



T.C.  
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TURP MİKROYEŞİLLİKLERİNDE  
*SALMONELLA ENTERICA* TYPHIMURIUM ve  
*ESCHERICHIA COLI* O157:H7'NİN KLORLU  
SU İLE SPREY SULAMA SIRASINDA  
DEZENFEKTE EDİLMESİ

Zeynep AYTEMİŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Güvenliği Anabilim Dalı

Ocak-2021  
MUŞ  
Her Hakkı Saklıdır



T.C.  
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TURP MİKROYEŞİLLİKLERİNDE  
*SALMONELLA ENTERICA* TYPHIMURIUM ve  
*ESCHERICHIA COLI* O157:H7'NİN KLORLU  
SU İLE SPREY SULAMA SIRASINDA  
DEZENFEKTE EDİLMESİ

Zeynep AYTEMİŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Zeynal TOPALCENGİZ

Ocak-2021  
MUŞ  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ KABUL ve ONAYI

Zeynep AYTEMİŞ tarafından hazırlanan ‘‘Turp Mikroyeşilliklerinde *Salmonella enterica* Typhimurium ve *Escherichia coli* O157:H7’nin Klorlu Su ile Sprey Sulama Sırasında Dezenfekte Edilmesi’’ adlı tez çalışması 20/01/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı / oy okluğı ile Muş Alparslan Üniwersitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Güvenliğı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Dr. Öğretim Üyesi Nurullah DEMİR,  
Bingöl Üniversitesi,  
Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu,  
Gıda İşleme

.....

#### Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Zeynal TOPALCENGİZ  
Muş Alparslan Üniversitesi,  
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
Gıda Mühendisliğı

.....

#### Üye

Dr. Öğretim Üyesi Necattin Cihat İÇYER  
Muş Alparslan Üniversitesi  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi  
Gıda Mühendisliğı

.....

Yukarıdaki sonuç;  
Enstitü Yönetim Kurulu ...../...../..... Tarih ve ...../..... nolu kararı  
ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Sedat Bozarı  
FBE Müdürü

Bu tez alıŐması Muş Alparslan Üniversitesi-Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından BAP-20-MMF-4902-01 nolu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

İmza

Zeynep AYTEMİŞ

Tarih:

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### TURP MİKROYEŞİLLİKLERİNDE *SALMONELLA ENTERICA* TYPHIMURIUM ve *ESCHERICHIA COLI* O157:H7'NİN KLORLU SU İLE SPREY SULAMA SIRASINDA DEZENFEKTE EDİLMESİ

Zeynep AYTEMİŞ

Muş Alparslan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Zeynal TOPALCENGİZ

Mikroyeşillikler endüstriyel ve ev tipi üretimde son dönemlerin trendi haline gelmektedir. Mikroyeşillikler; çeşitli sebze, tahıl ve bitki tohumlarının çimlenerek ilk gerçek yapraklarının oluşumundan sonra 1-3 inç uzunluğuna ulaştıklarında hasat edilen mikro boyutlardaki yeşilliklerdir. Bu çalışmanın amacı, hasattan önce klorlu suyun sprey uygulamasının, *Salmonella enterica* Typhimurium ve *Escherichia coli* O157:H7 popülasyonu üzerindeki turp mikroyeşillik üzerindeki etkinliğini belirlemektir. Tohumlar, nalidiksik aside dirençli suşlar ile aşılanmış perlit içine ekilmiştir. Büyüme sırasında, mikroyeşilliklere üç farklı konsantrasyonda (0.50, 1.00 ve 2.00 ± 0.05 ppm serbest klor) klorlu su püskürtülmüştür. Spreyle klorlu su uygulaması mikroyeşilliklere bir kez (9. gün), iki kez (8. ve 9. gün), üç kez (7., 8. ve 9. gün) ve dört kez (6., 7., 8. ve 9. günler) gerçekleştirilmiştir. Aerobik mezofilik bakteri (AMB) popülasyonu ve toplam maya ve küf sayımları (TMKS) da belirlenmiştir. *Salmonella* ve *E. coli* O157:H7 popülasyonları, klor konsantrasyonunun artmasıyla daha düşük tespit edilmiştir. Klorlu su, *Salmonella* ve *E. coli* O157:H7 popülasyonlarını sırasıyla 1.1 log KOB/g ( $P < 0.05$ ) ve 0.9 log KOB/g ( $P > 0.05$ ) 'e kadar azaltmıştır. AMB popülasyonu 1.1 log KOB/g'ye ( $P > 0.05$ ) kadar azalmıştır. Herhangi bir konsantrasyonda TMKS popülasyonu üzerinde hiçbir etki görülmemiştir. Mikroyeşilliklerin büyümesi sırasında klorlu suyun sprey uygulaması mikrobiyal yükü azaltmaya yardımcı olabilir, ancak yalnızca kontrol önlemleri olarak kullanılamaz.

**2021, 56 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Klorlu su, STEC, Jenerik *Escherichia coli*, Hasat öncesi, Aerobik mezofilik bakteri

## ABSTRACT

### MASTER THESIS

# DISINFECTION OF *SALMONELLA ENTERICA* TYPHIMURIUM and *ESCHERICHIA COLI* O157:H7 ON RADISH MICROGREEN DURING SPRAY IRRIGATION WITH CHLORINATED WATER

Zeynep AYTEMİŞ

Muş Alparslan University  
Natural and Applied Science  
Food Safety Program

Advisor: Assist. Prof. Zeynal TOPALCENGİZ

Microgreens have become a recent trend in industrial and household production. They are micro-sized greens harvested when the seeds of various vegetables, grains and plants germinate and reach 1-3 inches long after the formation of their first true leaves. The purpose of this study was to determine the efficacy of spray application of chlorinated water before harvest on population of *Salmonella enterica* Typhimurium and *Escherichia coli* O157:H7 on radish microgreen. Seeds were sow in perlite inoculated with nalidixic acid resistant strains. During growth, microgreens were sprayed with chlorinated water at three different concentrations (0.50, 1.00, and 2.00 ± 0.05 ppm free chlorine). Spray application of chlorinated water was performed on microgreens once (day 9), twice (day 8 and 9), three (day 7, 8, and 9) and four times (day 6, 7, 8, and 9). The population of aerobic mesophilic bacteria (AMB) and total yeast and mold counts (TYMC) were also determined. *Salmonella* and *E. coli* O157:H7 populations were detected lower with the increase of chlorine concentration. Chlorinated water reduced *Salmonella* and *E. coli* O157:H7 populations up to 1.1 log CFU/g ( $P < 0.05$ ) and 0.9 log CFU/g ( $P > 0.05$ ), respectively. AMB population decreased up to 1.1 log CFU/g ( $P > 0.05$ ). No effect on population of TYMC was seen at any concentration. Spray application of chlorinated water during microgreen growth may help to reduce microbial load but cannot be used as only control measures.

2021, 56 pages

**Keywords:** Chlorine water; STEC; Generic *Escherichia coli*; Pre-harvest; Aerobic mesophilic bacteria

## ÖNSÖZ

‘Turp Mikroyeşilliklerinde *Salmonella Enterica* Typhimurium ve *Escherichia coli* O157:H7’nin Klorlu Su ile Sprey Sulama Sırasında Dezenfekte Edilmesi’ adlı bu çalışma Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Güvenliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma, Muş Alparslan Üniversitesi-Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından BAP-20-MMF-4902-01 numaralı proje kapsamında finanse edilmiştir. Muş Alparslan Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik laboratuvarlarının sağladığı imkanlardan ötürü, tez çalışmalarım süresince danışmanlığımı üstlenerek, her aşamada bana rehberlik eden hocam Dr. Öğretim Üyesi Zeynal TOPALCENGİZ’e, laboratuvar çalışması sırasında yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Sefa IŞIK’a, Dr. Öğr. Üyesi Harun ÖNLÜ’ye, Öğr. Gör. HASAN IŞIK’a ve bütün hayatım boyunca büyük bir sabır ve ilgi ile beni destekledikleri için aileme en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep AYTEMİŞ  
MUŞ-2021

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>5</b>
2.1. Mikroyeşillik Nedir? .....	5
2.2. Filiz ve Mikroyeşillik Karşılaştırması .....	5
2.3. Kullanım Alanları .....	7
2.4. Ticari Olarak Yetiştirilen Mikroyeşillik Türleri .....	8
2.5. Mikroyeşilliklerin Kimyasal Bileşimleri .....	11
2.5.1. Vitaminler.....	11
2.5.2. Mineraller .....	12
2.5.3. Karotenoidler.....	13
2.5.4. Polifenoller ve glukosinolatlar .....	14
2.5.5. Kuru ağırlık .....	14
2.6. Sağlığa Faydaları .....	14
2.7. Mikroyeşillik Üretimi .....	18
2.7.1. Mikroyeşillik ekimi ve hasadı .....	19
2.8. Büyüme Koşulları ve Mikroyeşilliklerin Büyüme ve Besin İçerikleri Üzerine Etkisi .....	22
2.8.1. Tohum ekim oranı .....	22
2.8.2. Gübreler.....	23
2.8.3. Işık dozu .....	23
2.9. Mikroyeşilliklerin Gıda Güvenliği.....	24
2.9.1. Mikroyeşilliklerin muhafazası.....	24
2.9.2. Gıda güvenliği açısından irdelenmesi .....	25
2.9.3. Klorun dezenfektan olarak kullanımı .....	28
2.10. Gelecekteki Yenilikçi Yaklaşımlar .....	30
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>31</b>



3.1. Materyal .....	31
3.1.1. Yetiştirilen mikroyeşillik türleri .....	31
3.1.2. Kullanılan bakteri suşları .....	31
3.1.3. Bitki yetiştirme ortamı .....	31
3.1.4. Kullanılan bitki yetiştirme odası .....	32
3.2. Yöntem.....	32
3.2.1. Örneklerin aşılama hazırlanması .....	33
3.2.2. Aşılama ve tohumlama .....	33
3.2.3. Mikroyeşillik büyüme .....	34
3.2.6. Klorlu su solüsyonlarının hazırlanması ve uygulanması.....	34
3.2.7. Hasat ve mikrobiyolojik analiz .....	36
3.2.8. İstatistiksel analiz .....	36
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....</b>	<b>37</b>
4.1. Klorlu Suyun Mikroyeşillikler Üzerine Sprey uygulamasının <i>S. Typhimurium</i> , <i>E. coli</i> O157: H7 ve Jenerik <i>E. coli</i> Üzerine Etkinliği .....	39
4.2. Klorlu Suyun Mikroyeşillikler Üzerine Sprey Uygulamasının Aerobik Mezofilik Bakteriler ve Toplam Maya ve Küf Sayısı Üzerindeki Etkinliği.....	43
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>47</b>
5.1. Sonuçlar .....	47
5.2. Öneriler .....	47
<b>10. KAYNAKLAR .....</b>	<b>48</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>55</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>56</b>

## SİMGELER ve KISALTMALAR

### Simgeler

Bh	: Bohriyum
°C	: Santigrat Derece
Ca	: Kalsiyum
CaCl <sub>2</sub>	: Kalsiyum klorür
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	: Kalsiyum Nitrat
Cd	: Kadmiyum
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	: Peroksi asetik asit
Cl	: Klor
ClO <sup>-</sup>	: Hipoklorit
ClO <sub>2</sub>	: Klor dioksit
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
H <sup>+</sup>	: Hidrojen
HCl	: Hidroklorik asit
HOCl	: Hipokloröz asit
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	: Hidrojen peroksit
K	: Potasyum
K <sub>2</sub> O	: Potasyum oksit
Mg	: Magnezyum
Mn	: Manganez
Mo	: Molibden
Na	: Sodyum
NH <sub>4</sub>	: Amonyum
NH <sub>2</sub> Cl	: Kloramin
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	: Amonyum Nitrat
NO	: Nitrik oksit
NO <sub>3</sub>	: Nitrat
O <sub>3</sub>	: Ozon
P	: Fosfor
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	: Fosfor pentoksit
Pb	: Kurşun
TiO <sub>2</sub>	: Titanyum dioksit
Zn	: Çinko

### Kısaltmalar

AA	: Askorbik Asit
AICR	: Amerikan Kanser Araştırma Enstitüsü
BPW	: Buffered Peptone Water
BHI	: Brain Heart Infusion Broth
CFU	: Koloni Oluşturan Birim
Cm	: Santimetre
COX2	: Siklooksijenaz-2

CRP	: C-reaktif protein
DAA	: Dehidroksiaskorbik Asit
DGE	: Alman Beslenme Derneği
DIM	: Diindolimetan
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
E	: Etanol
EC	: <i>Escherichia coli</i> Broth
<i>E. coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
ER	: Östrojen reseptör
FAA	: Serbest Askorbik Asit
FBBB	: Fast Blue BB
Fe-DTPA	: Ferro Dietilen Triamin Penta Asetik Asit
FPWG	: Taze Ürün Çalışma Grubu
FW	: Taze Ağırlık
G	: Gram
GAP	: İyi Tarım Uygulamaları
GHP	: İyi Hijyen Uygulamaları
HPS	: Yüksek Basınçlı Sodyum
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
I3C	: İndol-3-Karbinol
KVH	: Kardiyovasküler Hastalık
L	: Litre
LDL	: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
LED	: Işık Yayan Diyot
MAP	: Modifiye Atmosfer Paketleme
Mg	: Miligram
µg	: Mikrogram
miRNA	: MikroRNA
Mm	: Milimolar
MS	: Kütle Spektrometresi
NACMCF	: Gıdalar için Mikrobiyolojik Kriterler Ulusal Danışma Komitesi
NCHS	: Ulusal Sağlık İstatistikleri Merkezi
ncRNA	: Kodlamayan RNA
Nf-κB	: Nükleer Faktör kappa B
OTR	: Oksijen İletim Oranı
PE	: Polietilen
PEITC	: Fenil İzotiyosiyanat
PP	: Polipropilen
PPAR	: Peroksizom Proliferatör-Aktive Reseptör
ROS	: Reaktif Oksijen Türleri
SA	: Sitrik Asit
SIRT1	: NAD-bağımlı deasetilaz sirtuin-1
SMAC	: Sorbitol MacConkey Agar
STEC	: Shiga Toksin Üreten <i>Escherichia Coli</i>
TAA	: Toplam Askorbik Asit
TMAB	: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri
TSA	: Triptik Soy Agar
TSAN	: Nalidiksik Asit Eklenmiş Triptik Soy Agar
TYMC	: Toplam Maya Küf Sayımı
USDA	: Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı

USEPA : Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu  
USFDA : Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi  
WCRF : Dünya Kanseri Araştırma Fonu



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Mikroyeşillik (solda) ve filiz (sağda) .....	6
Şekil 2.2 Bezelye filizi (solda) ve bezelye mikroyeşillikliği (sağda).....	7
Şekil 2.3 Mikroyeşilliklerdeki gerçek yapraklar ve tohum yaprakları .....	7
Şekil 2.4 Ticari olarak yetiştirilen 25 mikroyeşillik türleri .....	10
Şekil 2.5 Evde mikroyeşillik üretimi.....	19
Şekil 2.6 Tohum ekimi.....	21
Şekil 2.7 Mikroyeşilliklerin hasadı.....	23
Şekil 3.1 Çeşitli zamanlar için klorlu su püskürtüldüğünde turp mikroyeşillik fidelerinin boyutları.....	35
Şekil 4.1 Turp mikroyeşilliklerinin büyümesi sırasında çeşitli zamanlar için (1×, 2×, 3×, 4×) çeşitli konsantrasyonlarda (ppm) 0 (■), 0.5 (■), 1.0 (■), 2.0 (■) klorlu su püskürtüldükten sonra Salmonella Typhimurium (A), E. coli O157:H7 (B) ve jenerik E. coli (C) populasyonu (n=4).....	42
Şekil 4.2 Turp mikroyeşilliklerinin büyümesi sırasında çeşitli zamanlar için (1×, 2×, 3×, 4×) çeşitli konsantrasyonlarda (ppm) 0 (■), 0.5 (■), 1.0 (■), 2.0 (■) klorlu su püskürtüldükten sonra Aerobik mezofilik bakteri populasyonu (n=8).....	45
Şekil 4.3 Turp mikroyeşilliklerinin büyümesi sırasında çeşitli zamanlar için (1×, 2×, 3×, 4×) çeşitli konsantrasyonlarda (ppm) 0 (■), 0.5 (■), 1.0 (■), 2.0 (■) klorlu su püskürtüldükten sonra Toplam maya ve küf sayım populasyonu (n=8). .....	46

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1</b> Mikroyeşillik ve filiz karşılaştırması.....	6
<b>Çizelge 2.2</b> Ticari olarak yetiştirilen 25 mikroyeşillik.....	9



## 1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze değişen coğrafi, ekonomik ve sosyal koşullar üretim ve tüketim anlayışlarında değişikliklere neden olmaktadır. Yaşanan bu değişiklikler tüketici toplumunun beslenme alışkanlıklarını da etkilemektedir. İnsanların hayatlarını sürdürebilmelerinde besinler en temel unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan sağlığı açısından bu besin maddelerinin yeterli ve dengeli alınması gereklidir.

Tarım sektörü; çeşitli besin maddelerini üreten ve ürün yelpazesini genişleten hammadde sağlayıcısı olarak alternatifi bulunmayan bir sektördür. Doğan ve ark.'nın (2015) belirttiğine göre tarım sektörü; ülke nüfusunu beslemesinin yanında ürünlerde biyolojik çeşitlilik ve ekolojik dengeye katkılarıyla da önemli bir sektör dalı olarak konumlanmaktadır (Silsüpür, 2011; Doğan ve ark., 2015). Taze meyve ve sebzelere olan talebin artması nedeniyle tarım daha yoğun hale gelmiştir. 20. yüzyıldan günümüze kadar yapılan tarımsal faaliyetler ülkemizin sosyo-ekonomik açıdan gelişimini etkilemektedir. Ülkemizde tarımın geliştirilerek sürdürülebilmesi ve korunması adına çeşitli adımlar atılmaktadır.

İnsanların sağlıklı yaşam, uzun ömürlülük ve daha bilinçli tüketime olan ilgilerinin artmasıyla ürün çeşitliliğinde de artış meydana gelmiştir. Besleyici özelliklerinin yanında duysal ve fonksiyonel özelliklere sahip ürünlere olan talebin artması çeşitliliği bir anlamda gerekli kılmıştır. Bilimin ışığında çeşitli araştırmalar sonucunda ürün çeşitliliğine yeni ürünler eklenmektedir.

Günümüz trendlerinden mikroyeşillikler yeni bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Endüstriyel ve ev tipi üretimi gittikçe artan mikroyeşillikler son yıllarda popülerlik kazanmış ve mutfakların özel ürünleri haline gelmiştir (Xiao ve ark., 2012). Mikro boyutlarda olmalarına rağmen canlı renk ve doku, hoş tat ve yoğun aromalara sahiptirler. Bu açıdan eklendikleri ürüne yoğun lezzet ve etkileyici bir sunum sağlarlar. İngilizce 'microgreen' diye adlandırılan mikroyeşillikler değişik kaynaklarda 'mikrofilizler', 'bebek yeşillikleri' veya 'mikro sebzeler' olarak da belirtilmektedir. Tohumdan oluşan ilk çimlenmiş yapıya da 'sprout' yani 'filiz' denir. Sproutlar gerçek yaprak içermeyen tomurcuk halindedirler. Mikroyeşillikler; çeşitli sebze, bitki veya tahıl tohumlarının çimlenmesinden sonra ilk gerçek yapraklarının oluşmasıyla toplanan yeşilliklerdir. İlk

gerçek yapraklarının oluşup 2,5-7,6 cm (1-3 inç) yüksekliğine ulaştıklarında köklerin hemen üstünden hasat edilirler (Xiao ve ark., 2012).

ABD Tarım Bakanlığı (USDA) verilerine göre ilk kez 1980'lerde menülerde yer almaya başlamış son yıllarda daha yaygın hale gelmiştir (Treadwell ve ark., 2010). Mikroyeşillik yetiştiriciliği başta seracılar, sebze ve meyve fidanları üreticileri, restoran işletmecileri, ev kadınları olmak üzere çoğu kişinin ilgi alanına girmektedir ve yeni ekonomik fırsatlar sunan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Evsel üretim dışında ticari olarak üretilen mikroyeşillikler restoran işletmecilerine veya lüks marketlere pazarlanmaktadır (Treadwell ve ark., 2010). Genellikle yemeklerde, çorbalarda, salatalarda, garnitürlerde ve tatlılarda; renk, doku, tat ve lezzeti geliştirmek amacıyla kullanılırlar (Choe ve ark., 2018).

