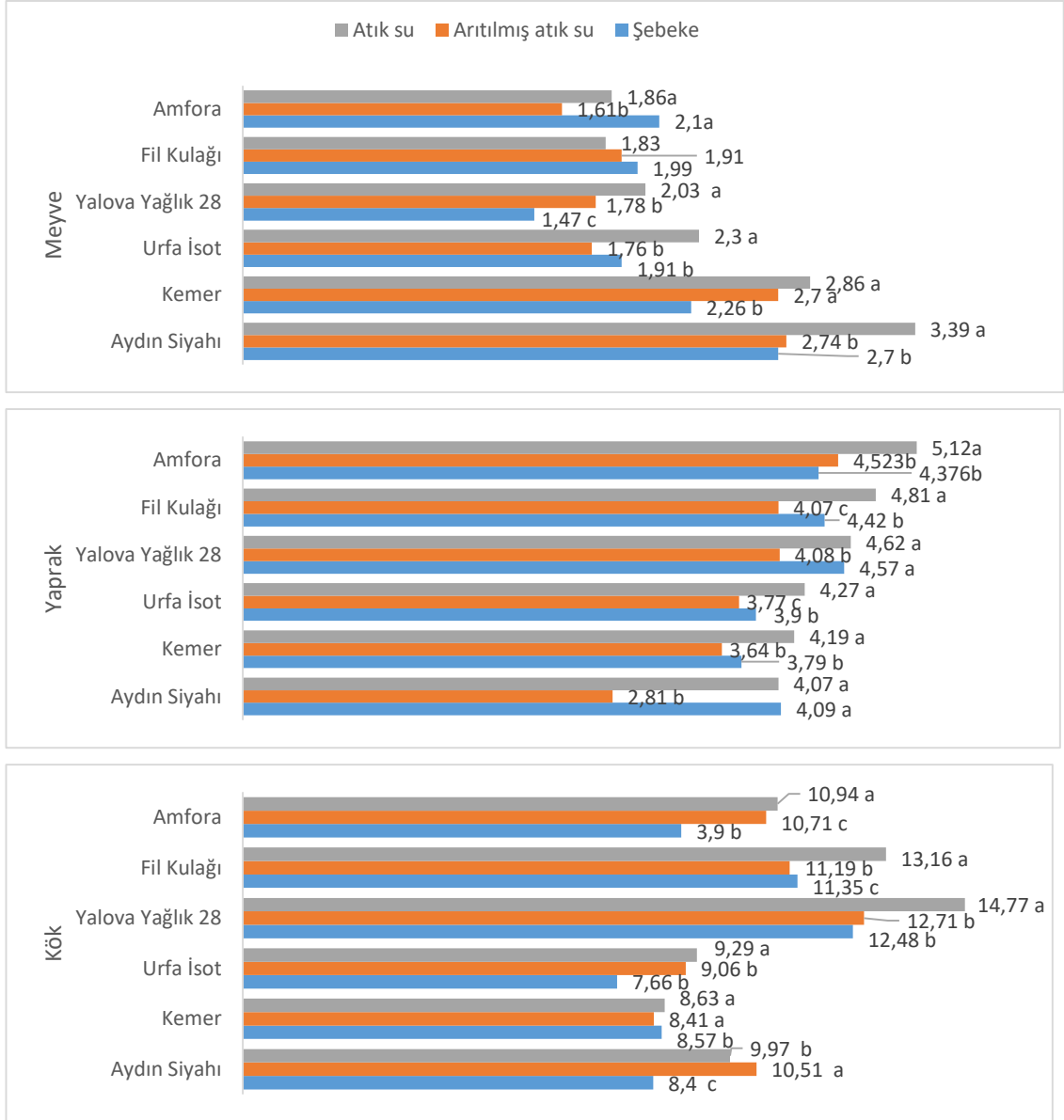
#### 4.5.4. Bitki meyve, yaprak, köklerinde bulunan Zn kalıntı miktarı

Farklı arıtma düzeylerinde atık suların kullanıldığı çalışmada meyvede Zn birikimi, biber çeşitlerinde 1,47-2.30 mg/kg, patlıcan çeşitlerinde ise 2,26 - 3,39 mg/kg arasında değişmektedir. Biber çeşitleri arasında Fil Kulağı çeşidi hariç diğer çeşitlerde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Biber meyvelerinde en yüksek Zn kalıntı miktarı ham atık sular ile sulanan Urfa İsot çeşidinde olduğu, en düşük Zn kalıntı miktarı ise Yalova Yağlık 28 çeşidinin şebeke suyu uygulamalarında olduğu tespit edilmiştir. Patlıcan çeşitleri açısından değerlendirildiğinde en yüksek Zn kalıntı miktarı ham atık su ile sulanan Aydın Siyahı çeşidinde elde edilirken, ikinci sırada ise 2,86 mg/kg ile Kemer çeşidinin ham atık su uygulamasında elde edilmiştir. Uygulamalar değerlendirildiğinde istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup yüksekte düşüğe doğru sırası ile ham atık su uygulamasında (3,127 mg/kg), arıtılmış atık su (2,722 mg/kg), şebeke suyu (2,483 mg/kg) uygulamasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11) (Şekil 4.4). Lente ve diğerleri (2014), Ghana' da atık su sulamaları ile sulanan farklı sebze türlerinin yenilebilir kısımlarının içerdiği Zn miktarları yeşil biberde 6,94 mg/kg, fasulyede acı biberde 5,06 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Yeraltı suları ile sulananda ise yeşil biberde 6,06 mg/kg, acı biberde ise 9,29 mg/kg olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca atık su uygulamaları kuyu suyu uygulamalarına göre daha yüksek Cu birikimi olduğunu tespit etmişlerdir. Domateste farklı yüzdelerde arıtılmış atık su su ile sulanan domateste ağır metal içeriğinin belirlendiği bir çalışmada, Zn birikimi meyvelerde 18,5-32,5 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmiştir. En yüksek Zn kalıntı miktarının %100 arıtılmış atık su ile sulanan bitkide olduğunu ortaya koymuşlardır (Demir, 2016). Likuku ve Obuseng, (2015) domates ve yeşil biber meyvelerinde atık su uygulanan arazilerde Zn kalıntı miktarının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Atık su ile sulanan yeşil biberde 81,77 mg/kg, temiz su ile sulanan kontrol uygulamasında ise 28,51 mg/kg, domateste ise atık su uygulaması ile 78,75 mg/kg, kontrol alanlarında ise 42,40 mg/kg olduğunu belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada, Deveci (2012), Gaziantep'te evsel ve sanayi atık suları ile yetiştirilen patlıcan meyvesinin Zn birikimini 19,0-61,2 mg/kg, biberde 19,0-45,5 mg/kg, domateste ise 23,3-43,9 mg/kg arasında arasında değiştiğini tespit etmiştir. Guadie ve diğerleri (2021), domates, lahana ve marul bitkilerinin atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu ile sulanan domates, lahana ve marul bitkilerinin ağır birikimi üzerine etkilerini araştırmışlardır.

Yüksekten, düşüğe doğru Zn birim miktarı sırası ile atık su>arıtılmış atık su>şebeke suyu olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapraklarda tespit edilen Zn kalıntı miktarı tüm biber çeşitlerinde istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup 3,77-5,12 mg/kg arasında değişmektedir. En yüksek değer ham atık su ile sulanan Amfora (5,12 mg/kg) çeşidinde elde edilmiştir. Arıtılmış atık su ile sulanan Fil Kulağı çeşidinde Zn birikimi 4,81 mg/kg ile ikinci sırada yer almaktadır. Sadece uygulamalar açısından değerlendirildiğinde istatistiki açıdan önemli bulunmuş olup en yüksek Zn kalıntı miktarı ham atık su ile sulanan çeşitlerin yapraklarında elde edilmiştir. Şebeke ve arıtılmış atık su uygulamaları ise aynı grupta yer almakta olup sırası ile 4,32 mg/kg, 4,11 mg/kg olduğu belirlenmiştir.