Ticari olarak 25 çeşit mikroyeşillik üretilmektedir. Bunlar; roka, boğa kan pancarı, kereviz, Çin gül turp, kişniş, garnet amaranth (horozibiği), altın bezelye dalları, yeşil fesleğen, yeşil daikon turp, macenta ıspanağı (kırmızı ıspanak), mizuna, opal fesleğen, opal turp, bezelye dalları, tere, patlamış mısır sürgünleri, alabaş, mor hardal, kırmızı pancar, kırmızı lahana, kırmızı hardal, kırmızı orach (dağ ıspanağı), kırmızı kuzukulağı, kuzukulağı, wasabi'dir (Xiao ve ark., 2012).

Son yıllarda artan hastalıklara bağlı olarak toplumun sağlıklı yaşama dair bilinci gittikçe artmaktadır. Bu bilincin artmasıyla insanlar besleyici özelliklerinin yanı sıra nütrosötik etkili yani hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde olumlu etkileri olan gıdaların tüketimine yönelmektedirler. Sebze ve meyveler beslenmede kritik öneme sahiptirler. Besleyici öğelerin kaynakları oldukları kadar hastalıkların önlenmesinde de etkili bileşenlerin kaynağını teşkil ederler. Vitamin, mineral, diyet lifi, ve diğer fitokimyasal bileşikler açısından zengindirler (Xiao ve ark., 2016). Yapılan epidemiyolojik ve klinik çalışmalar göstermektedir ki meyve ve sebzeler kardiyovasküler hastalıklar, kanserler, osteoporoz, tip 2 diyabetes mellitus, obezite ve katarakt gibi bazı kronik hastalıkların ortaya çıkmasını engellemektedir (Boeing ve ark., 2012). Meyve ve sebze bileşenlerini içeren bir konsantre ürün olarak karşımıza çıkan mikroyeşilliklerin içerdikleri komponentleri göz önüne aldığımızda sağlığa etkileri yadsınamaz bir gerçektir. Mikroyeşillikler vitamin, mineral ve lif içeriğinin yanı sıra antioksidan, iz elementler, fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşenleri de içerirler (Janovská ve ark., 2010). Kimyasal kompozisyonları



hakkında mevcut çalışmalar sınırlı olup bu sınırlı çalışmaların bazılarına göre genç filizlerin vitamin, mineral ve diğer biyoaktif bileşik miktar ve çeşitliliği aynı türün olgun filizlerine oranla daha yüksek tespit edilmiştir (Xiao ve ark., 2012). Yapılan çalışmalar ışığında mikroyeşilliklerce zengin bir diyetle beslenilmesinde bahsedilen hastalıkların önlenebileceği düşünülmektedir.

Üretimi gittikçe yaygınlaşan mikroyeşillikler hem evsel hem de ticari ölçekte yetiştirilmektedir. Ev tipi üretimde mikroyeşillikler az miktarlarda yetiştirildiği için nispeten kolaydır ve saksıda ya da plastik yayvan kaplarda üretilebilir. Ancak bazı faktörlerden dolayı ticari üretim evsel üretime göre daha zordur. Ticari olarak daha büyük ölçekte üretim yapılmaktadır. Mikroyeşillikler üretim kapasitesine bağlı olarak açık havada, korumalı ortam ve iç mekânda üretilebilir. Topraklı ortamlarda yetiştirilebildiği gibi hidroponik (topraksız) ortamlarda da yetiştirilebilir. Hidroponik ortamlardan turba, vermikülit, perlit, torf, hindistan cevizi lifi ve diğerleri ile birçok karışım başarıyla kullanılmıştır (Treadwell ve ark., 2010).

Mikroyeşillikler; çeşitli besin bileşenlerini taşımaları, sağlığa faydalı olmalarının yanında yetiştirilen olgun türlerinden daha kolay ve kısa sürede (7-21 gün) yetişmesi, üretimde gübre, böcek ilacı gerektirmemesi, olgun türlerine oranla daha az su ihtiyacının olması, hasadının kolay olması ve taşınması için büyük bir enerjiye gereksinim olmaması gibi pek çok avantaj sağlar (Weber, 2017). Yapılan bazı çalışmalarda mikroyeşilliklerin olgun türlerine oranla besin bileşenlerini daha fazla miktarda içerdikleri tespit edilmiştir (Xiao ve ark., 2012). Ancak mikroyeşilliklerin yetiştiği ortam şartları besin içerikleri üzerinde etkili faktörlerdir. Bu faktörler; tohum ekim oranı, gübreler ve ışık dozu olarak irdelenmiştir.

Mikroyeşillikler; sahip oldukları canlı renk, zengin aroma, lezzet ve biyoaktif bileşenlerle tüketicilerin ilgisini çekmektedir ancak mikroyeşilliklerin raf ömürlerinin kısa olması ticari üretimi sınırlayan bir faktördür. Mikroyeşilliklerin hassas ve tam olgunlaşmamış doku yapısı, hasat sonrası solunumlarının devam etmesi ve olası bir mikrobiyal kontaminasyon gibi çeşitli faktörler raf ömürlerini sınırlandırmaktadır (Artés ve ark., 2009). Hasat sırasında mikroyeşilliklerin mekanik zedelenmesini minimuma indirmek, hasattan sonra hızlı bir şekilde soğutma, uygun koşullarda depo ve ambalajlama uygulamaları neticesinde oluşabilecek kalite kaybı da önlenabilir. Artan talebe

yönelik mikroyeşilliklerin muhafaza sürelerinin uzatılması için ambalaj ve hasat sonrası depo koşullarının optimal seviyesinin belirlenmesi önem kazanmakta ve bu kapsamda yapılan çalışmaların sayısı da gittikçe artmaktadır (Mir ve ark., 2017).

Mikroyeşillikler ve filizler genellikle çiğ olarak tüketildiklerinden üretimde kullanılacak suyun kirlenmesi, ekipmanların ve görevli personellerin yetersiz hijyeninden kaynaklı olası bir çapraz kontaminasyonda gıda kaynaklı hastalıklarda potansiyel risk unsurlarıdır. Mikroyeşillik kaynaklı bir zehirlenme vakası bildirilmemesine karşın filizlerden kaynaklanan hastalıklar göz önüne alındığında mikroyeşilliklerle ilgili endişeleri de akla getirmektedir. Patojenler tarafından kirlenen tohumların çimlenen filizlerden mikroyeşilliklerin tüketilen kısımlara aktarımı ile ilgili çalışmalarla bu endişeler gittikçe artmaktadır. Bu açıdan bakıldığında iyi tarım uygulamaları (Good Agricultural Practices) ve iyi işleme uygulamaları (Good Handling Practices), mikroyeşillik ve filizlerin diğer çiğ olarak tüketilen gıdalarla benzer gıda güvenliği riskleriyle karşı karşıya kalmasını önlemek için daha da önem kazanmaktadır (Riggio ve ark., 2019; Işık ve ark., 2020).

Mikroyeşillik endüstrisi; artan tüketici talebiyle gittikçe büyüyen ve gelecekteki araştırmalar için büyük bir potansiyel sunan bir alandır. Üretimde verimin ve pazarlanabilirliğin artırılması bu endüstrinin daha da ilerlemesini sağlayacaktır. İlerde yapılacak araştırmaların; mikroyeşilliklerin kalitelerinin maksimum düzeyde korunarak muhafaza sürelerinin uzatılması, filiz ve mikroyeşillik kaynaklı gıda zehirlenmelerini önlemek için çiftlikten çatala kadar geçen süreçte gerekli tedbirlerin detaylıca belirlenmesi adına öncülük etmesi beklenmektedir. Bu tezde; tohumun çimlenmesiyle oluşan, gerçek yaprak içermeyen yapılar 'filiz', tohumdan çimlenerek oluşan ilk gerçek yaprakları içeren yapılardan da 'mikroyeşillikler' olarak bahsedilmektedir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1 Mikroyeşillik Nedir?

Mikroyeşillikler; çeşitli sebze, bitki veya tahıl tohumlarının çimlenmesinden sonra ilk gerçek yapraklarının oluşmasıyla toplanan yeşilliklerdir (Xiao ve ark., 2012). Mikro boyutlarda olmalarına rağmen canlı renk ve doku, hoş tat ve yoğun aromalara sahiptirler. Bu açıdan eklendikleri ürüne yoğun lezzet ve etkileyici bir sunum sağlarlar. ABD Tarım Bakanlığı (USDA) verilerine göre ilk kez 1980'lerde menülerde yer almaya başlamış son yıllarda daha yaygın hale gelmiştir (Treadwell ve ark., 2010). Mikroyeşilliklere giderek artan ilginin temelinde besleyici ve duyuşal özelliklerinin yanında sağlığa olumlu etkileriyle fonksiyonel gıda özelliğı taşıması da yatmaktadır.

Mikroyeşillikler; ilk gerçek yapraklarının oluşup 2,5-7,6 cm (1-3 inç) yüksekliğine ulaştıklarında köklerin hemen üstünden hasat edilirler (Xiao ve ark., 2012). Mikroyeşillikler vitamin, mineral ve lif içeriğinin yanı sıra antioksidan, iz elementler, fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşenleri de içerirler (Janovská ve ark., 2010). Bazı çalışmalar mikro filizlerin tohum ve olgun türlerine göre daha yoğun tat ve aroma, daha yüksek oranda vitamin, mineral ve biyoaktif bileşenleri içerebileceğini göstermiştir (Xiao ve ark., 2012). Mikroyeşillikler içerdikleri besin bileşenleri açısından konsantre ürün olarak düşünülebilir. Türlerine ve tipik boyutlarına göre kategorilendirilerek piyasada yeni yeşillikler arasında yerlerini almışlardır. Kapaklı kaplarda paketlenmiş mikroyeşilliklerin satış fiyatı kg başına 60-100 Amerikan doları arasında değişmektedir (Treadwell ve ark., 2010).

### 2.2 Filiz ve Mikroyeşillik Karşılaştırması

Filizler ve mikroyeşillikler tam olgunlaşmadan tüketilirler ancak birbirlerinden oldukça farklıdır. Oluşabilecek anlam karmaşasını önlemek amacıyla filiz ve mikroyeşillik arasındaki farklar çeşitli görsellerle aşağıda belirtilmektedir. Mikroyeşillikler; tohumun çimlenerek 7-21 gün arasında değişen sürelerde oluşan gerçek yaprakları içeren yeşilliklerdir. Hem topraklı hem de topraksız (hidroponik) ortamlarda yetiştirilebilirler. Gerçek yaprak oluşumu vardır. Köklerin hemen üstünden hasat edilirler, yaprak ve bir kısım gövde tüketilir ancak kökleri yenmez. Tohumun çimlenmesinden sonra ışığa ihtiyaç duyarlar (Mir ve ark., 2017; Murphy ve Pill, 2010; Treadwell ve ark., 2010).

Filizler; tohumun 3-5 günde çimlenmesiyle oluşurlar. Topraksız ortamlarda yetiştirilirler. Gerçek yaprak içermeyip sadece tohum yaprakları oluşumu vardır. Kökleri ile birlikte tamamen tüketilirler. Işığa ihtiyaç duymazlar (Treadwell ve ark., 2010; Mir ve ark., 2017). Brokoli, yonca, soya, bezelye, nohut, buğday, arpa, yulaf ve karabuğday gibi bitkilerin filizleri olarak yaygın bir şekilde tüketilmektedir (Yetim ve ark., 2010).

**Çizelge 2.1** Mikroyeşillik ve filiz karşılaştırması

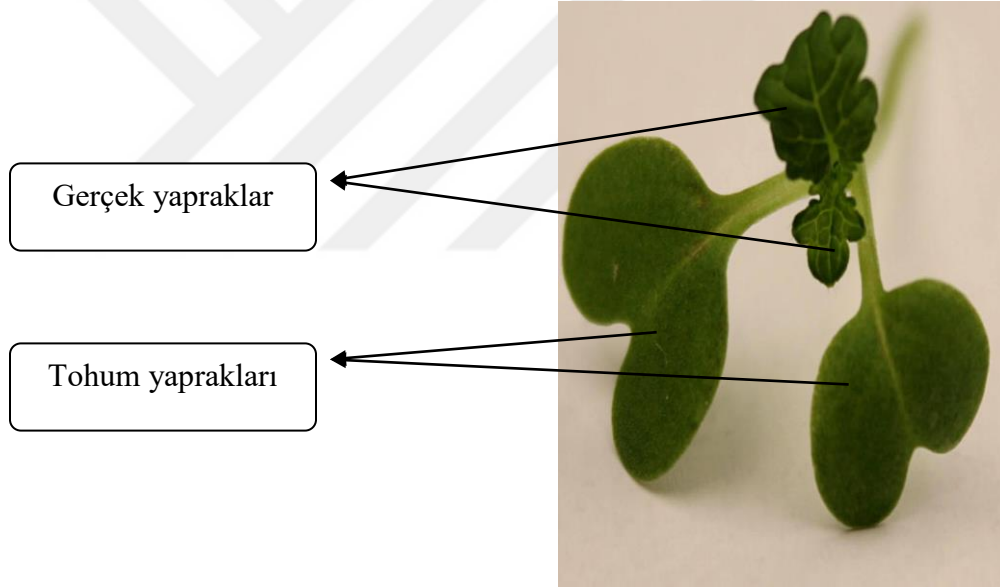
	Mikroyeşillik	Filiz
Yetiştirme süresi (gün)	7-21	3-5
Yetiştirildiği ortam	Topraklı ve topraksız (hidroponik)	Topraksız
Yaprak oluşumu	Gerçek yaprak	Sadece tohum yaprakları
Tüketimi	Kökler haricindeki kısımlar	Tüm kısımlar
Işığa ihtiyaç	Var	Yok
Gübre kullanımı	Gerekebilir	Yok



**Şekil 2.1** Mikroyeşillik (solda) ve filiz (sağda) (Url 1)



Şekil 2.2 Bezelye filizi (solda) ve bezelye mikroyeşillikliği (sağda) (Url 2)



Şekil 2.1 Mikroyeşillikteki gerçek yapraklar ve tohum yaprakları (Url 3)

### 2.3 Kullanım Alanları

Mikroyeşillikler ilk olarak 1980'lerin sonlarında San Francisco, Kaliforniya'da ortaya çıkmıştır (Treadwell ve ark., 2010). Dünyada hızla yaygınlaşan mikroyeşillikler Türkiye'de de ilgi görmeye başlamıştır. Mikroyeşillik yetiştiriciliği başta seracılar, sebze ve meyve fidanları üreticileri, restoran işletmecileri, ev kadınları olmak üzere çoğu kişinin ilgi alanına girmektedir ve yeni ekonomik fırsatlar sunan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Evsel üretim dışında ticari olarak üretilen mikroyeşillikler restoran işletmecilerine veya

lüks marketlere pazarlanmaktadır (Treadwell ve ark., 2010). Genellikle yemeklerde, çorbalarda, salatalarda, sandviçlerde, garnitürlerde ve tatlılarda; renk, doku, tat ve lezzeti geliştirmek amacıyla kullanılırlar. Ayrıca içecekleri, çok çeşitli başka yemekleri veya yeni bir salata malzemesini süslemek için yenilebilir bir garnitür olarak kullanılabilir (Treadwell ve ark., 2010; Chandra ve ark., 2012; Xiao ve ark., 2012; Kou ve ark., 2013; Pinto ve ark., 2015; Renna ve ark., 2017; Choe ve ark., 2018; Riggio ve ark., 2019).

#### **2.4 Ticari Olarak Yetiştirilen Mikroyeşillik Türleri**

En çok üretilen mikroyeşillik türleri; Brassicaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Amarillydaceae, Amaranthaceae ve Cucurbitaceae familyasına ait türlerdir (Kyriacou ve ark., 2016). Ticari olarak 25 çeşit mikroyeşillik üretilmektedir. Bunlar; roka, boğa kan pancarı, kereviz, Çin gül turp, kişniş, garnet amaranth (horozibiği), altın bezelye dalları, yeşil fesleğen, yeşil daikon turp, macenta ıspanağı (kırmızı ıspanak), mizuna, opal fesleğen, opal turp, bezelye dalları, tere, patlamış mısır sürgünleri, alabaş, mor hardal, kırmızı pancar, kırmızı lahana, kırmızı hardal, kırmızı orach (dağ ıspanağı), kırmızı kuzukulağı, kuzukulağı, wasabi'dir (Xiao ve ark., 2012).

**Çizelge 2.2** Ticari olarak yetiştirilen 25 mikroyeşillik (Xiao ve ark., 2012)

Ticari adı	Familya	Cins ve Türler
Roka	Brassicaceae	<i>Eruca sativa</i> Mill.
Boğa kan pancarı	Chenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i> L.
Kereviz	Apiaceae	<i>Apium graveolens</i> L.
Çin gül turp	Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i> L.
Kişniş	Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i> L.
Horoz ibiği	Amaranthaceae	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> L.
Altın bezelye dalları	Fabaceae	<i>Pisum sativum</i> L.
Yeşil fesleğen	Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i> L.
Yeşil daikon turp	Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>longipinnatus</i>
Kırmızı ıspanak	Chenopodiaceae	<i>Spinacia oleracea</i> L.
Mizuna	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>nipposinica</i>
Opal fesleğen	Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i> L.
Opal turp	Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i> L.
Bezelye dalları	Fabaceae	<i>Pisum sativum</i> L.
Tere	Brassicaceae	<i>Lepidium bonariense</i> L.
Patlamış mısır sürgünleri	Poaceae	<i>Zea mays</i> L.
Alabaş	Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>gongylodes</i>
Mor hardal	Brassicaceae	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.
Kırmızı pancar	Chenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i> L.
Kırmızı lahana	Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i>
Kırmızı hardal	Brassicaceae	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.
Dağ ıspanağı	Chenopodiaceae	<i>Atriplex hortensis</i> L.
Kırmızı kuzukulağı	Polygonaceae	<i>Rumex acetosa</i> L.
Kuzukulağı	Polygonaceae	<i>Rumex acetosa</i> L.
Wasabi (Japon turpu)	Brassicaceae	<i>Wasabia japonica</i> Matsum.



Şekil 2.4 Ticari olarak yetiştirilen 25 mikroyeşillik türleri (Xiao ve ark., 2012)



## 2.5 Mikroyeşilliklerin Kimyasal Bileşimleri

Tüketicilerin mikroyeşilliklere olan ilgisi yalnızca lezzet ve duyuşal özellikleri olmayıp aynı zamanda besleyici ve fonksiyonel gıda kapsamında değerlendirilmesini sağlayan bileşenleri de içermesinden kaynaklanmaktadır. Her ne kadar mikroyeşilliklerin yararılı olduğu bilinse de tam fitokimyasal içerikleri hakkında veri mevcut değildir. Kimyasal kompozisyonları hakkında mevcut çalışmalar sınırlı olup bu sınırlı çalışmaların bazılarına göre genç filizlerin vitamin, mineral ve diğer biyoaktif bileşen miktar ve çeşitliliği aynı türün olgun filizlerine oranla daha yüksek tespit edilmiştir (Xiao ve ark., 2012). Kimyasal bileşimlerinin belirlenmesinde ticari olarak üretilen 25 mikroyeşillik türlerine ağırlık verilmiştir.

### 2.5.1 Vitaminler

K vitamini özellikle yeşil yapraklı sebzelerde bol miktarda bulunmaktadır. Yağda çözünen bir vitamin olan K vitamini adını koagülasyon kelimesinin baş harfinden almaktadır ve koagülasyonla önemli bir ilişki bulunmaktadır. K vitamini kanın pıhtılaşmasını sağlar. K vitamini eksikliği, pıhtılaşmayı sağlayan protrombinin karaciğerde sentezini katalizleyen prokonvertin adlı enzimin üretilmemesine neden olur (Bingöl, 1977). K<sub>1</sub> vitamini olarak bilinen fillakinon içeriği, analiz edilen 25 mikroyeşillik arasında 0.6 ile 4.1 µg/g taze ağırlığa (FW) kadar değişmektedir. En yüksek fillakinon içeriği 4.1 µg/g (FW) olarak garnet amaranth'ta tespit edilmiştir. En düşük oranda 0.6 µg/g (FW) olarak macenta ısıpanağında belirlenmiştir (Xiao ve ark., 2012).

Fillakinonu yüksek oranda içeren mikroyeşilliklerin yeşil ve parlak kırmızı renge sahip oldukları, bunun tersine sarı renkli mikroyeşilliklerin ise fillakinonu daha düşük oranlarda içerdiği belirlenmiştir (Xiao ve ark., 2012). USDA verilerine göre amaranth, fesleğen ve kırmızı lahananın olgun türlerinde fillakinon içerikleri sırasıyla 1.14, 0.41 ve 0.04 µg/g (FW) değerlerine sahip olup, aynı çeşitlerin mikroyeşilliklerdeki fillakinon konsantrasyonları (4.09, 3.20 ve 2.77 µg/g FW) daha yüksek tespit edilmiştir (Xiao ve ark., 2012).