Patlıcan çeşitleri arasında farklı arıtma seviyelerinde atık su uygulaması yapraklardaki Zn miktarı üzerine etkilidir. Yapraklarda en yüksek Zn birikimi 4,19 mg/kg ile ham atık su ile sulanan Kemer çeşidinde elde edilmiştir. Sadece uygulamalar arasında değerlendirildiğinde patlıcan bitkisinin yapraklarındaki Zn kalıntı miktarı 4,13 mg/kg ile ham atık su uygulamalarında elde edilmiştir (Çizelge 4.11). Achakzai ve diğerleri (2011), üç farklı lokasyonda ve farklı yüzdelerde atık su (kontrol, %25, %50, %75,%100) ile sulanan marulda en yüksek Zn kalıntı miktarını %100 atık su ile sulanan bitkilerde elde etmiş olup, kalıntı miktarları 85,82-104,09 mg/kg arasında değişmektedir. Kontrol bitkilerinde ise 46,110-48,500 mg/kg arasında olduğunu saptamışlardır. Atık su ve kuyu suyunun lahana ve marul türlerinde sulama suyu olarak kullanıldığı bir çalışmada, yapraklarda bulunan Zn miktarı atık su ve şebeke suyu ile sulamada 9,55 mg/kg olarak belirlemiştir. Ayrıca marulda atık su ile sulamada 10,61 mg/kg, kuyu suyu ile sulamalarda ise 9,84 mg/kg olarak tespit etmişlerdir (Lente ve diğerleri, 2014). Demir (2016), yürütmüş olduğu çalışmada farklı yüzdelerde kullanılan atık su ve şebeke suyunun kullanıldığı domateste ağır metal içeriğinin belirlendiği bir çalışmada, Zn birikimi domates yapraklarında 15,0-22,1 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmiştir. En yüksek Zn kalıntı miktarının %75 arıtılmış atık su ile sulanan bitkide olduğunu belirlemiştir.



**Şekil 4.4.** Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Zn kalıntı miktarı

Çalışmamızda atık su uygulamalarının bitkilerde ağır metal birikimi üzerine etkisi incelendiğinde Zn kalıntı miktarı biber çeşitlerde 7,66-14,77 mg/kg arasında, patlıcan çeşitlerinde ise 8,41-10,51 mg/kg arasında değişmekle birlikte uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur. Meyve ve yapraklara göre karşılaştırıldığında en yüksek Zn kalıntı miktarının köklerde olduğu tespit edilmiştir. Biber çeşitleri arasında en yüksek değer ham atık sular ile sulanan Yalova Yağlık biber çeşidinin köklerinde olduğu tespit edilmiş olup en düşük Zn kalıntı miktarı ise şebeke suyu ile sulanan Urfa İ sot çeşidinde

elde edilmiştir. Sadece çeşitler arasında bir değerlendirme yapıldığında istatistiki açıdan bir fark bulunmuş olup, 13,32 mg/kg ile Yalova Yağlık 28 çeşidinde olduğu saptanmıştır. Sadece atık su uygulamaları açısından değerlendirildiğinde ise istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Yine en yüksek Zn kalıntı miktarı ham atık su ile sulanan biber çeşitlerinde olduğu tespit edilmiştir. Arıtılmış atık su (10,92 mg/kg) ve ham atık su (12,04 mg/kg) ile sulanan biber kökleri yüksek Zn kalıntı miktarına sahip olurken şebeke suyu ile sulanan biber çeşitlerinin köklerinde 10,11 mg/kg ile en az kalıntı miktarına sahip sulama uygulaması olduğu tespit edilmiştir. Patlıcan çeşitlerinde atık su uygulamaları sadece Aydın Siyahı patlıcan çeşidi köklerinde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Zn kalıntı miktarı 10,51 mg/kg ile arıtılmış atık su ile sulanan Aydın Siyahı çeşidi ilk sırada yer alırken, ikinci sırada ise 9,97 mg/kg ile aynı çeşide ait ham atık su uygulamalarında olduğu tespit edilmiştir. Patlıcan köklerinde ki en düşük Zn kalıntı miktarı 8,40 mg/kg ile şebeke suyu ile sulanan Aydın Siyahı çeşidinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Leblebici ve Kar (2018), arıtılmamış atık sular ile sulanan biber, fasulye, domates ve soğan köklerinde yapmış oldukları çalışmada Zn miktarı sırası ile 11,80 mg/kg, 4,4117 mg/kg, 0,4273 mg/kg 1,6030 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Nevşehir’de 4 farklı bölgedeki mevcut su kaynaklarıyla sulanan sebzelerde ağır metal birikimi üzerine yapılan bir başka çalışmada, köklerdeki Zn birikiminin domatesten 0,4273-1,260 mg/kg, soğanda 0,9293-4,0840 mg/kg, biberde 0,3147-1,7273 mg/kg, fasulyede 0,6130-0,4273 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmiştir (Özyürek, 2016). Atık su arıtma tesisinin deşarj alanında yetiştirilen domates bitkisinin Zn kalıntı miktarı sırası ile kök>gövde>yaprak>meyve olarak belirlenmiştir (Topal, Topal ve Öbek, 2022). Bu denemede elde edilen veriler bizim çalışmamız ile örtüşmektedir.

Denemede atık su uygulamaları ile sulanan biber ve patlıcan türlerinin köklerinde bulunan Zn kalıntı miktarı, meyve ve yaprağa göre yüksek bulunmuştur. En yüksek Zn kalıntı miktarı büyükten küçüğe doğru sırası ile ham atık su, arıtılmış atık su ve şebeke suyu uygulamalarında olduğu elde edilmiştir. Meyvede elde edilen Zn değerleri FAO/WHO ve Türk Gıda Kodeksinin belirlediği sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11.).

**Çizelge 4.11.** Ağır metallerin sebzelerde bulunmasına izin verilen maksimum sınır değerleri

Ağır metaller	Dünya Sağlık Örgütü FAO/WHO (mg/kg)(Mensan,Kyei-Baffour, Ofori ve Obeng, 2009)	Türk Gıda Kodeksi (mg/kg) (Anonim, 2008)
Cd	0,2	0,05
Cu	73,3	5
Pb	0,3	0,1
Zn	99,4	5



**Çizelge 4.12.** Patlıcan ve biber bitkilerinde farklı arıtma düzeylerinde uygulanan atık suyun meyve, yaprak ve kök Zn kalıntı miktarı

Biber Çeşitleri	Çinko (Zn)											
	Meyve					Yaprak					Kök	
	Şebeke	Arıtılmış atıksu	Ham Atıksu	Şebeke	Arıtılmış atıksu	Ham Atıksu	Şebeke	Arıtılmış atıksu	Ham Atıksu	Ort. (ort)		
Amfora	2,10 a	1,61 b	1,86 a	1,857	4,376 b	4,523 b	5,12 a	4,673 a	8,97 c	10,71 b	10,94 a	10,21 c
Fil Kulağı	1,99	1,91	1,83	1,909	4,42 b	4,07 c	4,81 a	4,434 a	11,35 b	11,19 b	13,16 a	11,90 b
Yalova yağlık 28	1,47 c	1,78 b	2,03 a	1,758	4,57 a	4,08 b	4,62 a	4,424 a	12,48 b	12,71 b	14,77 a	13,32 a
Urfa Isot	1,91 b	1,76 b	2,30 a	1,990	3,90 b	3,77 c	4,27 a	3,980 b	7,66 b	9,06 a	9,29 a	8,67 d
<b>Ortalama (Uyg.Biber)</b>	<b>1,96</b>	<b>1,76</b>	<b>1,91</b>	<b>1,92</b>	<b>4,32 b</b>	<b>4,11 b</b>	<b>4,71 a</b>	<b>10,11</b>	<b>10,92</b>	<b>12,04</b>		
<b>Patlıcan Çeşitleri</b>												
Kemer	2,26 b	2,70 a	2,86 a	2,61 b	3,79 b	3,64 b	4,19 a	3,87	8,57	8,41	8,63	8,54 b
Aydın Siyahı	2,70 b	2,74 b	3,39 a	2,95 a	4,09 a	2,81 b	4,07 a	3,65	8,40 c	10,51 a	9,97 b	9,62 a
<b>Ortalama (Uyg.Patlıcan)</b>	<b>2,483 b</b>	<b>2,722 b</b>	<b>3,127 a</b>	<b>2,782 b</b>	<b>3,94 a</b>	<b>3,22 b</b>	<b>4,13 a</b>	<b>3,76</b>	<b>8,49</b>	<b>9,46</b>	<b>9,30</b>	
LSD amfora-meyve: 0,247	LSD amfora-yaprak: 0,1506											
LSD filkulağı-meyve: öd	LSD filkulağı -yaprak: 0,0191											
LSD Yalova yağlık 28-meyve: 0,238	LSD Yalova yağlık 28-yaprak: 0,12											
LSD urfa isot-meyve: 0,24	LSD urfa isot -yaprak: 0,0184											
LSD kemer-meyve: 0,20	LSD kemer -yaprak: 0,09											
LSD aydın siyahı-meyve: 0,32	LSD aydın siyahı -yaprak: 0,09											
Biber LSD Meyve ortalama çeşit : öd	Biber LSD Yaprak ortalama çeşit: 0,284											
Patlıcan LSD Meyve ortalama çeşit : 0,32	Patlıcan LSD Yaprak ortalama çeşit : öd											
LSD ortalama uyg.biber meyve: öd	LSD ortalama uyg. biber yaprak: 0,245											
LSD ortalama uyg. patlıcan meyve: 0,305	LSD ortalama uyg. patlıcan yaprak:0,35											

## 5. SONUÇ

Ülkeler arasında kişi başına düşen su varlığı sınıflandırmasında ülkemiz su azlığı çeken ülke konumunda olmakla birlikte DSI verilerine göre giderek su fakiri ülke sınıfına gireceğimiz ön görülmektedir. Bu durum bizi su kullanımı ve tüketiminde en önemli pay olan tarımsal faaliyetlerde kullanılacak suyu daha dikkatli kullanmaya yöneltmektedir. Yetersiz temiz su kaynaklarına alternatif olarak, tarımda evsel atık suların çeşitli yöntemler kullanılarak arıtılması akılcı bir çözüm olarak görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde atık su uygulamaları, tarımsal sulamada diğer su kaynaklarına göre daha ekonomik, makro ve mikro elementler bakımından zengin olması gibi nedenlerle tarımda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ayrıca çalışmamız, kullanıldığımız atık sular ile sulamanın Kalecik gibi evsel atık suların daha fazla olduğu, sanayinin yoğun bir şekilde bulunmadığı kırsal alanlarda yapılan tarımsal üretim için alternatif bir su kaynağı olarak değerlendirilebileceğine iyi bir örnektir.

Çalışmamız; Kızılırmak Havzasında yer alan ve ekolojik faktörlerin sebze yetiştiriciliğine oldukça uygun olduğu, ayrıca metropole yakınlığı itibari ile tarımsal potansiyeli yüksek olan Ankara'nın Kalecik ilçesinde yürütülmüştür. Denemede, şebeke suyu, arıtılmış atık su ve ham atık su gibi üç farklı su kaynağının, ülkemiz için önemli sebzelerden olan ve üretim miktarı giderek artan hem işlenerek hem taze tüketilebilen ve kurutularak tüketimi de yoğun olarak yapılan kapyra tipi kırmızı biber ve patlıcan bitkilerinin yetiştiriciliğinde kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Her iki sebze türüne ait tüm çeşitlerde kalite ve morfolojik açıdan ham atık su uygulamaları üstün sonuçlar vermiş olup, bunu sırası ile arıtılmış atık su uygulaması ve şebeke su uygulaması takip etmiştir.

Et kalınlığı biber salçası üretiminde önemli bir kalite kriteridir. Çalışmamızda biberde meyve eti kalınlığı ham atık su ve arıtılmış atık su ile sulanan bitkilerden alınan meyvelerde, şebeke suyu uygulamalarından elde edilen meyvelerin et kalınlığına göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç atık su uygulamalarının hem salça üretimi için

yapılan yetiştiriciliklerde hem de kurutma amaçlı yetiştiriciliklerde kullanılabilirliğini destekler niteliktedir.

Bitki ve yaprak örneklerinde yapılan ölçüm sonuçlarına göre ham atık su uygulamaları ve arıtılmış atık su uygulamaları; bitki boyu, bitki gövde kalınlığı ve yaprak sayısı parametreleri açısından değerlendirildiğinde şebeke suyu uygulamalarına göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Toplam fenol, likopen ve karoten miktarlarının sulama suyu olarak kullanılan atık suların arıtılma seviyeleri ile ters orantılı olduğu, arıtma seviyesinin azalması ile toplam fenolik bileşik miktarının arttığı gözlenmiştir.

Meyve renk değerleri biber ve patlıcanda önemli bir kalite kriteridir. Özellikle kapyra tipi biberlerde hem sanayi hem taze tüketim açısından kırmızı rengin yoğun olması tercih edilmektedir. Biber çeşitlerinde atık suyun arıtma düzeyi arttıkça meyvelerde kırmızı renk oranı yükselmiştir. Patlıcanda ise ham atık su ile sulanan meyvelerde renk daha koyu olarak bulunmuştur.

Denemede arıtılmış atık su ve ham atık su ile sulanan biber ve patlıcan gibi meyvesi yenen sebzelerde Cd, Cu, Pb ve Zn uygulamaları incelendiğinde; FAO/WHO ve Türk Gıda Kodeksine göre belirlenen limit seviyelerin altında çıkmıştır. Sadece ham atık su uygulaması ile üretilen Urfa İsoot çeşidinde Pb miktarının sınır değerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç meyveleri yenen sebzelerden olan biber ve patlıcanın atık sular ile sulanması, ağır metal içerikleri bakımından insan sağlığı yönünden risk oluşturmadığını destekler niteliktedir.

Ağır metal birikimi her iki sebze de köklerde, yaprak ve meyvelere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum ağır metallerin bitkinin yenilebilir kısımlarına taşınmadığını göstermektedir. Dolayısı ile arıtılmış atık su ve ham atık su ile sulanan biber ve patlıcan gibi sebzelerin yenilebilir kısımlarını tüketmekte ağır metal kalıntı miktarı açısından herhangi bir olumsuz etki yaratmadığı sonucuna varılabilir.