Askorbik asit olarak da bilinen C vitamini; limon, portakal, yeşil biber, domates ve diğer meyvelerde yüksek oranlarda bulunmaktadır. Eksikliğinde skorbüt hastalığı meydana gelir (Bingöl, 1977). 25 mikroyeşillikteki toplam askorbik asit (TAA), serbest askorbik asit

(FAA) ve dehidroaskorbik asit (DAA) değerlerinin ölçüldüğü bir çalışmada; bu değerlerden; TAA 20.4 ila 147,0 mg/100 g FW arasında değiştiği belirlenmiştir. Mikroyeşillikler içerisinde TAA değerini en yüksek oranda kırmızı lahana, en düşük oranda ise kuzu kulağı ihtiva etmektedir. USDA verilerine göre kırmızı lahana mikroyeşilliklerindeki C vitamini konsantrasyonu, olgun türlerine göre 6 kat daha yüksek bulunmuştur. Ancak bunlardan altın bezelye dalları ve kuzukulağı gibi mikroyeşilliklerin bazıları düşük oranda TAA içerdiği tespit edilse de genel olarak olgun türlerinden daha fazla TAA değerlerine sahiptirler (Xiao ve ark., 2012).

E vitamini; kuvvetli antioksidan aktiviteye sahip, tokoferol ve tokotrienol formunda doğada bulunan vitamindir. Tokoferol ve tokotrienol için 4 izomer form bulunmaktadır. Bunlar;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ve  $\delta$ 'dir. Bunlardan en yüksek E vitamini aktivitesi gösterenler  $\alpha$  ve  $\gamma$  formudur (Bingöl, 1977). Mikroyeşilliklerden yeşil daikon turpun,  $\alpha$  (87.4 mg/100 g FW) ve  $\gamma$  (39.4 mg/100 g FW) tokoferol değerlerini yüksek oranda içerdiği belirlenmiştir. Yeşil daikon turpu yüksek oranlarda  $\alpha$  ve  $\gamma$  tokoferol değerleriyle kişniş, opal turp ve tere takip etmektedir (Xiao ve ark., 2012).

### 2.5.2 Mineraller

Mineraller; insan beslenmesinde, sağlığın korunmasında çok çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik görevleri olan önemli mikro besinlerdir (Mayer, 1997). Yapılan çalışmalar mikroyeşilliklerin mineral açısından zengin kaynaklar olduklarını göstermektedir. Weber (2017), doğal gübreleme yöntemiyle yetiştirdiği brokoli mikroyeşilliklerinde fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg), manganez (Mn), çinko (Zn), demir (Fe), kalsiyum (Ca), sodyum (Na) ve bakır (Cu) minerallerini olgun türlerine göre 1.15 ile 2.32 kat daha fazla içerdiğini tespit etmiştir.

Brassicaceae familyasının 6 cinsi içinde 10 türü temsil eden 30 mikroyeşillikteki makro ve mikro elementlerin miktarlarının araştırıldığı bir çalışmada tüm mikroyeşillik çeşitlerinde en bol bulunan makro elementler K'un ardından P, Ca, Mg, ve Na olduğu belirlenmiştir. K'u; en yüksek oranda wasabi mikroyeşilliklerinde (387 mg/100 g FW), en düşük oranda da daikon turp (176 mg/100 g FW) mikroyeşilliklerinde, P'u; en yüksek oranda daikon turp (86 mg/100 g FW) mikroyeşilliklerinde, en düşük oranda kırmızı hardal (52 mg/100 g FW) mikroyeşilliklerinde, Ca'u; en yüksek oranda milano lahanası

(98 mg/100 g FW) mikroyeşilliklerinde, en düşük bahçe teresi (39 mg/100 g FW) mikroyeşilliklerinde, Mg'u; en yüksek oranda karnabahar (66 mg/100 g FW) mikroyeşilliklerinde, en düşük oranda kırmızı hardal (28 mg/100 g FW) mikroyeşilliklerinde, Na'u; en yüksek su teresi (68 mg/100 g FW) mikroyeşilliklerinde, en düşük fındık turp (19 mg/100 g FW) mikroyeşilliklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca 30 çeşit mikroyeşilliklerdeki mikro elementlerden Fe, Zn, Cu, Mn, Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb) miktarı analiz edilmiştir. Türlerin tümünde Fe konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Bu mikro elementlerin konsantrasyonları Fe (0.47-0.84 mg/100 g FW), Zn (0.22-0.51 mg/100 g FW), Cu (0.04-0.13 mg/100 g FW) ve Mn (0.17-0.048 mg/100 g FW) aralıklarda değiştiği görülmüştür. Mikroyeşilliklerde ağır toksik metallere olan Cd ve Pb tespit edilmemiştir (Xiao ve ark., 2016).

### 2.5.3 Karotenoidler

Karotenoidler; bitkilere açık sarıdan kırmızıya kadar değişen renkleri veren pigmentlerdir. Antioksidan aktiviteleri bulunmaktadır (Ötleş ve Yeşim, 2011). Bunlardan beta-karoten kırmızı-turuncu renk veren pigment olup A vitaminin öncül maddesidir. Analiz edilen 25 mikroyeşillikten beta-karoteni en yüksek oranda (12.1 mg/100 g FW) kırmızı kuzu kulağı mikroyeşilliklerinin içerdiği tespit edilmiştir. En düşük beta-karoten içeriğine de aynı oranda (0.6 mg/100 g FW) hem patlamış mısır sürgünlerinde hem de altın bezelye dallarında rastlanılmıştır. Kırmızı lahana mikroyeşilliklerinde beta-karoten içeriği 11.5 mg/100 g FW olarak tespit edilirken (Xiao ve ark., 2012), olgun kırmızı lahana yapraklarında daha düşük oranda (0.044 mg/100 g FW) beta-karoten tespit edilmiştir (Singh ve ark., 2006).

Lutein ve zeaksantin yumurta sarısı ve koyu yeşil yapraklı sebzelerde bulunan pigmentlerdir ve göz sağlığı açısından önemlidirler (Ma ve Lin, 2010). Çalışmada test edilen mikroyeşillikler arasında lutein/zeaksantin en yüksek oranda kişnişte (10.1 mg/100 g FW), en düşük lutein/zeaksantin (1.3 mg/100 g FW) patlamış mısır sürgünlerinde tespit edilmiştir. Violaksantin, bitkilerde doğal olarak bulunan pigmenttir. 25 mikroyeşillik arasında en yüksek kişnişte (7.7 mg/100 g FW), en düşük (0.9 mg/100 g FW) patlamış mısır sürgünlerinde tespit edilmiştir (Xiao ve ark., 2012).

### 2.5.4 Polifenoller ve glukosinolatlar

Meyve ve sebzelerde bulunan polifenoller ve glukosinolatlar, kardiyovasküler hastalık (KVH), obezite ve kanserler gibi çeşitli kronik hastalıkların önlenmesinde ilişkisi bulunan biyoaktif bileşik gruplarıdır (Yılmaz ve Demirel, 2012; Del Rio ve ark., 2013). Kırmızı lahanada mikroyeşilliklerinde polifenol (71.01  $\mu\text{mol/g}$ ) ve glukosinolat (17.15  $\mu\text{mol/g}$ ) içeriği olgun kırmızı lahanadaki polifenol (50.58  $\mu\text{mol/g}$ ) ve glukosinolat (8.30  $\mu\text{mol/g}$ ) içeriğinden daha yüksek tespit edilmiştir (Huang ve ark., 2016).

### 2.5.5 Kuru ağırlık

Ticari olarak üretilen mikroyeşilliklerdeki kuru ağırlık yüzdeleri %4.6 ile %10.2 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek kuru ağırlık yüzdesine sahip mikroyeşillik altın bezelye dalları (%10.2) iken en yüksek su içeriğine sahip mikroyeşillik ise kırmızı pancar (%95.4) olarak tespit edilmiştir (Xiao ve ark., 2012).

### 2.6 Sağlığa Faydaları

Son yıllarda artan hastalıklara bağlı olarak toplumun sağlıklı yaşama dair bilinci gittikçe artmaktadır. Bu bilincin artmasıyla insanlar besleyici özelliklerinin yanı sıra nütrosötik etkili yani hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde olumlu etkileri olan gıdaların tüketimine yönelmektedirler. Sebze ve meyveler beslenmede kritik öneme sahiptirler. Besleyici öğelerin kaynakları oldukları kadar hastalıkların önlenmesinde de etkili bileşenlerin kaynağını teşkil ederler. Vitamin, mineral, diyet lifi, ve diğer fitokimyasal bileşikler açısından zengindirler (Xiao ve ark., 2016). Yapılan epidemiyolojik ve klinik çalışmalar göstermektedir ki meyve ve sebzeler kardiyovasküler hastalıklar, kanserler, osteoporoz, tip 2 diyabetes mellitus, obezite ve katarakt gibi bazı kronik hastalıkların ortaya çıkmasını engellemektedir. Bu kronik hastalıkların önlenmesine ilişkin kanıtlanmış verileri değerlendirmek için Alman Beslenme Derneği (DGE) içinde 2006 yılında bir grup oluşturulmuştur ve elde edilen veriler değerlendirilerek 2007 yılında DGE ifadesiyle Almanca olarak yayınlanmıştır (Boeing ve ark., 2012). Meyve ve sebze bileşenlerini içeren bir konsantre ürün olarak karşımıza çıkan mikroyeşilliklerin içerdikleri komponentleri göz önüne aldığımızda sağlığa etkileri yadsınamaz bir gerçektir. Yapılan çalışmaların ışığında

mikroyeşilliklerce zengin bir diyetle beslenilmesinde bahsedilen hastalıkların önlenebileceği düşünülmektedir.

Enflamasyon; diğer adıyla yangı veya iltihaplanma, canlı dokunun canlı veya cansız yabancı etkenlere, iç veya dış yaralanmalara karşı verdiği yanıttır (Nathan, 2002; He ve ark., 2015). İki çeşit enflamasyon aşaması vardır: akut ve kronik enflamasyon. Akut enflamasyon; kısa bir süre devam eden konukçu için faydalı olan bir enflamasyondur (He ve ark., 2015). Enflamasyon uzun süre devam ederse kronik enflamasyon başlar ve obezite, diyabet, KVH, pankreatit, nörodejeneratif ve metabolik hastalıklar gibi çeşitli kronik hastalıkların başlamasında etken olabilir (Reuter ve ark., 2010; Laveti ve ark., 2013). Enflamatuar reaksiyonların yoğun aktivasyonu sonucu oluşan septik şok sonucu çoklu organ yetmezliği, morbidite ve mortalitede artış görülür. Enflamasyonun düzenlenmesi kronik hastalıkların önlenmesi üzerinde önemli etkiye sahip olabilir. Beslenme ile immün sistem arasında karşılıklı bir etkileşim vardır. Bazı besin bileşenleri immün sistemdeki mekanizmaları etkileyebilir (Coşkun, 2011). Huang ve ark. (2016) kırmızı lahana mikroyeşilliklerinin karaciğerde kolesterol ve lipit içeriğine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada kırmızı lahana mikroyeşilliklerini içeren bir diyetle beslenen farelerin kilo alımının azaldığı ve yüksek yağ diyeti ile beslenen farelerin kan dolaşımında Low Density Lipoprotein (LDL) seviyelerini önemli ölçüde düşürdüğü, hepatik kolesterol esterini, trigliserol seviyelerini ve karaciğerdeki enflamatuar sitokinlerin ekspresyonunu azalttığı tespit edilmiştir. Meyve ve sebzelerde bulunan bazı polifenollerin Nükleer faktör kapa B (Nf-kB)'nin sinyal yollarını inhibe etkisi saptanmıştır (Ruiz ve Haller, 2006). Glukosinolatlar, Brassicaceae familyasına ait lahana, karnabahar, brokoli gibi sebzelerde bulunan sekonder metabolitler olup yan zincirlerinde alanin, valin, lösin, izolösin, fenilalanin, metiyonin, tirozin ve triptofan aminoasitlerini belirli sayı ve dizilişte içeren  $\beta$ -tiyoglukozit-N-hidroksisülfatlardır (IARC, 2004; Soundararajan ve Kim, 2018; Yılmaz ve Demirel, 2012). Glukosinolatların etki mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte insan bağırsak florasındaki myrosinaz enzimi aracılığıyla izotiyosiyanatlara dönüşerek birkaç karsinogenez adımını bozduğu tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2003). Son dönemlerde kontrol dışı enflamasyonu tedavi etmek için anti-enflamatuar ilaçlar geliştirilmiştir. Bu ilaçlardan biri de siklooksijenaz-2 (COX-2) enzimini bloke eden inhibitörlerdir. Yapılan çalışmalar kaemferol, kesretin ve resveratrol (Švajger ve Jeras,

2012) gibi bileşiklerin COX-2 aktivitesini baskıladığını göstermektedir (García-Mediavilla ve ark., 2007). Mikroyeşillikler bileşimlerinde kaemferol ve kersetin gibi flavonoidleri de içerirler (Choe ve ark., 2018). C-reaktif protein (CRP), bir akut faz reaktanı olup karaciğer hücreleri tarafından üretilmektedir. KVH'da risk faktörü olarak düşünülmektedir (Pepys ve Hirschfield, 2003; García-Mediavilla ve ark., 2007). C, K, E vitaminleri (Li ve ark., 2003; Padayatty ve ark., 2003; Müller ve ark., 2010) karotenoidler ve polifenollerin (Scalbert ve Williamson, 2000; Stahl ve Sies, 2003) antioksidan aktiviteleri kanıtlanmıştır. İmmün sistemde patojenlere karşı savunma amaçlı reaktif oksijen türleri (ROS) üretilmektedir. Yüksek konsantrasyonlarda hücre lipitlerini ve proteinlerini okside ederek, Deoksiribo Nükleik Asit (DNA)'ya zarar verirler (Mittal ve ark., 2014). İçerdikleri bileşenlerden yola çıkarak mikroyeşilliklerin potansiyel olarak reaktif oksijen türlerinin azaltılmasını doğrudan, enflamatuar yanıtın düzenlenmesinde dolaylı olarak etkileri bulunmaktadır (Choe ve ark., 2018).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) başta olmak üzere dünyanın pek çok bölgesinde obezite, KVH ve tip 2 diyabet önemli kronik hastalıklardır. Meyve ve sebze miktarının az, kalori ve yağ miktarı bakımından fazla olan diyetlerle beslenme bu hastalıkların oluşumu ile paralellik göstermektedir (Cordain ve ark., 2005). Literatür verilerine dayanarak bu hastalıkların önlenmesi için meyve ve sebzelerce zengin diyetlerin uygulanması önerilmektedir (Olsen ve ark., 2005). Daha önce de belirtildiği gibi kırmızı lahana mikroyeşillikleri, yüksek yağ diyetinden dolayı oluşan kilo artışını engellediği tespit edilmiştir (Huang ve ark., 2016). Etki mekanizması tam olarak aydınlatılamamasına rağmen bu mikroyeşillikdeki bileşenlerin adipogenezisi yani preadipositlerin olgun yağ hücrelerine dönüşümünü baskıladığı düşünülmektedir. Yapılan bazı çalışmalar bu düşünceyi destekler doğrultudadır. Choi ve ark. (2013) ; Brassicaceae familyasındaki sebzelerde doğal olarak bulunan İndol-3- Karbinol (I3C)'ün, NAD<sup>+</sup> bağımlı sirtuin-1 (SIRT1)'e bağlanarak aktive ettiğini göstermişlerdir. Sirtuinlerin; obezite, kanser, tip 2 diyabet, yaşlanma ve çeşitli nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde önemli rol oynadığı düşünülmektedir (Bayram ve Mehri, 2013). Berry ve ark. (2012); retinoik asidin adiposit farklılaşmasını inhibe ettiğini ve çalışmada kullanılan farelerin diyetle bağlı şişmanlıktan koruduğunu tespit etmişlerdir. KVH için önemli risk faktörlerinden biri de ateroskleroz yani damar sertleşmesidir. Ateroskleroz; atardamarların en iç kısmında kolesterol ve yağ

gibi bileşenlerin birikmesiyle oluşan kalınlaşmayla beraber kan akımının azalması sonucu oluşan bir hastalıktır. Organlar yeterince beslenemez. Flavonoidler gibi birçok polifenolik bileşiğin kolesterol/lipit metabolizmalarını düzenlediği bildirilmiştir. Karaciğerdeki kolesterol sentezi azaltılarak ateroskleroz gelişimi ve ilerleyen süreçlerde KVH'ın oluşumu da önlenir (Huang ve ark., 2016). Tip 2 diyabet ve obezite arasında orantılı bir ilişki söz konusudur. Obezitedeki artış diyabetteki artışı da tetiklemektedir. Bazı çalışmalar göstermiştir ki yetişkinlerde kilo alımının artışı tip 2 diyabet riskini arttırmıştır (Wannamethee ve Shaper, 1999). Obez hastalarda insülin direnci ve kusurlu insülin salınımı erken görülmektedir (Golay ve Ybarra, 2005). Obezitenin önlenmesi durumunda tip 2 diyabetin önlenileceği söylenebilir. Peroksizom proliferatör-aktive reseptör (PPAR) yağ asidi ve karbonhidrat metabolizmasını düzenleyen nükleer reseptör protein sınıfıdır. Alt türlerinden olan PPAR- $\alpha$  lipit metabolizmasında yer alan genlerin ekspresyonunu düzenlemektedir (Aydoğan ve ark., 2013). PPAR'lar vasıtasıyla insülin duyarlılığı mikroyeşilliklerdeki flavonoidler gibi doğal bileşiklerle arttırılmaktadır (Lee ve ark., 2006).

Ulusal Sağlık İstatistikleri Merkezi (NCHS) 2017 verilerine göre Amerika'da ölüm nedenlerinden ikinci sırada kanser yer almaktadır. Amerikan Kanser Araştırma Enstitüsü (AICR) ve Dünya Kanser Araştırma Fonu (WCRF) tarafından; fiziksel aktivite, uygun diyet ve vücut ağırlığının korunması ile tüm kanserlerin %30-40'ının önlenileceği tahmin edilmektedir (Wiseman, 2008). Kanıtlar düzenli meyve ve sebze tüketiminin kanser riskini azaltabileceğini göstermektedir. Block ve ark. (1992); meyve ve sebze tüketimi ile akciğer, kolon, meme, serviks, yemek borusu, ağız boşluğu, mide, mesane, pankreas ve yumurtalık kanseri arasındaki ilişkiyi inceleyen yaklaşık 200 epidemiyolojik çalışmayı gözden geçirmişlerdir. 156 diyet çalışmasının 128'inde meyve ve sebze tüketiminin önemli bir koruyucu etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Kanser riski, meyve ve sebze alımının düşük olanlarda alımı yüksek olanlara göre iki kat daha yüksek bulunmuştur. Wang ve ark. (2012) brokoli türevi I3C ve 3,3-diindolilmetan (DIM) fitokimyasalları üzerinde bir çalışma yapmışlar. Bu bileşiklerin prostat kanseri üzerindeki koruyucu etkisini tespit etmişlerdir. Yine bir çalışmada; I3C'nin antitümör aktivitelerinin hem östrojen aktivitesi ve metabolizmasının düzenlenmesiyle hem de östrojen reseptör (ER) transkripsiyon aktivitesinin düzenlenmesiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Meng ve ark., 2000). Mikroyeşillikler potansiyel olarak kansere karşı koruyabilir veya önleyebilir.

Kronik hastalıklarda, bağırsak sağlığı ve kanserlerin gelişiminde bağırsak mikrobiyotası çok önemlidir. Mikrobiyota, bağırsak ekosistemi olarak da düşünülebilir. Diyet, mikrobiyotanın düzenlenmesinde kritik rol oynar ve mikrobiyotanın diyetteki değişikliklere hızlı bir şekilde cevap verebileceği belirtilmiştir (David ve ark., 2014). Tzounis ve ark. (2010) yüksek miktarda kakao türevli flavonoid alımının bifidobakteri ve laktobasillerin sayısını arttırdığını ve plazma triaçilgliserol seviyesini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Flavonoidler bakımından zengin olduklarından dolayı bağırsak mikrobiyotası mikro yeşil tüketimiyle düzenlenebilir.

Epigenetik mekanizmalar memelilerde gelişim sürecinde ve hayat boyu gereklidir. Bu mekanizmalar; DNA metilasyonu, histon modifikasyonları ve kodlayıcı olmayan RNA (ncRNA)' lardan mikroRNA (miRNA) düzenlemesidir (Gürel ve ark., 2016). Epigenetik mekanizmaların düzensiz gerçekleşmesi, bozulması temelde kanser olmak üzere pek çok hastalıkların nedenlerinde kuvvetli bir şekilde yer almaktadır (Sawan ve ark., 2008). Bazı biyoaktif bileşenlerin bu mekanizmaları düzenlediği bildirilmiştir. Bu bileşiklerden kuersetin, kurkumin, resveratrol ve likopen gibi pek çok bileşiğin DNA metilasyonu ve histon modifikasyonlarında etkileri olduğu tespit edilmiştir (Shankar ve ark., 2013). Wagner ve ark. (2013)'nın bildirdiği çalışmalarda brassica türlerinin içerdiği sülfuraptan, fenil izotiyosiyanat (PEITC), I3C ve DIM gibi bileşiklerin histon metilasyonu ve miRNA düzenlenmesinde etkili olduğunu gözlemlenmiştir (Choe ve ark., 2018).