Çalışmamızda ağır metal içeriği bakımından sonuçlar değerlendirildiğinde ham atık su> arıtılmış atık su > şebeke suyu şeklinde sıralama yapılabilir. Suyun arıtılma düzeyleri azaldıkça bitki organlarında biriken ağır metal miktarda artış göstermektedir. Dolayısı ile ağır metal kalıntı miktarı, sulamada kullanılacak suyun içerisinde bulunan ağır metal miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle atık sular kullanılmadan önce mutlaka ağır metal analizlerin yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, Ülkemiz ve Dünyada temiz su kaynakları giderek azalmaktadır. Tarımsal faaliyetler, en fazla temiz su kullanılan sektör olarak karşımıza çıkmaktadır. Denememizde elde edilen veriler ışığında tarımsal amaçlı kullanılan suya alternatif olarak evsel ve kentsel atık suların arıtılarak tarımda kullanılması verim artışı ve kaliteyi olumlu etkilemesi nedeni ile kontrollü bir şekilde kullanılması tavsiye edilebilir.

## KAYNAKLAR

- Abak, K. 1995. Kahramanmaraş kırmızı biberinde ihracata yönelik kaliteli yetiştirme, işleme ve pazarlamada karşılaşılan sorunlara çözüm arayışları. *Kahramanmaraş Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları*, 11: 5-6.
- Abu-Elela, A.R., Farrag, K., El-Behairy, U.A., Abou-Hadid, A. F. 2021. Accumulation and risk assessment of heavy metals in vegetables irrigated with wastewater in Giza Governorate, *Egypt. Arab Univ. J. Agric. Sci.*, 29(2): 723-737.
- Achakzai, A.K.K., Bazai, Z.A., Kayani, S. 2011. Accumulation of heavy metals by lettuce (*Lactuca Sativa L.*) irrigated with different levels of wastewater of quetta city. *Pak. J. Bot.*, 43(6): 1953-2960.
- Ağcasulu Ö. 2007. Sakarya nehri Çeltikçe çayı'nda yaşayan capoeira tinca'nın dokularında ağır metal birikiminin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. GÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı. Ankara.
- Akoto, O., Addo, D., Baidoo, E., Agyapong E. A., Apau, J., Fei-Baffoe, B. 2015. Heavy metal accumulation in untreated wastewater-irrigated soil and lettuce (*Lactuca sativa*). *Environmental Earth Science*, 74: 6193-6198.
- Alameri K.H., Galal, T.M. 2022. Safety assessment and sustainability of consuming eggplant (*Solanum melongena L.*) grown in wastewater-contaminated agricultural soils. *Scientific Reports*, 12:9768.
- Al-busaidi, A., Shahroona, B., Al-yahyai, R., Ahmed, M. 2015. Heavy Metal Concentrations In Soils and Date Palms Irrigated By Groundwater and Treated Wastewater. *Pak. J. Agric. Sci.*, 52: 129–134.
- Alcamo, J., Moreno, J.M., Novaky, B. 2007 Ln: ML Parry OF Canizani, JP Palutikof et al. (eds) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Cambridge University Press*, 541-580.
- Ali, F., Rehman, S.U., Tareen, N.M., Ullah, K., Ullah, A., Bibi, T., Laghari, S. 2019. Effect of Waste Water Treatment on The Growth of Selected Leafy Vegetable Plants. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2):1585-1597.
- Al-Lahham, O., El Assi, N.M., Fayyad, M. 2003. Impact of treated wastewater irrigation on quality attributes and contamination of tomato fruit. *Agricultural Water Management*, 61: 51-62.
- Allan, R. 1997. Introduction: mining and metals in the environment. *J. Geochem. Expl.*, 58:95-100

Anonim, 1983. Gıda maddeleri muayene ve analiz yöntemleri kitabı. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Gıda İşleri Genel Müdürlüğü. Genel Yayın No:65, Özel Yayın No:62-105, Ankara, 794 s.

Anonim, 2008. Türk gıda kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında tebliğ. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/05/20080517-7.htm> (Erişim Tarihi: 20.07.2022)

Anonim, 2011. Gıdalarda nem ve Kuru Madde Tayini. (C Milli Eğitim Bakanlığı, Yayın No:541GI0082, Ankara.

Anonim, 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231823\\_eng](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231823_eng) (Erişim Tarihi: 22.10.2020).

Anonim, 2017. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153>-(Erişim Tarihi: 22.10.2020).

Anonim, 2019. Ankara Su Analiz Sonuçları. <https://www.aski.gov.tr/TR/SuAnalizSonuclari.aspx> (Erişim Tarihi: 15.10.2019).

Anonim, 2020a. Suyun sektörlere göre kullanım oranları. <https://sutema.org/kirilgan-dongu/suyun-sektorlere-gore-kullanim-oranlari.9.aspx> -(Erişim Tarihi: 05.12.2020)

Anonim, 2020b. Su arıtma tesislerinin yeni rolü. <https://www.amerikaninsesi.com/a/su-aritma-tesislerinin-yeni-rolu/1543734.html> - (Erişim Tarihi: 02.12.2020)

Anonim, 2020c. Patlıcan sapının bilinmeyen faydaları. <https://www.hurriyet.com.tr/mahmure/galeri-patlican-sapinin-bilinmeyen-faydalari-41649772> - (Erişim Tarihi: 19.12.2020)

Anonim, 2021a. Kalecik atık su arıtma tesisi (2.500 m<sup>3</sup> / gün) <https://www.aski.gov.tr/TR/ICERIKDETAY/Kalecik-Atiksu-Aritma-Tesisi-2500Mgun/30/60>-(Erişim Tarihi : 17.12.2021).

Anonim, 2021b. Biber tohumu yalova yağlık. [https://iklimbahce.com/index.php?route=product/product&product\\_id=429](https://iklimbahce.com/index.php?route=product/product&product_id=429)-(Erişim Tarihi: 27.11.2021)

Anonim, 2021c. Amfora new kopya biber tohumu. <https://www.tohumkuyusu.com/urun/amfora-new-kopya-biber-tohumu-> (Erişim Tarihi: 29.12.2021)

Anonim, 2021d. Doğal geleneksel Urfa İsot acı biber tohumu. <https://www.evvebahce.com/urun/urfa-isot-aci-biber-tohumu-100-tohum->(Erişim Tarihi: 01.12.2021)

Anonim, 2021e. Aydın siyahı patlıcan tohumu. <https://www.asgen.com.tr/urun/aydin-siyahi-patlican-tohumu->(Erişim Tarihi: 02.12.2021).

Anonim, 2021f. Kemer – 27 Patlıcan tohumu. <https://www.tarimtedarik.com/kemer-27-patlican-tohumu->(Erişim Tarihi: 02.12.2021).

Anonim, 2022a. Ankara Mekrezi Atıksu Arıtma Tesisi (765.000 m<sup>3</sup>/gün). <http://www.aski.gov.tr> (Erişim tarihi: 04.12.2020).

Anonim, 2022b. Kalecik bölgesinde yıl boyu iklim ve hava durumu. <https://tr.weatherspark.com/y/97754/Kalecik-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1l-Boyunca> (Erişim tarihi: 03.07.2022)

Anwar, S., Nawaz, M. F., Gul, S., Rizwan, M., Ali, S., Kareem, A. 2016. Uptake and distribution of minerals and heavy metals in commonly grown leafy vegetable species irrigated with sewage water. *Environ Monit Assess*, 188(9): 2-9.

Asano, T. 2001. Water from (Waste) Water – The Dependable Water Resource (the 2001 Stockholm water prize laureate lecture). *Water Sci Technol.* 45(8): 23-33.

Ashraf, M., Ozturk, M., Ahmad, M. S. A. 2010. Chapter 1 toxins and their phytoremediation. *Springer*, 1-32.

Asri, Ö.F., Demirtaş, E.I., Özkan C.F., Arı, N. 2011. Organik ve kimyasal gübre uygulamalarının hıyar bitkisinin verim, kalite ve mineral içeriklerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 139-143.

Asri, F. Ö., Sönmez, S. 2006. Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. – Derim, *Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü Dergisi*, 23(2): 36-45

Bayat S. Hatam Z. Mohamadi S. 2018. Evaluation of fractionation and bioavailability of heavy metals in contaminated soils: a case study in Hamedan province, Iran. *Azarian Journal of Agriculture*, 5(4): 108-119.

Baysal, T., Ersus, S. 1999. Karotenoidler ve İnsan Sağlığı. *GIDA*, 24(3): 177-185.

Berke, G.T., Black, L.L., Morris, A.R., Talekar, S.N., Wang, F.J. 2003. Suggested cultural practices for sweet pepper. International cooperators' guide, *AVRDC- pub.*, 99-497.

Beyazgül, M., Sönmez, B., Küçükcoşkun, S., Ucar, I., Caymaz, U., Tahmiscioğlu, S., Özer, M. N., Yılmaz, A., Bulut, I., Bulut. F., Kolsuz. U. 2017. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri, *Eftal Matmacılık & Ajans*, 590 s., Ankara.

Beyhan, Ö., Elmastas, M., Gedikli, F. 2010. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of leaf, dry fruit and fresh fruit of feijoa (*Acca sellowiana*, Myrtaceae). *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(11): 1065-1072.

Bilişli, A., Erhan, M. 1991. Yeşil ve Kırmızı Olgunluktaki Kapija Çeşidi Biberin Dondurarak Muhafazası Üzerinde Çalışmalar. *Gıda - Yem*, 1: 29-32.

Blumenthal, U.J., Peasey, A., Ruiz-Palacios, G., Mara, D.D. 2000. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: Recommended revisions based on new research evidence. WELL Study, Loughborough University, Loughborough, pp. 51.

Bozkurt, S. B. 2019. Kapya tipi biber (*Capsicum annum* L. Cv. Kapya) yetiştiriciliğinde kullanılan organik gübrelerin bitki gelişimi ve meyve kalitesi üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Bursa.

Castro, E., Manas, P., Heras, J. D. L. 2013. Effects of wastewater irrigation in soil properties and horticultural crop (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 36(11): 1659-1677.

Chalkoo, S., Sahay, S., Inam, A., Iqbal, S. 2012. Application of wastewater irrigation on growth and yield of chili under nitrogen and phosphorus fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 37(7): 1139-1147.

Chaoua, S., Boussaa, S., Gharmali, A.E., Boumezzough, A. 2019. Impact of irrigation with wastewater on accumulation of heavy metals in soil and crops in the region of Marrakech in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Science*, 18: 429-436.

Chen, L., Liang, S., Liu, M., Yi, Y., Mi, Z., Zhang, Y., Li, Y., Qi, J., Meng, J., Tang, X., Zhang, H., Tong, Y., Zhang, W., Wang, X., Shu, J., Yang, Z. 2019. Trans-provincial health impacts of atmospheric mercury emissions in China. *Nature Communications*, 10(1), 1484.

Chen, W.F., Liu, W. C. 2015. Effects of reclaimed water on the growth and fruit quality of cucumber. *Irrigation and Drainage*, 64: 370-377.

Cherfi, A., Achour, M., Cherfi, M., Otmani, S., Morsli, A. 2015. Health risk assessment of heavy metals through consumption of vegetables irrigated with reclaimed urban wastewater in Algeria. *Process Safety and Environmental Protection*, 98: 245-252.

Cheshmazar, E., Arfaeina, H., Karimyan, K., Sharafi, H., Hashemi, S. E. 2018. Dataset for effect comparison of irrigation by wastewater and ground water on amount of heavy metals in soil and vegetables: accumulation, transfer factor and health risk assessment. *Data in Brief*, 18: 1702-1710.

Christou, A., Maratheftis, G., Eliadou, E., Michael, C., Hapeshi, E., Fatta-Kassinou, D. 2014. Impact assessment of the reuse of two discrete treated wastewaters for the



irrigation of tomato crop on the soil geochemical properties. *Fruit Safety and Crop Productivity. Ecosystems and Environment*, 192: 105-114

Cirelli, G.L., Consoli, S., Licciardello, F., Aiello, R., Giuffrida, F., Leonardi, C. 2012. Treated municipal wastewater reuse in vegetable production, *Agricultural Water Management*, 104: 163-170.

Collins, A. R. 2001. Carotenoids and Genomic Stability, Review. *Mutation Research*, 475: 21-28.

Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D., Savelli, H. 2010. Sick water? The central role of wastewater management in sustain-able development. A Rapid Response Assessment, *Grid-Arendal*, 88 s., Norway.

Çağlarırnak, N., Hepçimen, A.Z. 2010. Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. *Akademik Gıda*, 8 (2): 31-35.

Çakmakçı, T., Uçar, Y., Erbaş, S. 2016. Atık su uygulamalarının kanola' da (*brassica napus* l.) yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (2): 145-151.

Çay, Ş. 2013. Konya kentsel atık sularının tarımsal sulamada kullanılması ve mısır bitkisi yetiştiriciliğine etkileri. *Doktora Tezi*, ÇU. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.

Çolak, B. Y., Yazar, A., Çolak, İ. 2017. Çukurova koşullarında toprakaltı damla yöntemiyle sulanan farklı kısıntılı sulama stratejilerinin patlıcan verim ve verim bileşenleri etkileri. *Alatarım*, 16(1): 1-10

Dagianta, E., Goumas, D., Manios, T., Tzotzakis, N. 2014. The use of treated wastewater and fertigation in greenhouse pepper crop as affecting growth and fruit quality. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 4(2): 92-99.

Demey, H., Vincent, T., Guibal, E. 2017. A novel algal-based sorbent for heavy metal removal. *Chem. Eng. J.* 332: 582-595

Demir, A. D. 2016. Farklı sulama stratejileri ile atık su uygulamalarının Bingöl koşullarında domates bitkisinin verim ve kalitesi ile toprak özelliklerine etkisi. *Doktora Tezi*, ATAÜNİ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Erzurum.

Deveci, T. 2012. Gaziantep'te atık sulardan etkilenen toprak ve bitkilerde eser element (Cu, Co, Mn ve Zn ve Fe) konsantrasyonlarının ICP-MS ile tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, KİYÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Ana Bilim Dalı, Kilis.

Dikmen, Ç., Saraçoğlu, E., Durucan, Z., Durak, S., Sarıoğlu, K. 2011. Türkiye çevre durum raporu. *Altan Matbaacılık*, 356 s., Ankara.

- Doelsch, E., Saint Macary, H., Kerchove, V.V. 2005. Sources of very heavy metal content in soils of volcanic island (La Reunion). *Journal of Geochemical Exploration*, 88(1): 194-197.
- Doorenbos, J., Kassam A.H. 1979. Yield response to water. fao irrigation and drainage, paper No. 33. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 193 s., Italy.
- DSİ, 2010. DSİ Genel Müdürlüğü 2009 yılı faaliyet raporu, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s.360
- DSİ, 2016. Devlet su işleri genel müdürlüğü 2015 yılı faaliyet raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s.359
- DSİ, 2018a. Devlet su işleri genel müdürlüğü Stratejik Plan 2019-2023. <http://bilgi.dsi.gov.tr/spland/splan4/index.html> (Erişim tarihi: 19.05.2020)
- DSİ, 2018b. Devlet su işleri genel müdürlüğü 2017 yılı faaliyet raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s.265.
- DSİ, 2019. Devlet su işleri genel müdürlüğü 2018 yılı faaliyet raporu, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s.241.
- DSİ, 2020. Devlet su işleri genel müdürlüğü 2019 yılı faaliyet raporu, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s.166.
- DSİ, 2021. Devlet su işleri genel müdürlüğü 2020 yılı faaliyet raporu, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s.123.
- DSİ, 2022. Devlet su işleri genel müdürlüğü 2021 yılı faaliyet raporu, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s.119.
- Dučić, T., Maksimovic, V., Radotic, K. 2008. Oxalate oxidase and non-enzymatic compounds of the antioxidative system in young serbian spruce plants exposed to cadmium stress. *Arch. Biol. Sci.*, 60(1): 67-76.
- Ekanayake, I. J., Toole, J. C. O., Garrity, D. P., Jan, T. M. M. 1985. Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. *Crop Sci.*, 25: 927-933.
- Fereres, E., Soriano, M.A., 2007. deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J.Exp. Bot.*, 58: 147-159.
- Garton, R.W., J. Bodnar, 1991. Pepper production. agriculture and rural division. *Original Factsheet*, 257 p