## 2.7 Mikroyeşillik Üretimi

Üretimi gittikçe yaygınlaşan mikroyeşillikler hem evsel hem de ticari ölçekte yetiştirilmektedir. Ev tipi üretimde mikroyeşillikler az miktarlarda yetiştirildiği için nispeten kolaydır ve saksıda ya da plastik yayvan kaplarda üretilebilir. Ancak bazı faktörlerden dolayı ticari üretim evsel üretime göre daha zordur. Ticari olarak daha büyük ölçekte üretim yapılmaktadır. Yetiştirilen mikroyeşillikler tüketicilere sunulduğundan standart bir kalite ve mikrobiyal açıdan güvenlik gibi önemli parametrelere uygunluk gerektirmektedir. Ürünlerin mikrobiyal açıdan güvenilir olması ve kalite standardizasyonu tüketici taleplerini etkileyen çok önemli faktörlerdir. Tohum ekim aşamasından hasat ve hasat sonrası tüketime kadar geçen süreçte izlenecek yolların her ürüne özgü doğru bir şekilde planlanması ve uygulanması gerekmektedir (Treadwell ve ark., 2010).





Şekil 2.5 Evde mikroyeşillik üretimi (Url 4)

### 2.7.1 Mikroyeşillik ekimi ve hasadı

Mikroyeşillikler üretim kapasitesine bağlı olarak açık havada, korumalı ortam ve iç mekânda üretilebilir. Evlerde üretilebileceği gibi pazarlama amacıyla işletmelerde, seralarda da üretilebilir (Treadwell ve ark., 2010; Kyriacou ve ark., 2016). Mikroyeşillikler için kullanılan yetiştirme ortamları ürünün kalitesi ve üretimin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Kaliteli bir ürün elde etmek için iyi bir yetiştirme ortamı; toplam hacmin %85'inden fazla gözeneklilik, toplam hacmin %55-70'i oranlarında su tutma kapasitesi, toplam hacmin %20-30'u oranlarında havalandırma seviyesi gibi fiziksel özelliklere sahip olmalıdır (Abad ve ark., 2001; Kyriacou ve ark., 2016). Seçilen ortamın mikrobiyal açıdan kontaminasyondan korunması gereklidir. Özellikle yetiştirme ortamlarından organik materyaller patojenleri içerebilir bu yüzden mikrobiyolojik kalitesi iyi ve sterilizasyon işlemlerinden geçirilmiş malzemeler seçilmelidir (Natvig ve ark., 2002; Renna ve ark., 2017). Topraklı ortamlarda yetiştirilebildiği gibi hidroponik (topraksız) ortamlarda da yetiştirilebilir. Toprak yerine kullanılacak herhangi bir substrata bitkinin yaşaması için gerekli olan tüm unsurları içeren bir besin çözeltisi ilave edilerek yetiştirilebilir (Di Gioia ve ark., 2015). Hidroponik ortamlardan turba, vermikülit, perlit, torf, hindistan cevizi lifi, tekstil elyafı matı, jüt ve kenaf elyafı içeren biyolojik olarak parçalanabilen mat, kaya, yün

ve diğerleri ile birçok karışım başarıyla kullanılmıştır (Janovská ve ark., 2010; Treadwell ve ark., 2010; Xiao ve ark., 2015; Di Gioia ve ark., 2017). Mikroyeşillikler çeşitli yöntemlerle yetiştirilebilirler. Bunlardan biri; 3-5 cm arasında değişen yüksekliğe sahip tepsi şeklinde plastik kaplardır. Ürünün ticari boyutta pazarlanmasında kolaylık sağlar ve piyasaya sürülmeden önce kesilmesi gereğini ortadan kaldırır. Diğer bir yöntemde; yetiştirme ortamı olarak kullanılacak substratların bir kanal içine veya tezgâh (ahşap, plastik, alüminyum, galvanizli demir) üzerine yerleştirilerek yetiştirilmesidir. Ticari olarak basit kullanımı pek yaygın olamayan diğer yöntem “yüzdürme sistemi”dir. Bu sistemde farklı boyutlarda polistiren kaplar bir havuzda veya benzer bir ortamda besin çözeltisinde yüzer. Yetiştirme ortamları besin çözeltisiyle alttan ıslatılır ancak besin çözeltisi sabit olduğundan oksijen düzeyini korumak için hava ile zenginleştirilmelidir (Di Gioia ve ark., 2015).

Mikroyeşillik üretiminde tür seçimi, yetiştirme ortamı ve gübreleme, sulama, aydınlatma, ürün fizyolojisi, hasat sonrası kullanım, paketlenme ve depo ortamının koşulları başlıca dikkat edilmesi gereken faktörlerdir (Kyriacou ve ark., 2016). Mikroyeşillik üretiminde tür seçimi; yetiştirilecek ürünün tüketici açısından tamamen kabul edilebilir, albenisi yüksek, iyi bir lezzete ve yenilebilirliğe sahip olması açısından kritik önem taşımaktadır (Xiao ve ark., 2015; Renna ve ark., 2017). Tohum ekiminden hasada kadar geçen süre türlere göre değişiklik göstermektedir. Aynı ayrı kaplarda tek tür olarak tohumlama yapıp yetiştirilebildiği gibi üreticilerin tercihine göre benzer büyüme koşulları ve oranlarına bağlı olarak birkaç ürün tohumu karıştırılarak da ekim yapılabilir. Ekilen tohumlar çimlenip belirli yüksekliğe ulaşıncaya hasattan sonra da karıştırılabilir. Pek çok yetiştirici birim alandan daha fazla ürün sağlamak yani maksimum üretim elde etmek amacıyla tohum yoğunluğunu arttırmak isteyebilirler ancak tohum yoğunluğunun artmasıyla uzun gövde oluşumu, hastalık riskinin artması ve her bir sürgündeki kuru ağırlığın düşmesi gibi olumsuz durumlarla karşılaşılacağı bildirildiğinden uygun oranlarda tohumlamanın yapılması gerekmektedir (Treadwell ve ark., 2010).



Şekil 2.6 Tohum ekimi (Url 4)

Sulama programlarına bağlı olarak ekim için seçilen ortam 1.27 ile 5.08 cm aralığında değişen derinliğe kadar ekim kabına doldurulur. Sprey şeklinde sulama çimlenme aşamasında uygulanır, filizlendikten sonra bitki yüzeyinde aşırı nem oluşumunu önlemek için ekim yapılan kaplar sulandırılmalıdır. Genellikle tohumlar yetişkin ürünler için yeteri oranda besin sağlarlar ancak uzun sürede büyüyen bazı mikroyeşillikler için gübre kullanılabilir. Gübre olarak kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2$ ), kalsiyum nitrat ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), amonyum nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) vb. maddeler ve bunların kombinasyonları belirli oranlarda farklı uygulama yöntemleri kullanılarak yüksek kalitede mikroyeşillik üretilir (Kyriacou ve ark., 2016; Treadwell ve ark., 2010). Havuç, dereotu, kereviz gibi bazı geç büyüyen türlerin mikroyeşillikleri için hafif bir gübre uygulaması yapılabilir. Hafif gübre uygulaması; 80 mg/L azottan hazırlanan besin çözeltisi içerisinde her bir mikroyeşillik ekim yerinin 30 saniye boyunca yüzdürülmesidir (Treadwell ve ark., 2010).

Mikroyeşillikler; sebze, hububat ve bitki tohumlarının uygun sıcaklık, nem koşullarında ve karanlık ortamda çimlenmesinden sonra ilk çift gerçek yaprakların oluşumu ve yaprakların kısmen genişlemesiyle oluşurlar. Yaprak oluşumundan sonra ışık kaynağına ihtiyaç duymaktadırlar. Ekimden hasata kadar geçen süre türlere bağlı olarak 7 ile 21 gün arasında değişmektedir. Mikroyeşillikler genellikle 2.5 ile 7.6 cm (1-3 inç) yüksekliğine ulaştıklarında köklerin hemen üstünden hasat edilirler (Treadwell ve ark., 2010; Xiao ve ark., 2012; Sun ve ark., 2013; Kou ve ark., 2014; Kyriacou ve ark., 2016).



Şekil 2.7 Mikroyeşilliklerin hasadı (Url 5)

## 2.8 Büyüme Koşulları ve Mikroyeşilliklerin Büyüme ve Besin İçerikleri Üzerine Etkisi

Mikroyeşillikler; çeşitli besin bileşenlerini taşımaları, sağlığa faydalı olmalarının yanında yetiştirilen olgun türlerinden daha kolay ve kısa sürede (7-21 gün) yetişmesi, üretimde böcek ilacı gerektirmemesi, olgun türlerine oranla daha az su ihtiyacının olması, hasadının kolay olması ve taşınması için büyük bir enerjiye gereksinim olmaması gibi pek çok avantaj sağlar (Weber, 2017). Yapılan bazı çalışmalarda mikroyeşilliklerin olgun türlerine oranla besin bileşenlerini daha fazla miktarda içerdikleri tespit edilmiştir (Xiao ve ark., 2012). Ancak mikroyeşilliklerin yetiştiği ortam şartları besin içerikleri üzerinde etkili faktörlerdir. Bu faktörler; tohum ekim oranı, gübreler ve ışık dozu olarak irdelenmiştir.

### 2.8.1 Tohum ekim oranı

Mikroyeşilliklerin büyümesinde ekim yapılacak alandaki tohum oranı birim alandan elde edilecek verim açısından önem kazanmaktadır. Her bir mikroyeşillik sürgünü için su ve besin gibi kısıtlı kaynaklar gelişim açısından rekabeti de beraberinde getirmektedir. Kırmızı pancar (Murphy ve ark., 2010) ve roka (Murphy ve Pill, 2010) mikroyeşillikleri üretiminde tohum ekim oranı üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar birbirlerini destekler niteliktedir. Her iki çalışmada da tohum ekim oranı arttırıldıkça mikroyeşillik sürgünlerinin yoğunluğunda bir artış, sürgünlerin taze ağırlığında bir azalma tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara ek olarak pancar mikroyeşillikleri üretiminde tohumlama

oranı arttıkça ilk gerçek yaprak uzunluğunda azalma tespit edilmiştir. Elde edilen verilere dayanarak mikroyeşilliklerin gelişiminde tohum ekim oranı; su, besin ve ışık gibi kısıtlı kaynaklar açısından sürgünler arasında rekabet durumunu etkilediği söylenebilir.

### 2.8.2 Gübreler

Bitkilerin büyümesinde gerekli olan besin bileşenlerinin sağlayıcısı olarak uzun zamandan beri gübreler kullanılmaktadır. Ticari boyutlardaki üretimlerde en ekonomik şartlarda en yüksek verimi elde etmek üretim maliyeti açısından önem kazanmaktadır. Mikroyeşilliklerin büyümesinde gübrelemenin etkisini inceleyen bazı çalışmalarda; belirli konsantrasyonlarda hazırlanan gübrelerin hem ekim öncesi tohumlara hem de ekim sonrası günlük uygulamalarda mikroyeşilliklerin taze ağırlıklarında artış sağladığı belirlenmiştir. Ekim öncesi ve sonrası bu ikili gübre uygulamasında, %21 ile %144'lere kadar değişen oranlarda verim elde edilmiştir (Murphy ve Pill, 2010; Murphy ve ark., 2010). Brokoli mikroyeşilliklerine hasat öncesi  $\text{CaCl}_2$  uygulamasının biyokütlede %50'den fazla artış sağladığı (Kou ve ark., 2014) ve glukosinolat konsantrasyonunu arttırdığı (Sun ve ark., 2015) tespit edilmiştir.

### 2.8.3 Işık dozu

Bitkilerin fotosentezinde ışık; mutlaka olması gereken bir çevre faktörüdür. Bitkisel üretimde kullanılan ışığın türü ve şiddeti bitkilerde fitokimyasalların üretimi ve birikimi üzerinde oldukça etkilidir (Delian ve ark., 2015). Bitkisel üretimde yaygın olarak kullanılan ışık kaynakları; metal halojenür, floresan, akkor, yüksek basınçlı sodyum (HPS) ve gelişmiş ışık yayan diyot (LED) lambalardır (Kyriacou ve ark., 2016). Yapılan çalışmalarda mikroyeşilliklerin yetiştirilmesinde kullanılan ışığın rengi ve şiddetine göre sürgünlerdeki çeşitli besin bileşenlerinin konsantrasyonlarında değişiklikler olduğu belirtilmiştir. Brokoli mikroyeşilliklerinde kullanılan kısa süreli mavi (470 nm) LED ışığın sürgün dokusunda; karotenoidlerde, glukosinolatlarda, çeşitli makro ve mikro elementlerde %29.3 ile %65.1 değişen oranlarda artış belirlenmiştir (Kopsell ve Sams, 2013). Mikroyeşilliklerdeki karotenoid pigmentlerinin miktarı arttırılmak istenilen çalışmalarda %16 ile %33 arasındaki dozajlarda uygulanan mavi LED ışık uygun bulunmuştur (Samuolienė ve ark., 2017). Kırmızı (638 nm ve 665 nm'de) LED ışığın bazı mikroyeşilliklerdeki antioksidan miktarlarındaki artışın dalga boyu ve şiddetine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır

(Samuoliené ve ark., 2016). Farklı dalga boyu ve ışık şiddeti uygulamasıyla mikroyeşilliklerin, besleyici ve biyoaktif bileşenlerinin artırılması tüketiciler açısından daha değerli olmasını sağlayacaktır.

## 2.9 Mikroyeşilliklerin Gıda Güvenliği

### 2.9.1 Mikroyeşilliklerin muhafazası

Mikroyeşillikler; sahip oldukları canlı renk, zengin aroma, lezzet ve biyoaktif bileşenlerle tüketicilerin ilgisini çekmektedir ancak mikroyeşilliklerin raf ömürlerinin kısa olması ticari üretimi sınırlayan bir faktördür. Mikroyeşilliklerin hassas ve tam olgunlaşmamış doku yapısı, hasat sonrası solunumlarının devam etmesi ve olası bir mikrobiyal kontaminasyon gibi çeşitli faktörler raf ömürlerini sınırlandırmaktadır. Çabuk bozulmanın temelinde hasattan sonra hızla gerçekleşen biyokimyasal ve fizyolojik reaksiyonlar yer almaktadır ve uygun olmayan depo koşulları ve hijyen eksikliği durumlarında bu süreç daha da hızlanmaktadır (Artés ve ark., 2009).

Hasat sırasında mikroyeşilliklerin mekanik zedelenmesini minimuma indirmek, hasattan sonra hızlı bir şekilde soğutma, uygun koşullarda depo ve ambalajlama uygulamaları neticesinde oluşabilecek kalite kaybı da önlenir (Mir ve ark., 2017). Mikroyeşilliklerin ambalajlanmasında yaygın olarak polietilen (PE) veya polipropilen (PP) bazlı filmler kullanıldığı bildirilmiştir (Allende ve ark., 2004; Bergquist ve ark., 2006).

Artan talebe yönelik mikroyeşilliklerin muhafaza sürelerinin uzatılması için ambalaj ve hasat sonrası depo koşullarının optimal seviyesinin belirlenmesi önem kazanmakta ve bu kapsamda yapılan çalışmaların sayısı da gittikçe artmaktadır (Mir ve ark., 2017). Depolama sıcaklığı ve atmosferik koşullar hasat sonrası mikroyeşilliklerin raf ömrü üzerine etkili en önemli iki faktördür (Hodges ve Toivonen, 2008). Sitrik asit, askorbik asit, klor ve etanol sprelerinin “Tah Tasai” Çin lahanasının (*Brassica campestris* var. *Narinsa*) mikroyeşilliklerinin kalitesi ve mikrobiyal popülasyonları üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; Sitrik asit (SA) + Etanol (E) ve SA + Askorbik asit (AA) ile muamele edilmiş mikroyeşillikler depolamanın 7. gününde daha iyi bir kalite göstermiştir. Klorla yıkama işleminde mikroyeşilliklerde daha düşük oranlarda mikrobiyal popülasyon tespit edilmiştir. SA + E sprey uygulamasında toplam aerobik ve koliform bakteri sayımlarında

düşük sonuçlar elde edildiğinden klora alternatif olarak düşünülebilir (Chandra ve ark., 2012).

Brokoli mikroyeşilliklerine hasat öncesi 10 mM derişimde CaCl<sub>2</sub> uygulamasının hasat sonrasında biyokütleyi % 50'den fazla arttırdığı, mikrobiyal gelişimi önlediği ve depolama sırasında görsel kaliteyi arttırdığı tespit edilmiştir (Kou ve ark., 2014). Karabuğday mikroyeşilliklerinin kalite ve raf ömrü üzerinde depo sıcaklığının, modifiye atmosfer paketlemenin (MAP) ve yıkama işleminin etkilerinin incelendiği çalışmada depo sıcaklığı düştükçe mikrobiyal popülasyonda da bir düşüş tespit edilmiştir. Oksijen iletim oranı (OTR) 16.6 pmol/(m<sup>2</sup>sPa) olan ambalaj filmlerinde paketlenmiş karabuğday mikroyeşillikleri 21 günlük depolamada düşük doku elektrolit sızıntısı ile taze görünüme sahip olduğu gözlenmiştir. Klorla yapılan yıkama işleminde ilk 7 günlük 5 °C depolamada mikrobiyal popülasyonda azalma tespit edilmiştir. 7. günden 21. güne kadar tüm yıkama işlemlerinde, özellikle suda yıkanmış mikroyeşilliklerde aerobik mezofilik bakteri (AMB) popülasyonlarında artış görülmüştür. Bu artışın nedeni olarak; yıkama işleminin ardından iyi kurutma yapılmaması durumunda artan nem oranından kaynaklandığı düşünülmüştür (Kou ve ark., 2013). Xiao ve ark. (2014a) daikon turp (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus*) mikroyeşilliklerinin hasat sonrası raf ömrünün uzatılması için yaptıkları çalışmada en uygun depolama sıcaklığını 1°C olarak, mikroyeşilliklerin klorla yıkama işleminin (100 mg/L) başlangıçtaki mikrobiyal popülasyonları, AMB ve küf ve maya (TMKS) da dahil olmak üzere 0.5 log KOB (koloni oluşturan birim)/g azalttığını tespit etmişlerdir.

### 2.9.2 Gıda güvenliği açısından irdelenmesi

Mikroyeşilliklere artan ilgiden dolayı kimyasal bileşimleri, sağlığa faydaları vb. özellikleri üzerine yapılan çalışmaların sayısı gittikçe artarken mikroyeşillik güvenliği üzerine araştırmalar sınırlı sayıdadır. Çiftlikten çatala kadar geçen süreçte her aşamada mikroyeşillikler gıda güvenliği riskleriyle kaşı karşıya kalabilir. Mikroyeşillikler ve filizler genellikle çiğ olarak tüketildiklerinden üretimde kullanılacak suyun kirlenmesi (Topalcengiz ve ark., 2017), ekipmanların ve görevli personellerin yetersiz hijyeninden kaynaklı olası bir çapraz kontaminasyonda gıda kaynaklı hastalıklarda potansiyel risk unsurlarıdır. Mikroyeşillik kaynaklı bir zehirlenme vakası bildirilmemesine karşın

filizlerden kaynaklı hastalıklar göz önüne alındığında mikroyeşilliklerle ilgili endişeleri de akla getirmektedir. Patojenler tarafından kirlenen tohumların çimlenen filizlerden mikroyeşilliklerin tüketilen kısımlara aktarımı ile ilgili çalışmalarla bu endişeler gittikçe artmaktadır. Bu açıdan bakıldığında GAP ve GHP, mikroyeşillik ve filizlerin diğer çiğ olarak tüketilen gıdalarla benzer gıda güvenliği riskleriyle karşı karşıya kalmasını önlemek için daha da önem kazanmaktadır (Riggio ve ark., 2019; Işık ve ark., 2020).