- Gatta, G., Galiardi, A., Disciglio, G., Lonigro, A., Francavilla, M., Tarantino, E., Giuliani, M. M. 2018. Irrigation with treated municipal wastewater on artichoke crop: assessment of soil and yield heavy metal content and human risk. *Water*, 10(3): 1-18
- Gori, R., Ferrini, F., Nivese, F.P., Lubello, C. 2000 Effect of reclaimed wastewater on growth and nutrient content of three landscape shrubs. *J. Environ. Hort.*, 18(2): 108-114
- Govindarajan, V. Salzer, U. 1985. Capsicum-production, technology, chemistry, and quality. Part I. History, botany, cultivation and primary processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 22:109-176.
- Guadie, A., Yesigat, A., Gatew, S., Worku, A., Liu, W., Ajibade, F.O., Wang, A. 2021. Evaluating the health risks of heavy metals from vegetables grown on soil irrigated with untreated and treated wastewater in Arba Minch, Etiopia. *Science of the Total Environment*, 761: 1-14.
- Gupta, N., Khan, D. K., Santra, S. C. 2010. Determination of public health hazard potential of wastewater reuse in crop production. *World Review of Science, Technology and Sust. Development*, 7(4): 328-340.
- Gupta, S., Satpati, S., Nayek, S., Garal, D. 2010. Effect of wastewater irrigation on vegetables in relation to bioaccumulation of heavy metals and biochemical changes. *Environ Monit. Assess.*, 165: 169-177.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu Ö., Çobanoğlu D. 2004. Ağır metal iyonlarının ( $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Pb}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$ ,  $\text{Cd}^{++}$ ) clivia sp. bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(2): 177-182.
- Haider, F., Gul, S., Hussain, J., Ghorı, S. A., Shahwani, M. N., Murad, M. Kakar, A. M. 2018. Influence of biochar on yield and heavy metal accumulation in roots of Brassica rapa under groundwater and wastewater irrigation. *Sarhad Journal of Agriculture*, 34(2): 418-427
- Haroon, M., Al-Saadi, A.A., Iqbal, M.A. 2021. Comparative exposure assessment of potential health risks through the consumption of vegetables irrigated by freshwater/wastewater: Gujranwala, Pakistan. *Chem. Res. Toxicol.* 34:1417-1429.
- Hayat, M. U., Waqas, A., Ali, S., Farid, R., Ahmad, R., Tauqeer, H. M., Iftikhar, U., Hannan, F. 2015. Determination of lead (Pb), iron (Fe) and manganese (Mn) concentration in sewage water and vegetable leaf samples. *J Microbiol Biotech Food Sci.*, 4(5): 387-392
- Hayta, Ş., Avcil, N. 2019. Bitlis katı atık tesisi çevresindeki *Hypericum scabrum L.*, *Achillea vermicularis Trin.*, *Anchusa azurea Miller var. azurea Gard.* Dict. bitkilerinin ağır metal içeriklerinin belirlenmesi. *BEU Journal of Science*, 8(4): 1533-1544.

Hoek, W.V.D., Hassan, M.U.I., Ensink, J.H.J., Feenstra, S., Raschid-Sally, L., Munir, S., Aslam, R., Ali, N., Hussain, R., Matsuno, Y. 2002. Urban wastewater in Pakistan: A valuable resource for agriculture. IWMI Research Report 63, *IWMI*, 29 s. Colombo.

Hussain, I. M., Qureshi S. A. 2020. Health risks of heavy metal exposure and microbial contamination through consumption of vegetables irrigated with treated wastewater at Dubai, UAE. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 11213-11226

Husseiki, M., Malaeb, M. 2018. Growth components and productivity of eggplants irrigated with treated wastewater. *Lebanese Science Journal*, 19(2): 177-186.

Iqbal, S., Inam, A., Ashfaq, F., Sahay, S. 2017. Potassium and waste water interaction in the regulation of photosynthetic capacity, ascorbic acid and capsaicin in chilli (*Capsicum annuum L.*) plant. *Agricultural Water Management*, 184, 201-210

Iqbal, S., Tak, H. I., Inam, A., Inam, A., Sahay, S., Chalkoo, S. 2015. Comparative effect of wastewater and groundwater irrigation along with nitrogenous fertilizer on growth, photosynthesis and productivity of chili (*Capsicum annuum L.*). *Journal of Plant Nutrition*, 38(7): 1006-1021.

Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B.B., Beeregowda, K.N., 2014. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdiscip toxicol*, 7: 60-70.

Kaçar, B., Katkat, A. V. 2009. Bitki Besleme. *Nobel Yayınları*:849, 659 s., Ankara

Kaçar, B., Ünal, A., 2010. Bitki Analizleri. *Nobel Yayınları*: 1241, 912 s., Ankara.

Kafadar, F.N., Saygıdeğer, S. 2010. Gaziantep ilinde organize sanayi bölgesi atık suları ile sulanan bazı tarım bitkilerinde kurşun (Pb) miktarlarının belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 19: 41-48.

Kafadar, N. F. 2010. Gaziantep ili ve çevresinde atık su ile sulanan bazı tarımsal alanlardan alınan bitki örneklerinde kadmiyum ve kurşun birikimi ile bu birikime bağlı olarak oluşan fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin incelenmesi. *Doktora Tezi*, GAÜN. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı, Gaziantep.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2007. Metallerin Çevresel Etkileri – I. (erişim adresi: [www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136\\_4753.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf), (Erişim tarihi: 04.02.2022)

Kaplan, B. G. 2019. Patlıcanda (*Solanum melongena L.*) aşı kombinasyonlarının bazı biyokimyasal bileşimler üzerine etkisi. *Doktora Tezi*, AÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Ankara.

Karaağaç, Ö., Balkaya, A. 2010. Bafra kırmızı biber populasyonlarının (*Capsicum annuum* L. var. *Conoides* (Mill.) Irish) tanımlanması ve mevcut varyasyonun değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, 25(1): 10-20.

Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Daccache, A., Mounzer, O., Roupael, Y., 2006. Water use and lint yield response of drip irrigated cotton to the length of irrigation season. *Agric. Water Manage*, 85: 287-295.

Karam, F., Saliba, R., Skaf, S., Breidy, J., Roupael, Y., Balendonck J. 2011. Yield and water use of eggplants (*Solanum melongena* L.) under full and deficit irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 98(8): 1307-1316

Keser, B. 2021. Yerli ve hibrit biberlerde (*Capsicum annuum* L.) farklı gübreleme uygulamalarının fitokimyasal içeriğe etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, ADÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Aydın.