Filizler tarihte pek çok gıda kaynaklı salgınlara neden olmuştur. Bildirilen salgınlardan ilki 1973'te Amerika'da gerçekleşmiştir. İsviçre'den evsel üretim için ithal edilen soya, tere ve hardal tohumlarından kaynaklanan salgında 4 kültür onaylı vaka rapor edilmiştir. Yapılan analizler neticesinde hardal ve tere de düşük oranlarda *Bacillus cereus* tespit edilirken, salgının *B. cereus* tarafından kontamine olan soya tohumlarından kaynaklandığı belirlenmiştir (Portnoy ve ark., 1976). Gıdalar için Mikrobiyolojik Kriterler Ulusal Danışma Komitesi (NACMCF)'nden 1995 yılında gıda kaynaklı hastalıklar ve taze ürünler arasındaki ilişkiyi değerlendirmesini, salgınlara risklerini azaltmak için önerilerle bulunması talep edilmiştir. Komite bu talebi yerine getirmek için Taze Ürün Çalışma Grubu (FPWG) kurdu ve 1998'de "Taze Ürünlere İlişkin Mikrobiyolojik Güvenlik Değerlendirmeleri ve Öneriler" başlıklı bir rapor kabul etti. Bu raporda filizlenmiş tohumlar, patojen büyüme potansiyeli nedeniyle bir problem olarak tanımlanmıştır. Amerika'da 1995 ile 1999 yılları arasında gerçekleşen 9 ticari filiz salgınından 7'sinin *Salmonella*'nın farklı serotiplerinden, 2'sinin de *E. coli* O157:H7 ve *E. coli* O157:NM'den kaynaklandığı bildirilmiştir. Genellikle yonca filizinden kaynaklanan bu salgınlarda kültür onaylı vaka sayısı 8 ile 550 arasında değişmektedir. Filizlerle ilişkili salgınlara Amerika ile sınırlı olmayıp Birleşik Krallık, İsveç, Finlandiya, Japonya, Danimarka ve Kanada gibi diğer ülkelerden de bildirilmiştir (NACMCF, 1999).

Mikroyeşillik ve filizlerin her ikisi de olgunlaşmadan, çiğ olarak tüketilse de gıda güvenliği riskleri açısından farklıdır. Filizler genellikle karanlık ve nem doygunluğu koşullarında yetiştirilirler ve bu koşullar mikrobiyal gelişimi destekler niteliktedir. Ayrıca tohum çimlenmesi sırasında artan sıcaklığa bağlı olarak mikrobiyal gelişim artmaktadır (Xiao ve ark., 2014b; Kyriacou ve ark., 2016). Mikroyeşillik tohumlarının; sulama suyu, tohum ve büyüme ortamlarından kaynaklı bir kontaminasyon durumunda tohumlardan mikroyeşilliklerin yenilebilir kısımlarına bakteri geçişi söz konusudur. Farklı ortamlarda ve



farklı sulama teknikleri kullanılarak yetiştirilen bazı mikroyeşillik türlerine Jenerik *E. coli* ve Shiga toksin üreten *E. coli* (STEC O157:H7)'nin transferinde bakteri popülasyonlarının sulama yöntemlerinden bağımsız olarak üretim ortamından ve tohum türlerinden etkilenebileceği bildirilmiştir. Bu açıdan mümkün olduğunca tohum kontaminasyonunun önlenmesi, sulama için kullanılacak suyun mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesinin iyi olması, tohumdan mikroyeşilliklere patojen transferinin daha düşük olduğu yetiştirme ortamlarının tercihi ve hasattan sonra izlenmesi gereken yollar olası riskleri azaltmada etkili olacaktır (Işık ve ark., 2020).

Filizlenme ve mikroyeşillik oluşumu sırasındaki mikrobiyal gelişimi kıyaslamak için yapılan bir çalışmada Daikon turp tohumları (*Raphanus sativus* var. *Longipinnatus*) *E. coli* O157:H7 ve O104:H4 tarafından kontamine edilmiştir. Hasat sonrası toplanan sprout ve hasat edilen mikroyeşillik numuneleri analiz edilmiştir. Aşılansız turp tohumlarında *E. coli* O157:H7 ve O104:H4'ün her ikisi de çimlenme ve büyüme sırasında çoğalmıştır. Mikroyeşillikteki *E. coli* O157:H7 ve O104:H4'ün hücre sayıları, sproutlara göre 3–5 log daha düşük tespit edilmiştir. Araştırmacılar elde edilen sonuçları; sproutların yetiştirme ortamlarının (yüksek nem ve sıcaklık) patojenlerin de gelişimini desteklediği, sproutların sık durulanması ve karıştırma işlemlerinin patojenlerin diğer bölgelere dağılımını arttırdığı, mikroyeşilliklerdeki patojen yükünün sproutlara göre 3-5 log daha düşük olarak tespitini de köklerin üstünden hasat edilmesi ve kontamine olmuş tohum kabuklarının, köklerin, bir kısım gövdenin toprak kısmında kalması şeklinde yorumlamışlardır (Xiao ve ark., 2014b).

Farklı bir çalışmada; yonca filizi ve İsviçre pazı mikroyeşilliklerinin yetiştirilmesinde *Salmonella*'nın yaşamasını ve büyümesini etkileyen faktörleri incelemeyi amaçlayan araştırmacılar *Salmonella enterica*'nın Hatford ve Cubana serotiplerini kullanmışlardır. Filizlenen tohumlar üzerinde *Salmonella* serotiplerinin büyüme kabiliyeti başlangıç aşılama dozu, inkübasyon sıcaklığı ve maruz kalma süresinden etkilenmiştir. Ancak serotip, izolasyon kaynağı, soyun virülansı ve filizlenen tohumlara maruz kalma gününden etkilenmediği tespit edilmiştir. *Salmonella*'nın İsviçre pazı mikroyeşillikleri üzerinde çoğalması; serotip, ilk aşılama seviyesi, büyüme ortamı türüne (hidroponik sistemde yetiştirilen mikroyeşilliklerde en yüksek *Salmonella* popülasyon seviyelerine rastlanılmış) bağımlı olduğu tespit edilmiştir (Reed ve ark., 2018).

Üç çeşit brokoli tohumu (Tiburon, Belstar ve Lucky) ve iki çeşit turp tohumu (Rebel ve Bolide) filizlerinin mikrobiyolojik sayım ve biyojenamin gibi güvenlik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, TMAB, psikrotrofik, toplam ve fekal koliform sayımı yapılmış, biyojen aminlerden; putresin, kadaverin, histamin, tiramin, spermidin ve spermin seviyelerine bakılmıştır. Hem brokoli hem de turp tohumlarında çimlenme aşamasında mikrobiyal yükte artış tespit edilmiştir ancak brokoli tohumlarına göre turp tohumlarındaki AMB sayısının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Çimlenme aşamasında mikrobiyal artışlar gibi biyojen aminlerin de miktarlarında artış olduğu görülmüştür. Ancak bu artış ABD Gıda ve İlaç İdaresi (USFDA) tarafından her bir amin için gıdalarda izin verilen sınırın (5 mg/100 g yenilebilir gıda) altındadır (Martínez-Villaluenga ve ark., 2008). Yapılan bu çalışma neticesinde elde edilen veriler benzer çalışmalarla örtüşmektedir. Tohumların çimlendiği ortamın sıcaklık ve nem koşulları gibi faktörlerin mikrobiyal gelişimi desteklediği görülmektedir. Çimlenmemiş tohumların mikrobiyal yükü her bir tohumun türüne, yetiştirildiği ortam ve saklama koşullarına göre farklılık gösterebildiği görülmektedir.

Brokoli mikroyeşilliklerine hasat öncesi  $\text{CaCl}_2$  uygulamasının raf ömrünü etileyen depolama sürecinde mikrobiyal gelişimi azalttığı bildirilmiştir. Bunun yanında mikroyeşilliklerde doku elektrolit sızıntısını azaltıp, görsel kaliteyi ve biyokütleyi artırarak verim artışını da sağlamaktadır (Kou ve ark., 2014).

Mikroyeşillik paketlemede süper atmosferik oksijen eklenmesinin AMB büyümesini azalttığı (Allende ve ark., 2004), mikroyeşilliklerin klorla yıkanma işleminin AMB, TMKS popülasyonlarını azaltarak depo süresinin uzatılmasında etkili olduğu (Xiao ve ark., 2014a), farklı temizleyici madde uygulamasında toplam aerobik ve koliform bakteri sayımlarında azalmaları sağladığı bildirilmiştir (Chandra ve ark., 2012).

### **2.9.3 Klorun dezenfektan olarak kullanımı**

Gıda sanayisinde temel amaç; tüketicilere sağlık açısından güvenli ve kaliteli ürünler sunmaktır. Bu amaç doğrultusunda kaliteli hammadde ve iyi bir teknolojinin yanında bilinçli ve etkili bir hijyen ve sanitasyon programının uygulanması gerekmektedir. Taze meyve ve sebzeler içerdikleri vitamin, mineral, aminoasit ve diyet lifleri açısından oldukça zengindirler. Besin içeriklerinden dolayı mikroorganizmaların gelişmesi için iyi bir

ortam sağlarlar. Meyve ve sebzelerde hasat öncesi ve sonrası oluşabilecek mikrobiyal kontaminasyon sonucu gıda kaynaklı hastalıklar ve bozulmayla birlikte ürün kaybı meydana gelmektedir. Bu olumsuzlukların önlenmesinde temizlik ve dezenfeksiyonun büyük rolü vardır. Meyve ve sebzelerin mikroorganizmalardan korunması amacıyla uygulanan pek çok yöntemden biri de dezenfektan kullanımınıdır. Bu amaçla kullanılan yaygın dezenfektanlar; klor, ozon (O<sub>3</sub>), peroksiasetik asit (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>), hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>), nitrik oksit (NO), sulu klor dioksit (ClO<sub>2</sub>), gaz halindeki klor dioksittir (Collivignarelli ve ark., 2018).

Şenel ve Başoğlu'nun (2002) belirttiğine göre; dezenfektanların özellikleri, etkileri ve doğru kullanımlarının bilinmesi; çevre kirliliği ve maliyet artışları açısından önemlidir. Klor içeren dezenfektanların başında sıvı klor, hipokloritler (ClO<sup>-</sup>), inorganik kloraminler (NH<sub>2</sub>Cl), ve klordioksit gelmektedir (Metin ve Öztürk, 1995; Şenel ve Başoğlu, 2002).

Klor ve klor bileşiklerinin etki mekanizmaları: enzimlerin sülfidril (SH) gruplarının oksidasyonu sonucu kimyasal yapılarını değiştirir (Collivignarelli ve ark., 2018), hücre membranında yer alan proteinlerle reaksiyona girip metabolizmayı bozan toksik kloramin (N-kloro) bileşiklerini oluşturur (Ayhan ve Bilici, 2015), aminoasitlerle reaksiyona girip protein sentezini kesintiye uğratar (Benarde ve ark., 1967), hücre yüzeyi protein ve lipidlerini okside ederek zar geçirgenliğini artırır (Vandekinderen ve ark., 2009), dNA'yı okside ederek hasara neden olur (Buschini ve ark., 2004).

Klor; sudaki patojenlere karşı güçlü bakterisidal etkisi, kalıntı bırakarak ölçümünün ve kontrolünün kolay bir şekilde sağlanması ve düşük maliyet gibi avantajlara sahiptir (USEPA, 1999). Fakat sudaki organik ve inorganik bileşiklerle reaksiyonu sonucu istenmeyen yan ürünleri meydana getirmesi, aşırı kullanımda istenmeyen tat ve koku oluşumu ve özellikle klor gazı kullanımında oluşan tehlikeli kimyasalların uzaklaştırılması için özel işlemleri gerektirmesi gibi dezavantajları da mevcuttur (Teksoy, 2006).

Klorla dezenfeksiyonda klorun üç formu olan klor gazı, sodyum hipoklorit veya kalsiyum klorit kullanılmaktadır. Klor gazı, suda hızla hipokloröz aside (HOCl) hidrolize olur. Hipokloröz asit zayıf asittir ve hidrojen (H<sup>+</sup>) ile hipoklorit iyonlarına ayrılmaktadır. HOCl' nin bakterisidal etkisi OCl<sup>-</sup>'den 70-80 kez daha fazladır. Hipoklorit; klorun gaz formunun dışında sulu ve katı formları da hipoklorit olarak mevcuttur. Yaygın kullanılan sulu formu sodyum hipoklorit (NaOCl), yaygın kullanılan katı formu ise kalsiyum

hipoklorittir ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ). Oransal olarak kalsiyum hipoklorit (%65), sodyum hipokloritten (%12.5) daha fazla yararlı klor içermektedir (Teksoy, 2006).

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu (USEPA) tarafından 1999'da etkili dezenfeksiyon için; klor gazı: 1-16 mg/L, kalsiyum hipoklorit: 0.5-5 mg/L, sodyum hipoklorit: 0.2-2 mg/L dozajlarda kullanımı belirtilmiştir (USEPA, 1999).

## **2.10 Gelecekteki Yenilikçi Yaklaşımlar**

Mikroyeşillik endüstrisi; artan tüketici talebiyle gittikçe büyüyen ve gelecekteki araştırmalar için büyük bir potansiyel sunan bir alandır. Üretimde verimin ve pazarlanabilirliğin artırılması bu endüstrinin daha da ilerlemesini sağlayacaktır. Yetiştirilen türlerin iyi tanımlanması, spesifik yetiştirme koşullarının belirlenmesi, uygun hasat ve depolama koşullarının optimizasyonu; kalitenin korunması, raf ömrünün uzatılması ve ekonomik verimin artırılmasına yardımcı olacaktır. İlerde yapılacak araştırmaların; mikroyeşilliklerin kalitelerinin maksimum düzeyde korunarak muhafaza sürelerinin uzatılması, filiz ve mikroyeşillik kaynaklı gıda zehirlenmelerini önlemek için çiftlikten çatala kadar geçen süreçte gerekli tedbirlerin detaylıca belirlenmesi adına öncülük etmesi beklenmektedir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Bu çalışmada mikroyeşillik türü olarak fındık turpu; yetiştirme ortamı olarak perlit, sulama tipi olarak spreyl sulama yöntemi kullanılmıştır. Kirlilik etkeni olarak nalidiksik aside dirençli shiga toksin üreten *Esherichia coli* O157:H7 (STEC), *Salmonella enterica* Typhimurium ve jenerik *E. coli* bakterileri kullanılmıştır. Çeşitli konsantrasyonlarda hazırlanan klorlu su ile spreyl sulama yöntemiyle yetiştirilen mikroyeşilliklerdeki *E. coli* O157:H7 (STEC) ve *Salmonella enterica* Typhimurium ile jenerik *E. coli* bakterilerinin dezenfekte edilmesi, diğer mikrobiyolojik kalitelerinin belirlenmesi amacıyla AMB popülasyonları ve TMKS incelenmiştir. Mikroyeşillik örnekleri Muş Alparslan Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında bulunan bitki yetiştirme odasında yetiştirilip mikrobiyolojik analizler Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

##### 3.1.1 Yetiştirilen mikroyeşillik türleri

Mikroyeşillik olarak yetiştirilen fındık turp tohumu (IF-SSTP015-Hazelnut Radish-İntfa Tarım) sertifikalı bir satıcıdan satın alınmıştır. Mikroyeşillik tohumları çalışmada kullanılıncaya kadar 4 °C’de karanlık ortamda muhafaza edilmiştir.

##### 3.1.2 Kullanılan bakteri suşları

Bu çalışmada nalidiksik aside (Nal; Sigma-Aldrich, St Louis, MO) dirençli *Salmonella enterica* Typhimurium (ATCC® 14028™) ve shiga toksin üreten *E. coli* O157:H7 (ATCC® 35150™) ile jenerik *E. coli* (ATCC® 25922™) bakterileri kullanılmıştır. Jenerik *E. coli*, *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella enterica* Typhimurium bakterileri Parnell ve ark.’nın (2005) uyguladığı prosedürde nalidiksik aside dirençli hale getirilmiştir.

##### 3.1.3 Bitki yetiştirme ortamı

Perlit; gözenekli yapıda, suda çözünmeyen ve kimyasal reaksiyonlarda stabil volkanik süngerimsi bir kayaç türüdür. İnşaat sektörü başta olmak üzere tarım ve endüstri gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Tarım sektöründe kullanım oranı %10 civarındadır. En önemli özelliği suyu bünyesinde tutması, toprakla beraber kullanımında toprağın nemini

koruması, gözenekli yapısı sayesinde toprağın havalanmasını sağlamasıdır. Bu özellikleri sayesinde bitkiler için uygun üreme ve büyüme ortamı oluşturmaktadır. Bahçelerde, seracılıkta, fide yetiştirmede, organik ve kültür tarımında perlitten faydalanılmaktadır (Yıldız, 2014). Çalışmada kullanılan steril perlit sertifikalı bir satıcıdan (Mita Tarım, Türkiye) alınıp bitki besiniyle desteklenerek kullanılmıştır. Kullanılan perlitin özellikleri; yoğunluk: 1kg/20 L, tane çapı: 3-6 mm, ısı iletim katsayısı: 0.040-0.045 Kcal/mhC, pH değeri: 6.5-7.5'tir.

Bitki besini çözeltisi sertifikalı bir satıcıdan (TARTES) satın alınmıştır. Bitki besin çözeltisi, iki çözeltinin (çözelti A ve B) karışımından oluşmaktadır. Üreticinin talimatlarına göre 2 mL A besini ve 2 mL B besini karıştırılıp 1 L saf suya eklenmiştir. Bitki besin çözeltilerinin bileşimi daha önceden Işık ve ark.'nın (2020) bildirdiği gibi; Birinci çözeltinin (A) bileşimi; %1.6 amonyum (NH<sub>4</sub>), %8.7 nitrat (NO<sub>3</sub>), %7.5 suda çözünür potasyum oksit (K<sub>2</sub>O), % 8.6 kalsiyum ve % 0.3 ferro dietilen triamin penta asetik asit (Fe-DTPA) içermektedir. İkinci çözelti (B) bileşimi; %2.1 nitrat (NO<sub>3</sub>), % 6.4 suda çözünür fosfor pentoksit (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), % 11.6 suda çözünür potasyum oksit (K<sub>2</sub>O), % 1.6 magnezyum, % 0.1 çinko ve manganez, %0.03 bohriyum (Bh) ve %0.004 molibden (Mo) içermektedir (Işık ve ark., 2020). Hazırlanan bitki besini çözeltisi sadece inokülasyon sırasında verilmiştir.

### 3.1.4 Kullanılan bitki yetiştirme odası

Mikroyeşillikler, Muş Alparslan Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında bulunan bitki yetiştirme odasında yetiştirilmiştir. 16 m<sup>2</sup>'lik alana ve 2.5 metre yüksekliğe sahip bu oda flüoresan lambalar ile aydınlatılmaktadır. Flüoresan lambalar yaklaşık 400 µmol/m<sup>2</sup> civarında bir beyaz ışık ışımasıyla günde 12 saat olacak şekilde ortamı aydınlatmaktadırlar.

### 3.2 Yöntem

Çalışmada ekim ortamı olarak seçilen perlit, nalidiksik aside dirençli hale getirilen *Salmonella*, *E. coli* O157:H7 ve jenerik *E. coli* bakterileri ile ayrı ayrı kontamine edilmiştir. Ardından fındık turp tohumu bu ortama ekilip, çeşitli konsantrasyonlarda hazırlanmış klorlu su ile sprey sulama şeklinde farklı aralıklarla sulanmıştır. Yetiştirildikten sonra bitkinin yenilebilir kısmından örnekler alınıp mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır.

### 3.2.1 Örneklerin aşılama hazırlanması

Derin dondurucuda (-80 °C'de) saklanan donmuş bakteri suşlarını aktive etmek için kullanılacak suşlar triptik soya agarına (Biolife; Milan, İtalya) ekim yapılmıştır. Ekim yapılan bakteriler  $35 \pm 2$  °C'de  $24 \pm 2$  saat süreyle inkübe edilerek aktif hale getirilmiştir. Aktive edilmiş suşların tek bir kolonisi alınarak nalidiksik asit (TSBN; 100 µg/mL) ile hazırlanan triptik soy broth (Merck 104 KGaA, Darmstadt, Almanya) içine aşılanmıştır. İnkübasyon işlemi ( $35 \pm 2$  °C'de 18 saat) ardından mikroorganizmaların sıvı besiyerinde çoğalmaları gerçekleştirilmiştir. Aktivasyon işleminden sonra ortamdan 100 µl TSBN'li kültür alınıp, 10 mL TSBN besiyeri içeren 15 mL steril santrifüj tüplerine (LABSOLUTE®, Almanya) aktararak  $3030 \times g$ 'de 10 dakika boyunca santrifüj (Thermo Scientific, Labofuge 200 Masaüstü Santrifüj, Almanya) edilmiştir. Süpernatanın 10 mL %0.1 pepton suyla (% 0.1; Biolife; Milan, İtalya) değiştirilmesiyle hücreler iki kez yıkanmıştır. Yıkama aşamasından sonra,  $10^9$ - $10^{10}$  KOB/mL arasında konsantrasyona sahip hücreler, 5 mL pepton su içinde yeniden süspansiyon edilmiştir. Hücrelerin süspansiyonu, istenen konsantrasyonda ( $10^6$ - $10^7$  KOB/mL) inokulum elde etmek için 45 mL peptonlu suda seyreltilerek kullanılmaya kadar 4 °C'de muhafaza edilmiştir.