Khan, Z.I., Nisar, A., Ugulu, I., Ahmad, K., Wajid, K., Bashir, H., Doğan, Y. 2019. Determination of cadmium concentrations of vegetables grown in soil irrigated with wastewater: evaluation of health risk to the public. *Egypt. J. Bot.*, 59(3): 753-762

Kılıç, F., Calam, T. T. 2020. Kırmızı kalya biberlerin (*Capsicum annuum* L.) kurutma ve rehidrasyon kinetiklerinin belirlenmesi, kurutma işleminin termodinamik analizi. *DEÜ FMD.*, 22(65): 331-342

Kılıç, O., Çopur, O.U., Görtay, S. 1991. Fruit and vegetable processing technology guide of practice. *Uludağ University, Faculty of Agriculture Lesson 7*, p.143.

Kitiş, M., Yiğit, N.Ö., Köseoğlu, H., Bekaroğlu, Ş.Ş. 2009. Su ve atıksu arıtımında ileri arıtma teknolojileri-arıtılmış atıksuların geri kullanımı. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Görevlisi Eğitimi Ders Notları, 63s.

Kiziloglu, F., Turan, M., Sahin, U., Kuslu, Y., Dursun A. 2008. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *rubra*) grown on calcareous soil in Turkey. *Agricultural water management*, 95(6): 716-24.

Korkutata, N., F., Kavaz, A. 2013. Güneydoğu Anadolu bölgesinde yetiştirilen kırmızı acı biber populasyonlarının (*Capsicum Annum* L.) bazı kalite parametreleri. *Akademik Gıda*, 11(1): 53-58

Kritchevsky, S. B. 1999.  $\beta$ -Carotene, carotenoids and the prevention of coronary heart disease. *Journal of Nutrition*, 129: 5-8

Kunt, M., Gürbüzler, B., Erkal, F. İ., Hacıhasanoğlu, S., Özer, E. 2016. Türkiye çevre durumu raporu. *Sar Matbaa Yayıncılık*, 318 s. Ankara.

Lal, N. ve Srivastava, N. 2010. Chapter 17 phytoremediation of toxic explosives. *Springer*, 383-397.

Leblebici, Z., Kar, M. 2018. Heavy metals accumulation in vegetables irrigated with different water sources and their human Daily intake in Nevşehir. *J. Agr. Sci. Tech.*, 20: 401-415.

Lefsrud, M.G., Kopsell, D.A., Kopsell, D.E. 2007. Nitrogen levels influence biomass, elemental accumulations and pigment concentrations in spinach. *Journal of Plant Nutrition*, 30(2): 171-185.

Lente, I., Ofosu-Anim, J., Brimah, A. K., Atiemo, S. 2014. Heavy metal pollution of vegetable crops irrigated with wastewater in Accra, Ghana. *West African Journal of Applied Ecology*, 22(1): 41-58.

Likuku, A.S., Obuseng, G. 2015. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of vegetables irrigated with treated wastewater around Gaborone, Botswana. *PMES.*, 32-37.

LópezCamelo, A.F., Gomez, P. 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*, 22(3): 534-537.

Ma, L., Lin, X. M. 2010. Effects of lutein and zeaxanthin on aspects of eye health. *J Sci Food Agric*, 90: 2–12.

Makkaew, P., Miller, M., Fallowfield, H.J., Cromar, N. J. 2016. Microbial risk in wastewater irrigated lettuce: comparing *Escherichia coli* contamination from an experimental site with a laboratory approach. *Water Sci Technol.*, 74(3): 749-755.

Mensah, E., Kyei-Baffour, N., Ofori, E., Obeng, G. 2009. Influence of human activities and land use on heavy metal concentrations in irrigated vegetables in Ghana and their health implications. *Appropriate Technologies for Environmental Protection in the Developing World*, 9-14

Mohammadi, A.A., Zarei, A., Esmailzadeh, M., Taghavi, M., Yousefi, M., Yousefi, Z., Sedighi, F., Javan, S. 2020. Assessment of heavy metal pollution and human health risks assessment in soils around an industrial zone in Neyshabur, Iran. *Biol Trace Elem Res.*, 195(1):343–352.

Montoya-Garcia, O.C., Volke-Haller, H.V., Trinidad-Santos, A. and Villanueva-Verduzco, C. 2018. Change in the contents of fatty acids and antioxidant capacity of purslane in relation to fertilization. *Scientia Horticulturae*, 234: 152-159

Morais, S., Costa, F.G., Pereira, M.L. 2012. Heavy Metals and Human Health. *Environmental Health - Emerging Issues and Practice*, 227-246.

Nowwar, A.I., Farghal, I.I, Ismail, M.A., Amin, M.A. 2022. Biochemical changes on jute mallow plant irrigated with wastewater and its remediation. *Egyptian journal of chemistry*, 65(8): 267-281

Okçu, M., Tozlu, E., Kumlay, M. A., Pehlivan, M. 2009. Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alinteri*, 17(B):14-26.

Okoro, H.K., Ige, J.O., Iyiola, O.A., Ngila, J.C. 2017. Fractionation profile, mobility patterns and correlations of heavy metals in estuary sediments from olonkoro river, in tede catchment of western region, Nigeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 8: 53-62.

Oliveria, L.M., Das, S., Silva, E.B., Gao, P., Gress, J., Liu, Y., Ma, L.Q. 2018. Metal concentrations in traditional and herbal teas and their potential risks to human health. *Sci. Total. Environ*, 633: 649-657ç

Omoni, A.O., Aluko, E. 2005. The anticarcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review. *Trends Food Sci Technol*, 16: 344–50.

Özdikmenli, S., Demirel Zorba, N.N. 2015. Közlenmiş kırmızı biber (kapy) konservesi üretiminde gıda güvenliği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1): 55-64.

Özkan, S. 2019. Bazı turşuluk hıyar çeşitlerinde atık sularla sulamanın verim, kalite ve ağır metal içerikleri üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa.

Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U. 2006. Atıksu Arıtımının Esasları Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü. *Çevre ve Orman Bakanlığı.*, 450 s., Ankara.

Özyürek, F. 2016. Nevşehir’de farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzelerde ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) birikimi. *Yüksek Lisans Tezi*, NEVÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Nevşehir.

Palace, V. P., Khaper, N., Qin, Q., Singal, P. K. 1999. Antioxidant Potentials of Vitamin A and Carotenoids and Their Relevance to Heart Disease. *Free Radical Biology and Medicine*. 26: 746-761.

Parveen, S., Samad, A., Nazif, W., Shah, S. 2012. Impact of sewage water on vegetables quality with respect to heavy metals in Peshawar Pakistan. *Pak. J. Bot.*, 44(6): 1923-1931.

Polat A. 2013. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği için arıtılan atıksuların yeniden kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1): 58-62.

Qadir, M., Ghafoor, A., Murtaza, G. 2000. Cadmium cuncentration in vegetables grown on urban soils irrigated with untreated municipal sewage. *Environment. Development and Sustainability*, 2: 11-19.