### 3.2.2 Aşılama ve tohumlama

Çalışmada kullanılacak perlit (250 mL), 400 mL'lik stomacher torbalarının (BagLight®, Interscience, Saint Nom, Fransa) içerisine 250 mL hacminde her bir örnek için ayrı ayrı konulmuştur. Doğunluğa kadar perlit üzerine bitki büyüme çözültüsü ilave edilmiştir. Ardından her bir ortamda  $10^5$ - $10^6$  KOB/g bir nihai konsantrasyon elde etmek için her bir torbaya 2.5 mL inokulum eklenmiştir. Aşılanan bitki büyüme ortamı 2 dakika boyunca elle karıştırılmıştır. İyice karıştırılan bitki yetiştirme ortamları Şekil 3.1'deki 375 mL'lik kapaksız şeffaf kaplara yaklaşık 200 mL konulmuştur. Ardından her bir kaba 100-120 adet fındık turp tohumları (*Raphanus sativus*) (Intfa, Konya, Türkiye: IF-SSTP015) serpilmiştir. Aşılanmış 250 mL'lik perlitin kalan yaklaşık 50 mL'si ile tohumların üzeri kaplanmıştır. Her bir örnekten a, b, c, d olmak üzere 4 paralel olacak şekilde hazırlanmıştır (n = 4).

### 3.2.3 Mikroyeşillik büyüme

Mikroyeşillik ekili örneklerin çimlenebilmesi için bitki yetiştirme odasına aktarılarak Işık ve arkadaşları (2020)'nin tarif ettiği gibi yetiştirilmiştir. Kısaca; kaplardaki tüm örnekler oda sıcaklığında karanlıkta 4 gün bekletilerek çimlendirilmiştir. Beşinci günden hasada kadar  $400 \mu\text{mol}/\text{m}^2$  civarında bir ışık ışıması ile beyaz flüoresan ışığa maruz bırakılmıştır (C.E.M. DT-1309 Luxmeter, Shenzhen, Çin). Fotoperiyod on iki saat olarak belirlenmiştir. Hasata kadar bitki büyüme solüsyonu besin maddesi, mikroyeşillikleri sulamak için şırıngaya bağlı bir tıbbi boru ile pet kapların içindeki perlite pompalanmıştır. Bitki büyüme odasının sıcaklığı ve bağıl nemi, bir veri kaydedici (Loyka® Instruments, Çin) ile hasada kadar izlenmiştir.

### 3.2.6 Klorlu su solüsyonlarının hazırlanması ve uygulanması

Farklı konsantrasyonlarda klorlu su çözeltileri (0.50, 1.00,  $2.00 \pm 0.05$  ppm serbest klor), ultra saf suya sodyum hipoklorit çözeltisi (Tekkim, Türkiye) eklenerek hazırlanmıştır. Serbest klor, ABD Çevre Koruma Ajansı onaylı dijital serbest klor test cihazı (Milwaukee Instruments, ABD) ile belirlenmiştir. Uygulamadan 10-15 dk önce serbest klor ölçümleri yapılmıştır. Farklı sıcaklıklarda yaklaşık 10 mL klorlu su mikroyeşillik fidelere 6, 7, 8 ve 9. günlerde ince bir püskürtücü ile toplam dört kez steril damıtılmış su ve çeşitli konsantrasyonlarda klorlu su uygulanmıştır. Klorlu su uygulaması, farklı mikroyeşillik setlerine bir kez (9. günde 1 kez), iki kez (8. ve 9. günlerde 2 kez), üç kez (7., 8. ve 9. günlerde 3 kez) ve dört kez (6., 7., 8. ve 9. günler) olarak yapılmıştır. Klorlu su püskürtülmediğinde, toplamda dört kez püskürtmeyi gerçekleştirmek için steril damıtılmış su uygulanmıştır. Steril damıtılmış su veya klorlu su uygulama sırasında mikroyeşilliklerin boyutu Şekil 3.1'de gösterilmektedir.





**Şekil 3.1** Çeşitli zamanlar için klorlu su püskürtüldüğünde (1 ×: D; 2 ×: C, D; 3 ×: B, C, D; 4 ×: A, B, C, D) turp mikroyeşillik fidelerinin boyutları (A, B, C, D).

### 3.2.7 Hasat ve mikrobiyolojik analiz

Turp mikroyeşillikleri, klorlu suyun son uygulamasından on iki saat sonra hasat edilmiştir. Her bir tekrardan kotiledon ve bitki örneklerinin gerçek yaprakları (5 g), sterilize edilmiş makas yardımıyla hasat edilip stomacher torbalarına yerleştirilmiştir (n = 4). Tüm tekrarlardan toplam 5 g numune (her bir tekrardan 1.25 g) her durum için klor kalıntıları test etmek için başka bir stomacher torbasına yerleştirilmiştir. Steril torbalara konulan örneklere 45 ml peptonlu su eklenerek bu örnekler el ile yaklaşık iki dakika boyunca çalkalanmıştır. Test edilen *Salmonella* ve *E. coli* suşlarının popülasyonu uygun şekilde seyreltildikten sonra TSAN üzerine iki petriye yayılmış kaplama ile sayılmıştır. Tüm plakalar  $35 \pm 2$  ° C'de  $24 \pm 2$  saat inkübe edilmiştir. Turp mikroyeşillikliğinde AMB popülasyonu ve TMKS için numuneler ayrıca TSA (Biolife; Milan, İtalya) ve patates dekstroz agara (PDA; Biolife; Milan, İtalya) yayılarak sırasıyla sayılmıştır (n = 8). AMB ve TYMC popülasyonları  $35 \pm 2$  ° C'de  $48 \pm 2$  saat ve oda sıcaklığında üç ile beş gün inkübasyondan sonra sayılmıştır.

### 3.2.8 İstatistiksel analiz

Popülasyon ortalamaları, tek taraflı varyans analizleri (ANOVA) ve JMP Pro 9.0 (SAS, Cary, NC, ABD) ile Tukey HSD testi kullanılarak istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Kritik P değeri 0.05 olarak ayarlanmıştır.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Mikroyeşilliklerin mikrobiyolojik yönleri ile besin değerleri ve sağlığa yararları ile karşılaştırılan sınırlı sayıda çalışma yayınlanmıştır. Raf ömrünü uzatmak ve genel kaliteyi artırmak için hasat öncesi ve hasat sonrası mikroyeşilliklere çeşitli türlerde işlemler uygulanmıştır. Mikroyeşilliklerin hızlı mikrobiyolojik bozulması, hemen hasat sonrası uygulamaları ve optimize edilmiş depolama koşullarını gerektirir. Ambalaj ve saklama koşullarının optimizasyonu mikroyeşilliklerin raf ömrünün uzaması için hasattan sonra önemlidir (Mir ve ark., 2017). Aerobik mezofilik bakteri popülasyonu, çeşitli sıcaklıklarda çeşitli OTR ile hazırlanan PE ve PP ambalaj filmlerinde saklama sırasında hasat sonrası kalite ve raf ömrü çalışmaları için test edilen önemli bir parametredir (Lee ve ark., 2009; Chandra ve ark., 2012; Kou ve ark., 2013; Xiao ve ark., 2014a; Di Gioia ve ark., 2017;). Klorlu su ve organik asit kombinasyonlarının uygulanması, mikroyeşilliklerin birincil hasat sonrası uygulamaları oluşturur (Lee ve ark., 2009; Chandra ve ark., 2012; Kou ve ark., 2013; Xiao ve ark., 2014a). Hasat sonrası işlemlerin etkinliği aerobik mezofilik bakteri popülasyonu ve bazı fizikokimyasal özellikler sızıntı ile kontrol edilebilmektedir.

Mikroyeşillikler, filizler gibi patojen kontaminasyonlarına ve herhangi bir öldürme aşaması olmaksızın tüketilen diğer tüm ürün türlerine karşı savunmasız kabul edilir. Yeni bir mutfak trendi olarak artan kullanıma rağmen, mikroyeşilliklerin tüketimiyle ilgili son yirmi yılda herhangi bir salgına patojen dahil edilmemiştir. Bununla birlikte, patojenler mikroyeşilliklere; kontamine tohumlar, büyüme ortamı, sulama suyu, işçiler ve ekipmanlardan aktarılabilir. Çeşitli çalışmalar, bakteriyel patojenlerin, çeşitli mikroyeşilliklerin yenilebilir dokularında bir salgına neden olacak kadar uzun süre kolonize olabildiğini, çoğalabildiğini ve hayatta kalabildiğini bildirmiştir (Xiao ve ark., 2014b; Xiao ve ark., 2015; Reed ve ark., 2018; Wright ve Holden, 2018; Işık ve ark., 2020). Mikroyeşillikler üzerinde kolonizasyon ağırlıklı olarak epidermal hücreler ve stomalar dahil kotiledon dokularında gözlenmiştir (Xiao ve ark., 2015; Wright ve Holden, 2018). Sulama tipi, patojen kontaminasyonu için önemli bir faktör olarak belirlenmemiştir; bununla birlikte, bitki büyüme materyali türü, çeşitliliği, aşılama seviyesi ve bitkilerin bir kısmı, mikroyeşillikler üzerindeki patojen popülasyonunu etkileyen değişkenler olarak değerlendirilir (Xiao ve ark., 2015; Reed ve ark., 2018; Wright ve Holden, 2018; Işık ve ark., 2020).

Mikroyeşillikler; topraklı ortamlarda yetiştirilebildiği gibi hidroponik (topraksız) ortamlarda da yetiştirilebilir. Hidroponik ortamlardan turba, vermikülit, perlit, torf, hindistan cevizi lifi, tekstil elyafı matı, jüt ve kenaf elyafı içeren biyolojik olarak parçalanabilen mat, kaya, yün ve diğerleri ile birçok karışım başarıyla kullanılmıştır (Janovská ve ark., 2010; Treadwell ve ark., 2010; Xiao ve ark., 2015; Di Gioia ve ark., 2017). Toprak yerine kullanılacak herhangi bir substrata bitkinin yaşaması için gerekli olan tüm unsurları içeren bir besin çözeltisi ilave edilerek yetiştirilebilir (Di Gioia ve ark., 2015). Işık ve ark., (2020)'nın araştırmaları neticesinde yetiştirme ortamı olarak kullanılan perlitten mikroyeşilliklere patojenik ve patojenik olmayan *E. coli* geçişinin fazla olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada turp tohumlarında mikroorganizmaların hayatta kalma ve kolonizasyonunun daha fazla olduğu saptanmıştır (Işık ve ark., 2020). Elde edilen verilerden yola çıkılarak bu çalışmada yetiştirme ortamı olarak perlit, mikroyeşillik türü olarak ise turp tohumları tercih edilmiştir. Mikroyeşillikler üzerindeki patojenlerin azaltılmasına yönelik hasat sonrası işlemler, paketlenmiş ürünlerin raf ömrünü azaltan olası doku hasarı nedeniyle sınırlıdır (Kou ve ark., 2015). Mikroyeşillikler için patojen kontaminasyon riskleri üzerine çalışmalar, hasat öncesi uygulamalara ve kontrol önlemlerine odaklanmaktadır.

Şekil 3.1, klorlu su püskürtüldüğünde; bir kez (9. günde; Şekil 3.1D), iki kez (8. ve 9. günde; Şekil 3.1C ve 3.1D), üç kez (7., 8. ve 9. günde; Şekil 3.1B, 3.1C ve 3.1D) ve dört kez (6. günde, 7, 8 ve 9 Şekil 3.1A, 3.1B, 3.1C ve 3.1D) turp mikroyeşilliklerinin büyüme boyutunu göstermektedir. Tohumların çimlenmesinden sonra, mikroyeşillikler, genel olarak büyüme üzerindeki olası yan etkiler nedeniyle, pratikte hasada kadar herhangi bir antimikrobiyal ajan ile muamele edilmez. Bu çalışmada organik asitlerin antimikrobiyal olarak olası kullanımında sitrik asit ve asetik asit, farklı konsantrasyonlarda büyüme sırasında turp mikroyeşilliklerine sprey olarak uygulanmıştır. Bununla birlikte, organik asitlerin uygulanması, hasattan önce mikroyeşillikler üzerinde küf oluşumunu teşvik etmiştir. Bu yüzden antimikrobiyal olarak izin verildiği ölçüde mikroyeşillikler üzerine büyüme sırasında mikrobiyal yükün ve patojenlerin olası azaltılması için püskürtme yöntemiyle klor kullanımına karar verilmiştir. Klorlu su çözeltilerinin konsantrasyonları (0.50, 1.00 ve 2.00 ppm serbest klor), "Güvenli Su Sistemi" ve "Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri" tarafından içme suyu için klorlama önerilerine göre seçilmiştir (CDC,

2014). Bu çalışmada klorlu su ile püskürtülen mikroyeşilliklerde herhangi bir yan etki veya kusur gözlenmemiştir. Ayrıca, hasat edilen mikroyeşilliklerde serbest klor kalıntısı da tespit edilmemiştir. Bitki yetiştirme odasında ortalama sıcaklık ve bağıl nem sırasıyla  $23 \pm 7.2$  °C ve  $\% 36.2 \pm 12.0$  olarak belirlenmiştir.

#### **4.1 Klorlu Suyun Mikroyeşillikler Üzerine Sprey uygulamasının *S. Typhimurium*, *E. coli* O157:H7 ve Jenerik *E. coli* Üzerine Etkinliği**

*S. Typhimurium*, *E. coli* O157:H7 ve jenerik *E. coli* popülasyonu, tüm konsantrasyonlarda klorlu su için ve Şekil 4.1'de sprej uygulama numaraları (1 ×, 2 ×, 3 × ve 4 ×) için gösterilmiştir. Sadece steril damıtılmış su ile püskürtülen tüm mikroyeşillikler, 5.5 ile 6.0 log KOB/g arasında test edilen bir suş popülasyonuna sahiptir. Daha önce aynı bitki büyüme solüsyonu ile desteklenen büyüme ortamı olarak perlitin kullanıldığı patojenik ve patojenik olmayan *E. coli*'nin aşılınmış perlitten turp mikroyeşilliklerine geçişi rapor edilmiştir (Işık ve ark., 2020). Bu çalışmada, *E. coli* suşlarına ek olarak *Salmonella*'nın aşılınmış perlitten turp mikroyeşilliklerinin yenilebilir kısmına aynı koşullarda aktarımı da doğrulanmıştır. Bu, perlitin büyüme ortamı olarak kullanıldığında kontaminasyon durumunda zoonotik patojenler için yüksek bir transfer potansiyeline sahip olduğunu gösterir. Jablason ve ark. (2005) ayrıca hidroponik bir sistemde yetişen marul ve turpta *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella* hücrelerinin tespit edildiğini bildirmiştir. Sulama suyundaki rekabetçi mikrobiyota eksikliğinden dolayı mikroyeşillik üretim sırasında patojen sağkalımı, büyümesi ve transferi sıvı bitki büyüme ortamı ve hidroponik sistemlerle desteklenebilir (Xiao ve ark., 2015; Wright ve Holden, 2018; Işık ve ark., 2020; Misra ve Gibson, 2020).

GAP ve GHP, mikroyeşilliklerin ve filizlerin tüketiminden kaynaklanan olası gıda güvenliği sorunlarından kaçınmak için çok önemlidir (Riggio ve ark., 2019; Işık ve ark., 2020). Filizlere benzer şekilde, mikroyeşillik üreticileri de iyi tarım uygulamaları uygulamalı ve perlit olarak kullanılan gözenekli ve sünger benzeri büyüme ortamı olduğunda tüm kirlenme yolları için sıkı kontrol önlemleri almalıdır. Hasattan önce klorlu suyun sprej uygulaması, *S. Typhimurium* popülasyonunu büyüyen mikroyeşilliklerde 1.1 log KOB/g'ye kadar düşürmüştür ( $P < 0.05$ ) (Şekil 4.1A). Tek uygulama (1×) haricinde klorlu su uygulamalarının sayısına bakılmaksızın, *S. Typhimurium* popülasyonu serbest

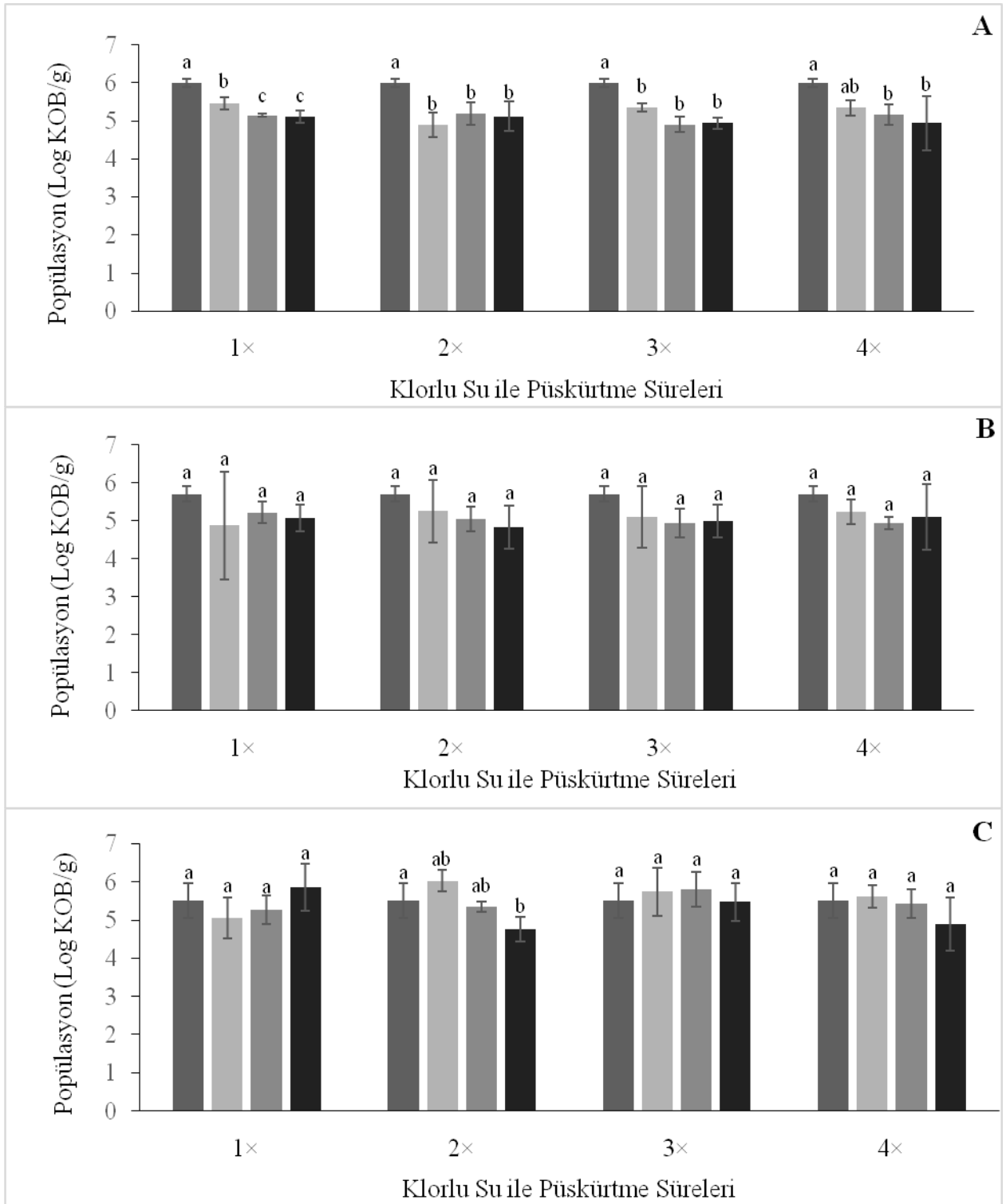
klor konsantrasyonundan etkilenmiş ancak istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlenmemiştir ( $P > 0.05$ ).

*Salmonella* Typhimurium'a benzer şekilde, *E. coli* O157:H7 popülasyonu, test edilen tüm konsantrasyonlarda hasattan önce klorlu su uygulamasıyla 0,9 log KOB/g'ye kadar bir düşüşe sahiptir (Şekil 4.1B). Bununla birlikte, *E. coli* O157:H7 popülasyonundaki azalma, klorlu su uygulama sayısından etkilenmemiş ve istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $P > 0.05$ ) (Şekil 4.1B). Yukarıda bahsedildiği gibi, klorlu su mikroyeşilliklerin üzerine bir (9. gün), iki (8. ve 9. gün), üç (7., 8. ve 9. gün) ve dört kez (6., 7., 8. ve 9. günler) başlanarak püskürtülmüştür. Bu, tüm mikroyeşilliklere 9. günde en az bir kez klorlu su püskürtülmesi anlamına gelir. Sprey uygulama sayısının *S. Typhimurium* ve *E. coli* O157:H7 popülasyonları üzerinde önemli bir etkisi olmaması, hasattan önce klorlu suyun tek bir sprey uygulamasının daha makul olduğunu göstermektedir.

Mikroyeşillikler üzerine klorlu suyun sprey uygulamasıyla jenerik *E. coli* popülasyonu azalmamıştır (Şekil 4.1C). Buna karşılık, 0.5 ve 1 ppm klor içeren klorlu su uygulamasının sayısına bakılmaksızın jenerik *E. coli* popülasyonunu bir dereceye kadar arttırmıştır. Jenerik *E. coli* popülasyonundaki artış, muhtemelen suş değişkenliği ve mikroyeşillikler üzerindeki rekabetçi mikrobiyota popülasyonundaki azalma nedeniyle meydana gelmiştir. Işık ve ark. (2020) aynı jenerik *E. coli* suşunun, aşılınmış perlitte yetiştirilen turp mikroyeşilliklerinin özdeş büyüme koşullarında *E. coli* O157:H7 suşundan daha yüksek popülasyona sahip olduğu görülmüştür.

*Salmonella* ve STEC suşlarının çeşitli mikroyeşillikler üzerinde büyümesi ve transferi, kontamine tohum, büyüme ortamı veya sudan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır (Xiao ve ark., 2014b; Xiao ve ark., 2015; Reed ve ark., 2018; Wright ve ark., 2018; Işık ve ark., 2020). *Salmonella* ve STEC stereotipleri tarımsal sularda yaşayabilir ve kirlenme risklerini artırabilir (Topalcengiz ve ark., 2019a; Topalcengiz ve Danyluk, 2019b). Tohumlar mikroyeşillik yetiştiriciler tarafından sterilize edilebilir veya sertifikalı perakendeciden temin edilebilir. Gıda ve İlaç Dairesi (1999) filiz üretimi için kullanılan tohumların bir veya daha fazla işleme işlenmesini veya tohumları dezenfekte etmek için antimikrobiyal kullanımı olarak onaylı 20.000 ppm kalsiyum hipoklorit çözeltisi önermektedir. Dezenfeksiyonun başarısız olması veya herhangi bir kontamine hasat öncesi faktörün su veya büyüme ortamı olarak kullanılması durumunda, hasat edilen

mikroyeşilliklerdeki patojen popülasyonunu azaltmak verimli bir şekilde pratik değildir. Kou ve ark., (2013) ve Xiao ve ark., (2014a) mikroyeşilliklerin klorlu su ile yıkanmasının bitkiler üzerindeki mikrobiyal yükte başlangıçta bir azalma sağladığını bildirmişlerdir; bununla birlikte, klor ile muamele edilmiş, 7 gün depolandıktan sonra muamele edilmemiş ya da suyla muamele edilmiş denemelere kıyasla daha yüksek bir popülasyon artışı olmuştur. Bu çalışmada, hasattan sonra klor yıkama gerekliliğini ortadan kaldırmak için hasattan önce patojen popülasyonunun azaltılması amaçlanmıştır. Bununla birlikte, *S. Typhimurium* ve *E. coli* O157:H7 popülasyonunda, mikroyeşilliklerin büyümesi sırasında klorlu suyun sprey uygulamasından sonra sınırlı düşüş gözlenmiştir.



**Şekil 4.1** Turp mikroyeşilliklerinin büyümesi sırasında çeşitli zamanlar için (1×, 2×, 3×, 4×) çeşitli konsantrasyonlarda (ppm) 0 (■), 0.5 (■), 1.0 (■), 2.0 (■) klorlu su püskürtüldükten sonra *Salmonella* Typhimurium (A), *E. coli* O157:H7 (B) ve jenerik *E. coli* (C) popülasyonu (n=4). Kolonlar üzerindeki farklı harfler her bir klorlu su sprey uygulaması sayısı için test edilen konsantrasyondaki anlamlı farklılığı göstermektedir ( $P < 0.05$ ).



## 4.2 Klorlu Suyun Mikroyeşillikler Üzerine Sprey Uygulamasının Aerobik Mezofilik Bakteriler ve Toplam Maya ve Küf Sayısı Üzerindeki Etkinliği

Turp mikroyeşillikleri üzerindeki AMB popülasyonu, Şekil 4.2'de tüm konsantrasyonlarda ve püskürtme uygulamalarında klorlu su için gösterilmiştir. Steril damıtılmış su püskürtülen tüm turp mikroyeşillikleri, ortalama  $7.4 \pm 0.8$  log KOB/g AMB popülasyonuna sahip olduğu görülmüştür. *S. Typhimurium*'a benzer şekilde, klorlu suyun sprej uygulaması ile büyüyen mikroyeşilliklerde AMB popülasyonu 1.1 log KOB/g'ye kadar düşürülmüştür, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlenmemiştir ( $P > 0.05$ ). Klorlu su uygulama sayısının AMB popülasyonu üzerinde, *E. coli* O157:H7'ye benzer şekilde bir etkisi görülmemiştir, ancak serbest klor konsantrasyonu artışı ile AMB popülasyonunda daha yüksek azalma eğilimi ile sonuçlanmıştır ( $P > 0.05$ ).

TMKS popülasyonu, Şekil 4.3'te görüldüğü gibi turp mikroyeşilliklerinde 3.6 ve 4.2 log KOB/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ne sprej uygulama sayısı ne de klorlu su konsantrasyonu TMKS popülasyonunu etkilememiştir. AMB ve TMKS için replikasyon sayıları, test edilen her patojenin denemeleri için dört paralel yapıldığından sekiz numune olmuştur. Toplam aerobik mezofilik bakteri popülasyonu, depolama sırasında ve hasat sonrası muamelelerde mikrobiyal yük için ortak bir mikrobiyal parametre olarak kullanılmıştır (Lee ve ark., 2009; Chandra ve ark., 2012; Kou ve ark., 2013; Kou ve ark., 2014; Xiao ve ark., 2014a; Kou ve ark., 2015; Di Gioia ve ark., 2017; Işık ve ark., 2020).

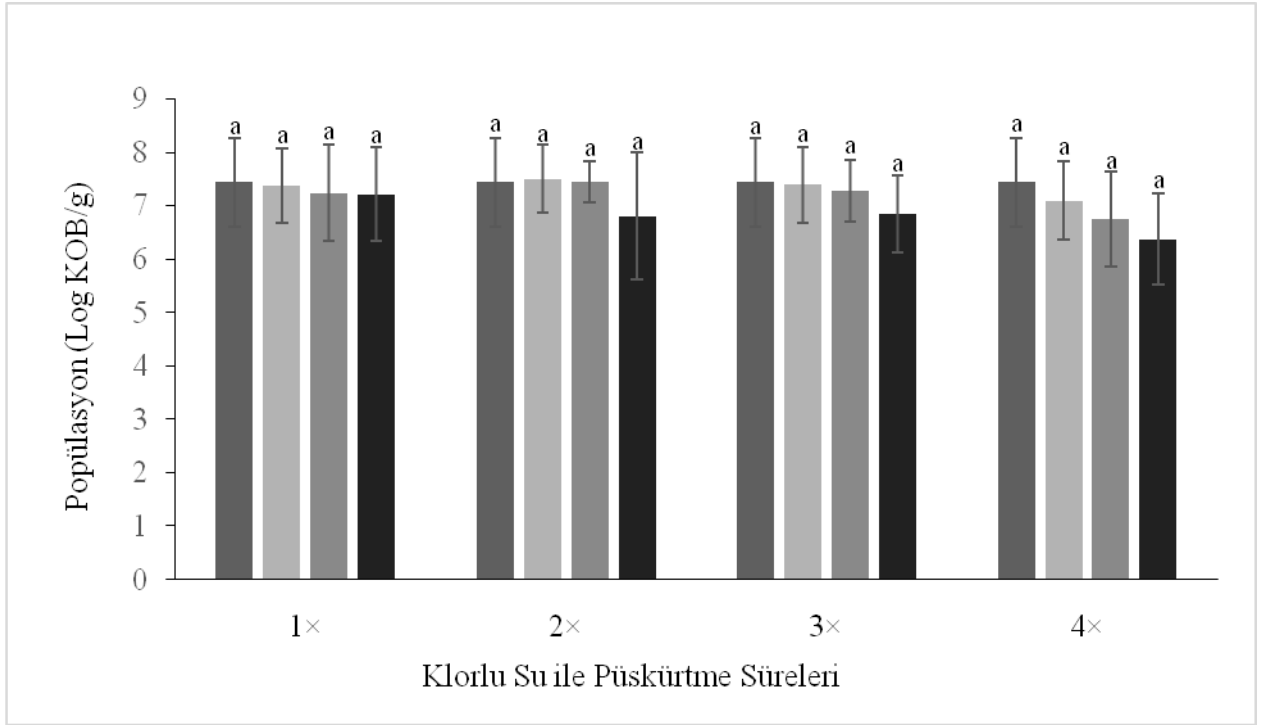
AMB'yi mikrobiyal parametre olarak kullanan çalışmalar, hasat sonrası işlemleri ve koşulları veya mikrobiyal yükü ve mikroyeşilliklerin raf ömrünü etkileyen hasat öncesi faktörleri içerir. Sitrik asit ve askorbik asit karışımı ile işlenen "Tah Tasai" Çin lahanası mikroyeşillikleri daha iyi kaliteler göstermiş, ancak depolamanın sonunda klorlu suya kıyasla daha yüksek AMB seviyelerine sahip olmuştur (Chandra ve ark., 2012). Klorlu su ile yıkama uygulaması karabuğday mikroyeşilliklerinde ilk olarak AMB popülasyonunu azaltmıştı, ancak daha sonra muhtemelen yetersiz kurutmadan dolayı yarı ıslak ortam nedeniyle yedi günlük depolamada hızlı bir artışa neden olmuştur (Kou ve ark., 2013). AMB popülasyonu, Daikon turpu mikroyeşilliklerinde, klorlu su ile yıkama işleminden sonra 0.5 log KOB/g daha düşük olduğu belirtilmiştir (Xiao ve ark., 2014a).

Hasat öncesi uygulamalar Kou ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada incelenmiş, ancak mikrobiyal yükü veya mikroyeşillikler üzerindeki patojen

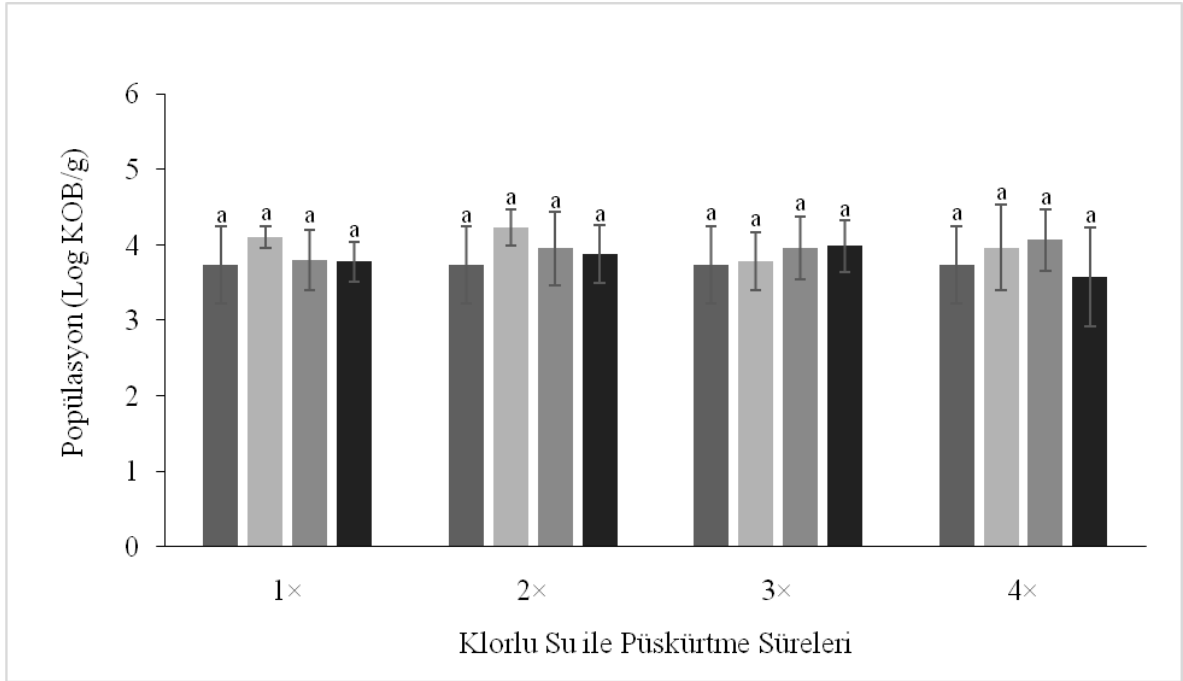
popülasyonunu azaltmak amacıyla çalışılmamıştır. Hasattan önce brokoli mikroyeşilliklerine 10 mM CaCl<sub>2</sub> sprey uygulamasının biyokütleyi %50'den fazla arttırabileceğini, mikrobiyal büyümeyi baskılayabileceğini ve saklama sırasında görsel kalitelerini arttırabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmaya benzer şekilde, CaCl<sub>2</sub> ile muamele edilmiş numunelerde AMB'nin azalması, depolama sonunda suyla işlenmiş mikroyeşilliklerden 1.5 log KOB/g daha düşük tespit edilmiştir.

Depolama sırasında kalite ve mikrobiyal yükteki değişikliklere ilişkin planlı bir gözlem yapılamaması bu çalışmanın bir sınırlaması olarak kabul edilir. Aşağıdaki nedenlerden dolayı bakteri popülasyonu değişimini incelemek için mikroyeşillik örnekleri saklanmamıştır. İlk neden, işlenmiş örneklerde patojenlerin azalmasının beklenenden daha az olmasıdır. İkincisi, yedi günlük depolamadan sonra mikroyeşillikler üzerindeki mikrobiyolojik popülasyonun hızlanmış artışı önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Chandra ve ark., 2012; Kou ve ark., 2013).

Buradaki sonuçlara dayanarak minimum 2.00 ppm konsantrasyonda klorlu su sprey uygulaması AMB popülasyonunu azaltabilir ve raf ömrünü uzatabilir olduğu düşünülmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi, organik asitlerle yapılan önceki denemeler, büyüme sırasında turp mikroyeşillikleri üzerinde küf oluşumunu desteklemiştir. TMKS popülasyonu, tüm konsantrasyonlarda sabit kalmış olup, bu da büyüme sırasında klorlu su artırması nedeniyle hiçbir küf sorununun teşvik edilemeyeceğini göstermektedir.



**Şekil 4.2** Turp mikroyeşilliklerinin büyümesi sırasında çeşitli zamanlar için (1x, 2x, 3x, 4x) çeşitli konsantrasyonlarda (ppm) 0 (■), 0.5 (■), 1.0 (■), 2.0 (■) klorlu su püskürtüldükten sonra Aerobik mezofilik bakteri popülasyonu (n=8). Kolonlar üzerindeki farklı harfler her bir klorlu su spray uygulaması sayısı için test edilen konsantrasyondaki anlamlı farklılığı göstermektedir ( $P < 0.05$ ).



**Şekil 4.3** Turp mikroyeşilliklerinin büyümesi sırasında çeşitli zamanlar için (1x, 2x, 3x, 4x) çeşitli konsantrasyonlarda (ppm) 0 (■), 0.5 (■), 1.0 (■), 2.0 (■) klorlu su püskürtüldükten sonra Toplam maya ve küf sayım popülasyonu (n=8). Kolonlar üzerindeki farklı harfler her bir klorlu su sprey uygulaması sayısı için test edilen konsantrasyondaki anlamlı farklılığı göstermektedir ( $P < 0.05$ ).

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Gurme gıda pazarları ve restoranların mikroyeşilliklere olan talebi gittikçe artmaktadır; ancak kısa raf ömrü endüstriyel üretimi sınırlayan birincil faktördür (Treadwell ve ark. 2010; Renna ve ark., 2017). Mikroyeşilliklerin depolanmasıyla ilgili sorunlar arasında hasat olgunluğu, bitki hasarının en aza indirilmesi, sanitasyon ve işleme, sıcaklık kontrolü, bağıl nem, hasat sonrası ışık tedavisi, 1-Metilsiklopropan kullanımı ve yıkama muameleleri yer almaktadır (Turner ve ark., 2020). Hasattan sonra yıkama işlemleri, ilk depolama döneminde mikrobiyal yük popülasyonunu azaltmada başarılı olmuştur, ancak hasar nedeniyle depolamanın geri kalanı için hızlı büyümeye neden olur mikroyeşilliklerin kırılğan dokusu ve aşırı nem nedeniyle mikrobiyal büyümeyi ve çürümeyi teşvik ettiği bildirilmiştir (Kou ve ark., 2014; Xiao ve ark., 2014a; Kou ve ark., 2015; Turner ve ark., 2020). Bu çalışmadaki sonuçlar, hasat öncesi kirlenme riskinin ortadan kaldırılmasının ve hasat sonrası yıkama işlemlerinin mikroyeşillik büyüme sırasında klorlu suyun sprey uygulaması ile desteklenebileceğini kanıtlamaktadır.

### 5.2 Öneriler

Su ve büyüme ortamı gibi diğer hasat öncesi parametrelerin kontrolünün yanı sıra tohumların işlenmesi veya filizlenme için sertifikalı tohumların kullanılmasıyla mikroyeşilliklerin kontaminasyonu önlenir. Yıkamanın olası olumsuz etkilerini en aza indirmek için hasattan önce patojenlerin azaltılması veya mikrobiyal büyümenin azaltılması gereklidir. Ancak artan klorlu su konsantrasyonunun etkisi mikroyeşilliklerin büyümesi ve verimi üzerine çalışılması gerektiği düşünülmektedir. Bununla birlikte klorlu suyun büyüyen mikroyeşilliklere püskürtülmesi, patojen popülasyonunu azaltmak için bir kontrol önlemi olarak kabul edilemez. Farklı kalıntı bırakmayacak veya yenilebilir kimyasallar deneyerek sprey sulamada patojen dezenfeksiyonu için uygun prosedürlerin çalışılması gerekmektedir. Ayrıca, ozonlama ve ultraviyole ışın kullanımı gibi genel proseslerde mikroyeşillikler üzerine henüz çalışılmamıştır.

## KAYNAKLAR

- Abad, M., Noguera, P., Bures, S. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain, *Bioresource technology*, 77(2), 197-200.
- Allende, A., Luo, Y., McEvoy, J.L., Artés, F., Wang, C.Y. 2004. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions, *Postharvest biology and technology*, 33(1), 51-59.
- Artés, F., Gómez, P., Aguayo, E., Escalona, V., Artés-Hernández, F. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities, *Postharvest biology and technology*, 51(3), 287-296.
- Aydoğan, H.Y., Kurt, Ö., Kurnaz, Ö., Teker, B.A., Küçüküseyin, Ö. 2013. Koroner kalp hastalığında peroksizom proliferatör-aktive reseptör (PPAR) izoformları, *Turkish journal of biochemistry/Türk biyokimya dergisi*, 38(4).
- Ayhan, B., Bilici, S. 2015. Toplu beslenme sistemlerinde kullanılan gıda dezenfektanları, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 72(4), 323-336.
- Bayram, A., Mehri, İ. 2013. Sirtuin Genleri ve İşlevleri, *Fırat Tıp Dergisi*, 18(3), 136-140.
- Benarde, M.A., Snow, W.B., Olivieri, V.P., Davidson, B. 1967. Kinetics and Mechanism of Bacterial Disinfection by Chlorine Dioxide, *Applied and environmental microbiology*, 15(2), 257-265.
- Bergquist, S.Å., Gertsson, U.E., Olsson, M.E. 2006. Influence of growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.), *Journal of the science of food and agriculture*, 86(3), 346-355.
- Berry, D.C., DeSantis, D., Soltanian, H., Croniger, C.M., Noy, N. 2012. Retinoic acid upregulates preadipocyte genes to block adipogenesis and suppress diet-induced obesity, *Diabetes*, 61(5), 1112-1121.
- Bingöl, G. 1977, Vitaminler ve Enzimler, *Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı Serisi* (46).
- Block, G., Patterson, B., Subar, A. 1992. Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence, *Nutrition and cancer*, 18(1), 1-29.
- Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Müller, M.J., Oberritter, H., Schulze, M. 2012. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases, *European journal of nutrition*, 51(6), 637-663.
- Buschini, A., Carboni, P., Furlini, M., Poli, P., Rossi, C. 2004. Sodium hypochlorite-, chlorine dioxide- and peracetic acid-induced genotoxicity detected by the Comet assay and *Saccharomyces cerevisiae* D7 tests, *UK environmental mutagen society*, 19(2), 157-162.
- Chandra, D., Kim, J.G., Kim, Y.P. 2012. Changes in microbial population and quality of microgreens treated with different sanitizers and packaging films, *Horticulture, environment, and biotechnology*, 53(1), 32-40.
- Choe, U., Yu, L.L., Wang, T.T. 2018. The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st century, *Journal of agricultural and food chemistry*, 66 (44), 11519-11530.
- Choi, Y., Um, S., Park, T. 2013. Indole-3-carbinol directly targets SIRT1 to inhibit adipocyte differentiation, *International journal of obesity*, 37(6), 881-884.