- Quansafi, S., Bellali, F., Kabine, M., Maaghloud, H., Abdelilah, F. 2021. Growth, SDH activity and microbiological properties of aubergine (*Solanum melongena* L.) crops irrigated with treated wastewater from Casablanca city, Morocco. *Int J Plant Anim Environ Sci.*, 11(1): 206-220.
- Rao, A.V., Rao, L.G. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacol Res.*, 55: 207–16.
- Raven, J.A., Evans M.C.W., Korb R.E. 1999. The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O<sub>2</sub>- evolving organisms. *Photosynth. Res.*, 60: 111-49.
- Rehman, K., Ashraf, S., Rashid, U., İbrahim, M., Hina, S., İftikhar, T., Ramzan, S. 2013. Comparison of proximate and heavy metal contents of vegetables grown with fresh and wastewater. *Pak. J. Bot.* 45(2): 391-400.
- Rehman, Z.U., Khan, S., Shah, M.T., Brusseau, M.L., Khan, S.A., Mainhagu, J. 2018. Transfer of heavy metals from soils to vegetables and associated human health risks at selected sites in Pakistan. *Pedosphere*. 28(4): 666–679.
- Sahay, S., Inam, A., Iqbal, S. 2020. Risk analysis by bioaccumulation of Cr, Cu, Ni, Pb, and Cd from wastewater-irrigated soil to *Brassica* species. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17: 2889-2906
- Salgot, M., Verge, C., Angelakis, A.N. 2003. Risk assessment in wastewater recycling and reuse. *Water Sci. Technol*, 3(4): 301-309.
- Samsunlu, A. 2006. Atık Suların Arıtılması. *Birsen Yayınevi*, 647 s., İstanbul.
- Sanchez, F.J., Andres, E.F., Tenorio, J.L., Ayerbe, L. 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Res.*, 86:81-90.
- Satarug, S., Nishijo, M., Ujjin, P., Vanavanitkun, Y., Moore, M.R. 2005. Cadmium-induced nephropathy in the development of high blood pressure. *Toxicol Lett.*, 157:57–68.
- Septembre-Malaterre, A., Remizeb, F., Pouchereta, P. 2018. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Research International*, 104: 86-99.
- Sestak, Z., Catsky, J., Jarvis, P. 1971. Plant Photosynthetic Production. Manual of Methods. *Dr Junk Publishers*, 818 s., Netherlands.
- Sezgin D, Varol Ç 2012. Ankara’ daki Kentsel Büyüme ve Saçaklanmanın Verimli Tarım Topraklarının Amaç Dışı Kullanımına Etkisi. *METU JFA.*, 29(1):273-288.



- Sharma, R. K., Agrawal, M., Marshall, F. 2007. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66:258-266.
- Sharma, S., Kaur, J., Nagpal, A. K., Kaur, I. 2016. Quantitative assessment of possible human health risk associated with consumption of arsenic contaminated groundwater and wheat grains from Ropar Wetland and its environs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(9), 506.
- Singh, D., Patel, N., Patra, S., Singh, N. 2020. Growth and yield of cauliflower under surface and subsurface drip irrigation with primarily treated municipal wastewater in a semi-arid peri-urban area. *Current Science*, 119(8): 1357-1363
- Singh, T., Ravi Kumar, V., Bhavani, N. L., Pravallika, D., Roja, K. ve Pravallika, V. 2016. In vitro insecticidal activity of *Solanum melongena*. *Ejpmr*, 3(5): 420-422.
- Singletary, K. 2011. Red Pepper; Overview of potential health benefits. *Nutrition Today*, 46(1): 33-47.
- Tarantino, E., Disciglio, G., Gatta, G., Libutti, A., Frabboni, L., Gagliardi, A., Tarantino, A. 2017. Agro-industrial treated wastewater reuse for crop irrigation: implication in soil fertility. *Chemical Engineering Transactions*, 58:679-684.
- Tavares, F. B., Silva A. C. R., Fernandes, C. dos S., Moura, K. K. C de F., Travassos K. D. 2019. Growth and yield of bell pepper using treated sewage water. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 13(5): 3683-3690
- Thapliyal, A., Vasudeyan, P., Dastidar, G. M., Tandon, M., Mishra, S. 2013. Effects of irrigation with domestic wastewater on productivity of green chili and soil status, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(15): 2327-2343.
- Thornton-Wood, S. 2007. History and iconography of eggplant. *Chronica Horticulture*, 47(3): 16-22
- Topal, E.I.A., Topal, M., Öbek, 2022. Assessment of heavy metal accumulations and health risk potentials in tomatoes grown in the discharge area of a municipal wastewater treatment plant. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(2): 393-405.
- Torabian, A. 2010. Effect of urban treated sewage on yield and yield components of sweet pepper. *Plant Eco-physiology* 2, 97-102.
- Toze, S. 2006. Reuse of Effluent Water-Benefits and Risks. *J. of Agricultural Management*, 80:147-159.
- Tunç T., Sahin U. 2016. Red cabbage yield, heavy metal content, water use and soil chemical characteristics under wastewater irrigation. *Environ Sci. Pollut. Res.*, 23: 6264-6276

Tunç, T., Sahin, U. 2017. Yield and heavy metal content of wastewater-irrigated cauliflower and soil chemical properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 48(10): 1194-1211.

Turhan, A., Özmen N. 2021. Influence of chloride on growth, druit yield and quality parameters of processing pepper. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 24 (6): 1139-1144.

TÜİK, 2020). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=cevre-ve-enerji-103&dil=1> (Erişim tarihi 16.07.2022)

TÜİK, 2021.Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>(Erişim tarihi 24.05.2022)

Tzortzakos, N., Saridakis, C., Chrysargyris N. 2020. Treated wastewater and fertigation applied for greenhouse tomato cultivation grown in municipal solid waste compost and soil mixtures. *Sustainability*, 12: 4287.

UN-HABITAT, 2008. State of the World's Cities 2008/2009-Harmonious Cities. 224s.

Urbano, V.R., Mendonça, T.G., Bastos, R.G., Souza, C.F. 2017. Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. *Agricultural Water Management*, 181: 108-115

Üstün, E.G., Solmaz, S. K. A. 2007. Bir organize sanayi bölgesi atıksu arıtma tesisinden çıkan atıksuların tarımsal amaçlı sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması. *Ekoloji Dergisi*, 15(62): 55-61.

Verma, A., Gaharwar, U.S., Priyadarshini, E., Rajamani, P. 2022. Metal accumulation and health risk assessment in wastewater used for irrigation around the Agra Canal in Faridabad, India. *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 8623-8637.

Voica, C, Kovacs, M.H, Dehelean, A, Rıstoıu, D, Iordache, A. 2012. Icp-ms determinations of heavy metals in surface waters from Transylvania. *Romanian Journal of Physics.*, 57(7-8): 1184–1193.

Wada, Y., Flörke, M., Hanasaki, N., Eisner, S., Fischer, G., Tramberend, S., Satoh, Y., van Vliet, H.T.M., Yillia, P., Ringler, C., Burek, P., Wiberg, D. 2016. Modelling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. *Geoscience Model Development*, 9:175-222.

Weatherley, P. E. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytol.*, 49: 81-97.

WWAP. 2018. UN- Water (2018) The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water. UNESCO, Paris, 1-139.

Yaldız, G. 2008. Farklı süs biberi (*Capsicum sp.*) Tür ve hatlarında verim ve kalite özellikleri ile optimal kurutma yöntem ve parametrelerinin saptanması. *Doktora Tezi*, ÇÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.

Yenigün, S. D. 2019. Patlıcan yetiştiriciliğinde damla sulama uygulamalarının verim, verim parametreleri ve topraktaki tuz dağılımına etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, NKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü., Tüfenkçi, Ş. 2020. Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9:103-114.

Yılmaz, N., Çavuşoğlu, Ş. 2018. Modifiye atmosfer koşullarında depolanan patlıcanlarda (*Solanum melongena*) metil jasmonat uygulamalarının meyve kalitesi üzerine etkileri. *EJONS.*, 3:192-212s.

Zavadil, J., 2009. The Effect of municipal wastewater irrigation on the yield and quality of vegetables and crops. *Soil and Water Res.*, 4(3), 91-103.

Zheljazkov, V.D. ve Nielsen N.E., 1996. Effect of Heavy Metals on Peppermint and Commint. *Plant and Soil*. 178 (1): 59-66

Zino S, Skeaff M, Williams S, Mann J. 1997. Randomised controlled trial of effect of fruit and vegetable consumption on plasma concentrations of lipids and antioxidants. *BMJ.*, 314: 1787– 1791.