- CDC (Centers for Disease Control and Prevention). 2014. Free Chlorine Testing, Atlanta-ABD. <https://www.cdc.gov/safewater/chlorine-residual-testing.html#whytest>
- Cordain, L., Eaton, S.B., Sebastian, A., Mann, N., Lindeberg, S., Watkins, B.A., O'Keefe, J.H., Brand-Miller, J. 2005. Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century, *The American journal of clinical nutrition*, 81(2), 341-354.
- Coşkun, T. 2011. İmmünonütrisyon dan farmakonütrisyonu, *Çocuk sağlığı ve hastalıkları dergisi*, 54, 164-181.
- Collivignarelli, M.C., Abbà, A., Benigna, I., Sorlini, S., Torretta, V. 2018. Overview of the Main Disinfection Processes for Wastewater and Drinking Water Treatment Plants, *Sustainability*, 10(1), 86.
- David, L.A., Maurice, C.F., Carmody, R.N., Gootenberg, D.B., Button, J.E., Wolfe, B.E., Ling, A.V., Devlin, A.S., Varma, Y., Fischbach, M.A. 2014. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome, *Nature*, 505(7484), 559.
- Del Rio, D., Rodriguez-Mateos, A., Spencer, J.P., Tognolini, M., Borges, G., Crozier, A. 2013. Dietary (poly) phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases, *Antioxidants & redox signaling*, 18(14), 1818-1892.
- Delian, E., Chira, A., Bădulescu, L., Chira, L. 2015. Insights into microgreens physiology, *Sci. Pap. Ser. B Horticulture*, 59, 447-454.
- Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., Serio, F. 2017. Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (*Brassica rapa* L.) microgreens, *Journal of the science of food and agriculture*, 97(4), 1212-1219.
- Di Gioia, F., Mininni, C., Santamaria, P. 2015. Come coltivare micro-ortaggi, Microgreens, Eco-logica editore (Bari).
- Doğan, Z., Arslan, S., Berkman, A. 2015. Türkiye'de Tarım Sektörünün İktisadi Gelişimi ve Sorunları: Tarihsel Bir Bakış, *Niğde Üniversitesi iktisadi ve idari bilimler fakültesi dergisi*, 8(1), 29-41.
- García-Mediavilla, V., Crespo, I., Collado, P.S., Esteller, A., Sánchez-Campos, S., Tuñón, M.J., González-Gallego, J. 2007. The anti-inflammatory flavones quercetin and kaempferol cause inhibition of inducible nitric oxide synthase, cyclooxygenase-2 and reactive C-protein, and down-regulation of the nuclear factor kappaB pathway in Chang Liver cells, *European journal of pharmacology*, 557(2-3), 221-229.
- Golay, A., Ybarra, J. 2005. Link between obesity and type 2 diabetes, *Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism*, 19(4), 649-663.
- Gürel, Ç., Nursal, A.F., Yiğit, S. 2016. Epigenetik ve kanser, *Türkiye klinikleri journal of radiat oncol-special topics*, 2(1), 45-51.
- He, Y., Yue, Y., Zheng, X., Zhang, K., Chen, S., Du, Z. 2015. Curcumin, inflammation, and chronic diseases: how are they linked?, *Molecules*, 20(5), 9183-9213.
- Hodges, D.M., Toivonen, P.M. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress, *Postharvest biology and technology*, 48(2), 155-162.
- Huang, H., Jiang, X., Xiao, Z., Yu, L., Pham, Q., Sun, J., Chen, P., Yokoyama, W., Yu, L.L., Luo, Y.S. 2016. Red cabbage microgreens lower circulating low-density lipoprotein (LDL), liver cholesterol, and inflammatory cytokines in mice fed a high-fat diet, *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(48), 9161-9171.
- IARC. 2004. Cruciferous vegetables, isothiocyanates and indoles. IARC. 9283230094.

- Işık, H., Topalcengiz, Z., Güner, S., Aksoy, A. 2020. Generic and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (O157: H7) contamination of lettuce and radish microgreens grown in peat moss and perlite, *Food control*, 107079.
- Jablasone, J., Warriner, K., Griffiths, M. 2005. Interactions of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* plants cultivated in a gnotobiotic system, *International journal of food microbiology*, 99(1), 7–18.
- Janovská, D., Stocková, L., Stehno, Z. 2010. Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens, *Acta Agriculturae Slovenica*, 95(2), 157.
- Kopsell, D.A., Sams, C.E. 2013. Increases in shoot tissue pigments, glucosinolates, and mineral elements in sprouting broccoli after exposure to short-duration blue light from light emitting diodes, *Journal of the American society for horticultural science*, 138(1), 31-37.
- Kou, L., Luo, Y., Yang, T., Xiao, Z., Turner, E.R., Lester, G.E., Wang, Q., Camp, M.J. 2013. Postharvest biology, quality and shelf life of buckwheat microgreens, *LWT-Food science and technology*, 51(1), 73-78.
- Kou, L., Yang, T., Liu, X., Luo, Y. 2015. Effects of Pre- and Postharvest Calcium Treatments on Shelf Life and Postharvest Quality of Broccoli Microgreens, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 50(12), 1801–1808.
- Kou, L., Yang, T., Luo, Y., Liu, X., Huang, L., Codling, E. 2014. Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens, *Postharvest biology and technology*, 87, 70-78.
- Kyriacou, M.C., Roupael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., De Pascale, S., Santamaria, P. 2016. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens, *Trends in food science & technology*, 57, 103-115.
- Laveti, D., Kumar, M., Hemalatha, R., Sistla, R., Gm Naidu, V., Talla, V., Verma, V., Kaur, N., Nagpal, R. 2013. Anti-inflammatory treatments for chronic diseases: a review, *Inflammation & Allergy-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Inflammation & Allergy)*, 12(5), 349-361.
- Lee, C.-H., Olson, P., Hevener, A., Mehl, I., Chong, L.-W., Olefsky, J.M., Gonzalez, F.J., Ham, J., Kang, H., Peters, J.M. 2006. PPAR $\delta$  regulates glucose metabolism and insulin sensitivity, *Proceedings of the national academy of sciences*, 103(9), 3444-3449.
- Lee, J-S., Kim, J-G., Park, S.H. 2009. Effects of chlorine wash on the quality and microbial population of 'Tah Tasai' Chinese cabbage (*Brassica campestris* var. *narinosa*) microgreen, *Korean journal of horticultural science & technology*, 27, 625–630.
- Li, J., Lin, J.C., Wang, H., Peterson, J.W., Furie, B.C., Furie, B., Booth, S.L., Volpe, J.J., Rosenberg, P.A. 2003. Novel role of vitamin k in preventing oxidative injury to developing oligodendrocytes and neurons, *Journal of neuroscience*, 23(13), 5816-5826.
- Ma, L., Lin, X.M. 2010. Effects of lutein and zeaxanthin on aspects of eye health, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(1), 2-12.
- Martínez-Villaluenga, C., Frías, J., Gulewicz, P., Gulewicz, K., Vidal-Valverde, C. 2008. Food safety evaluation of broccoli and radish sprouts, *Food and chemical toxicology*, 46(5), 1635-1644.
- Mayer, A.M. 1997. Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables, *British food journal*, 99(6), 207-211.



- Meng, Q., Yuan, F., Goldberg, I.D., Rosen, E.M., Auburn, K., Fan, S. 2000. Indole-3-carbinol is a negative regulator of estrogen receptor- $\alpha$  signaling in human tumor cells, *The Journal of nutrition*, 130(12), 2927-2931.
- Metin, M., Öztürk, F. 1995. Süt İşletmelerinde Sanitasyon, Ege Üniv. Meslek Yüksek Okulu Yayınları, (17), 79-110.
- Mir, S.A., Shah, M.A., Mir, M.M. 2017. Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components, *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(12), 2730-2736.
- Misra, G., Gibson, K.E. 2020. Survival of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Javiana and *Listeria monocytogenes* is dependent on type of soil-free microgreen cultivation matrix, *Journal of applied microbiology*, 10.1111/jam.14696.
- Mittal, M., Siddiqui, M.R., Tran, K., Reddy, S.P., Malik, A.B. 2014. Reactive oxygen species in inflammation and tissue injury, *Antioxidants & redox signaling*, 20(7), 1126-1167.
- Murphy, C., Pill, W. 2010. Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (roquette; *Eruca vesicaria* subsp. *sativa*), *The Journal of horticultural science and biotechnology*, 85(3), 171-176.
- Murphy, C.J., Llort, K.F., Pill, W.G. 2010. Factors affecting the growth of microgreen table beet, *International journal of vegetable science*, 16(3), 253-266.
- Müller, L., Theile, K., Böhm, V. 2010. In vitro antioxidant activity of tocopherols and tocotrienols and comparison of vitamin E concentration and lipophilic antioxidant capacity in human plasma, *Molecular nutrition & food research*, 54(5), 731-742.
- NACMCF. 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds, *International Journal of food microbiology*, 52(3), 123-153.
- Nathan, C. 2002. Points of control in inflammation, *Nature*, 420 (6917), 846.
- Natvig, E.E., Ingham, S.C., Ingham, B.H., Cooperband, L.R., Roper, T.R. 2002. *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Escherichia coli* contamination of root and leaf vegetables grown in soils with incorporated bovine manure, *Applied and environmental microbiology*, 68(6), 2737-2744.
- Olsen, A., Stripp, C., Christense, J., Thomsen, B.L., Overvad, K., Tjønneland, A. 2005. Re: Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease, *Journal of the national cancer institute*, 97(17), 1307-1308.
- Ötleş, S., Yeşim, A. 2011. Karotenoidlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi, *Pamukkale üniversitesi mühendislik bilimleri dergisi*, 3(1), 249-254.
- Padayatty, S.J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J.-H., Chen, S., Corpe, C., Dutta, A., Dutta, S.K. 2003. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention, *Journal of the american college of nutrition*, 22(1), 18-35.
- Parnell, T.L., Harris, L.J., Suslow, T.V. 2005. Reducing *Salmonella* on cantaloupes and honeydew melons using wash practices applicable to postharvest handling, foodservice, and consumer preparation, *International journal of food microbiology*, 99(1), 59-70.
- Pepys, M.B., Hirschfield, G.M. 2003. C-reactive protein: a critical update, *The Journal of clinical investigation*, 111(12), 1805-1812.
- Pinto, E., Almeida, A.A., Aguiar, A.A., Ferreira, I.M. 2015. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces, *Journal of food composition and analysis*, 37, 38-43.

- Portnoy, B.L., Goepfert, J.M., Harmon, S.M. 1976. An outbreak of *Bacillus cereus* food poisoning resulting from contaminated vegetable sprouts, *American journal of epidemiology*, 103(6), 589-594.
- Reed, E., Ferreira, C.M., Bell, R., Brown, E.W., Zheng, J. 2018. Plant-microbe and abiotic factors influencing *Salmonella* survival and growth on alfalfa sprouts and Swiss chard microgreens, *Applied and environmental microbiology*, 84(9), e02814-17.
- Renna, M., Di Gioia, F., Leoni, B., Mininni, C., Santamaria, P. 2017. Culinary Assessment of Self-Produced Microgreens as Basic Ingredients in Sweet and Savory Dishes, *Journal of culinary science & technology*, 15(2), 126-142.
- Reuter, S., Gupta, S.C., Chaturvedi, M.M., Aggarwal, B.B. 2010. Oxidative stress, inflammation, and cancer: how are they linked?, *Free radical biology and medicine*, 49(11), 1603-1616.
- Riggio, G.M., Wang, Q., Kniel, K.E., Gibson, K.E. 2019. Microgreens—A review of food safety considerations along the farm to fork continuum, *International journal of food microbiology*, 290, 76-85.
- Ruiz, P.A., Haller, D. 2006. Functional diversity of flavonoids in the inhibition of the proinflammatory NF- $\kappa$ B, IRF, and Akt signaling pathways in murine intestinal epithelial cells, *The Journal of nutrition*, 136(3), 664-671.
- Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Duchovskis, P. 2016. Red light-dose or wavelength-dependent photoresponse of antioxidants in herb microgreens, *PLoS one*, 11(9), e0163405.
- Samuolienė, G., Viršilė, A., Brazaitytė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Vaštakaitė, V., Novičkovas, A., Viškelienė, A., Sasnauskas, A., Duchovskis, P. 2017. Blue light dosage affects carotenoids and tocopherols in microgreens, *Food chemistry*, 228, 50-56.
- Sawan, C., Vaissière, T., Murr, R., Herceg, Z. 2008. Epigenetic drivers and genetic passengers on the road to cancer, *Mutation research/fundamental and molecular mechanisms of mutagenesis*, 642(1-2), 1-13.
- Scalbert, A., Williamson, G. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols, *The Journal of nutrition*, 130(8), 2073S-2085S.
- Shankar, S., Kumar, D., Srivastava, R.K. 2013. Epigenetic modifications by dietary phytochemicals: implications for personalized nutrition, *Pharmacology & therapeutics*, 138(1), 1-17.
- Silsüpür, S. 2011. Tarım Sektörünün Türkiye Ekonomisine Katkısı.
- Singh, J., Upadhyay, A., Bahadur, A., Singh, B., Singh, K., Rai, M. 2006. Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata), *Scientia horticulturae*, 108(3), 233-237.
- Soundararajan, P., Kim, J.S. 2018. Anti-carcinogenic glucosinolates in cruciferous vegetables and their antagonistic effects on prevention of cancers, *Molecules*, 23(11), 2983.
- Stahl, W., Sies, H. 2003. Antioxidant activity of carotenoids, *Molecular aspects of medicine*, 24(6), 345-351.
- Sun, J., Kou, L., Geng, P., Huang, H., Yang, T., Luo, Y., Chen, P. 2015. Metabolomic assessment reveals an elevated level of glucosinolate content in CaCl<sub>2</sub> treated broccoli microgreens, *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(6), 1863-1868.
- Sun, J., Xiao, Z., Lin, L.-z., Lester, G.E., Wang, Q., Harnly, J.M., Chen, P. 2013. Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMS n, *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(46), 10960-10970.

- Švajger, U., Jeras, M. 2012. Anti-inflammatory effects of resveratrol and its potential use in therapy of immune-mediated diseases, *International reviews of immunology*, 31(3), 202-222.
- Teksoy, A. (2006), "İçme Sularından Organik Madde Giderimi ve Trihalometan Oluşumunun Önlenmesi İçin Arıtma Proseslerinin Optimizasyonu", Doktora, *Çevre Mühendisliği*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 1-120.
- Topalcengiz, Z., Danyluk, M.D. 2019b. Fate of generic and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) in Central Florida surface waters and evaluation of EPA Worst Case water as standard medium, *Food research international*, 120, 322–329.
- Topalcengiz, Z., Strawn, L.K., Danyluk, M.D. 2017. Microbial quality of agricultural water in Central Florida, *PloS one*, 12(4), e0174889.
- Topalcengiz, Z., McEgan, R., Danyluk, M.D. 2019a. Fate of Salmonella in Central Florida Surface Waters and Evaluation of EPA Worst Case Water as a Standard Medium, *Journal of food protection*, 82(6), 916–925.
- Treadwell, D.D., Hochmuth, R., Landrum, L., Laughlin, W. 2010. Microgreens: A new specialty crop, *University of Florida IFAS Extension HS1164*, 3.
- Turner, E.R., Luo, Y., Buchanan, R.L. 2020. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Journal of food science*, 85(4), 870–882.
- Tzounis, X., Rodriguez-Mateos, A., Vulevic, J., Gibson, G.R., Kwik-Urbe, C., Spencer, J.P. 2010. Prebiotic evaluation of cocoa-derived flavanols in healthy humans by using a randomized, controlled, double-blind, crossover intervention study, *The American journal of clinical nutrition*, 93(1), 62-72.
- Url 1, 2012, One Green Planet, [Mighty Microgreens Versus Super Sprouts], <https://www.onegreenplanet.org/natural-health/vegan-health/mighty-microgreens-versus-super-sprouts/>, [Erişim Tarihi: 30 Aralık 2019].
- Url 2, 2019, Home Town Seeds, [Pea, Green Organic Microgreen Seeds], <https://www.hometownseeds.com/products/pea-green-organic-microgreen-seeds>, [Erişim Tarihi: 30 Aralık 2019].
- Url 3, 2018, Home Microgreens, [How to Grow Broccoli Microgreens – Super Easy], <https://homemicrogreens.com/broccoli-microgreens/>, [Erişim Tarihi: 19 Ocak 2020].
- Url 4, 2018, Yemek.com, [Evde de Yetiştirebileceğiniz Yenilebilen Küçük Mucizelerle Tanışın: Mikro Filizler], <https://yemek.com/mikro-filiz/>, Türkiye, [Erişim Tarihi: 8 Ocak 2020].
- Url 5, 2015, Gıda Hattı, [urme sektörü için büyük fırsat: Mikro Filizler], <https://www.gidahatti.com/gurme-sektoru-icin-buyuk-firsat-mikro-filizler-19444/>, Türkiye, [Erişim Tarihi: 8 Ocak 2020].
- US FDA CFSAN (U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition). 1999. Guidance for Industry: Reducing microbial food safety hazards for sprouted seeds, *Federal Register*, 64(207), 57893–57902.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1999. Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual, *University of California Berkeley*, 815-R-99014.
- Vandekinderen, I., Devlieghere, F., Van Camp, J., Kerkaert, B., Cucu, T., Ragaert, P., De Bruyne, J., De Meulenaer, B. 2009. Effects of food composition on the inactivation of foodborne microorganisms by chlorine dioxide. *International journal of food microbiology*, 131(2-3), 138-144.
- Wagner, A.E., Terschluessen, A.M., Rimbach, G. 2013. Health promoting effects of brassica-derived phytochemicals: from chemopreventive and anti-inflammatory

- activities to epigenetic regulation, *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013.
- Wang, T.T., Schoene, N.W., Milner, J.A., Kim, Y.S. 2012. Broccoli-derived phytochemicals indole-3-carbinol and 3, 3'-diindolylmethane exerts concentration-dependent pleiotropic effects on prostate cancer cells: Comparison with other cancer preventive phytochemicals, *Molecular carcinogenesis*, 51(3), 244-256.
- Wannamethee, S.G., Shaper, A.G. 1999. Weight change and duration of overweight and obesity in the incidence of type 2 diabetes, *Diabetes care*, 22(8), 1266-1272.
- Weber, C.F. 2017. Broccoli microgreens: a mineral-rich crop that can diversify food systems, *Frontiers in nutrition*, 4, 7.
- Wiseman, M. 2008. The second world cancer research fund/american institute for cancer research expert report. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: A global perspective: Nutrition society and bapen medical symposium on 'nutrition support in cancer therapy', *Proceedings of the nutrition society*, 67(3), 253-256.
- Wright, K.M., Holden, N.J. 2018. Quantification and colonisation dynamics of Escherichia coli O157:H7 inoculation of microgreens species and plant growth substrates, *International journal of food microbiology*, 273, 1–10.
- Xiao, Z., Bauchan, G., Nichols-Russell, L., Luo, Y., Wang, Q., Nou, X. 2015. Proliferation of Escherichia coli O157: H7 in soil-substitute and hydroponic microgreen production systems, *Journal of food protection*, 78(10), 1785-1790.
- Xiao, Z., Codling, E.E., Luo, Y., Nou, X., Lester, G.E., Wang, Q. 2016. Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties, *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 87-93.
- Xiao, Z., Lester, G.E., Luo, Y., Wang, Q. 2012. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens, *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 60(31), 7644-7651.
- Xiao, Z., Luo, Y., Lester, G.E., Kou, L., Yang, T., Wang, Q. 2014a. Postharvest quality and shelf life of radish microgreens as impacted by storage temperature, packaging film, and chlorine wash treatment, *LWT-Food science and technology*, 55(2), 551-558.
- Xiao, Z., Nou, X., Luo, Y., Wang, Q. 2014b. Comparison of the growth of Escherichia coli O157: H7 and O104: H4 during sprouting and microgreen production from contaminated radish seeds, *Food microbiology*, 44, 60-63.
- Yetim, H., Öztürk, İ., Törnük, F., Sağdıç, O., Hayta, M. 2010. Yenilebilir bitki ve tohum filizlerinin fonksiyonel özellikleri, *GIDA*, 35(3), 205-210.
- Yıldız, N. 2014. Yalıtımda Doğal Çözüm: Perlit. *Madencilik Türkiye Dergisi*, 100-102.
- Yılmaz, D., Demirel, Z.B. 2012. Glukosinolatlar ve Sağlık, *Beslenme ve diyet dergisi*, 40(2), 170-177.
- Zhang, Y., Tang, L., Gonzalez, V. 2003. Selected isothiocyanates rapidly induce growth inhibition of cancer cells, *Molecular cancer therapeutics*, 2(10), 1045-1052.

**EKLER**

**EK-1** Turp mikroyeşilliklerine klorlu su püskürtüldükten sonra *S. Typhimurium*, *E. coli* O157:H7, jenerik *E. coli*, Aerobik mezofilik bakteri ve Toplam maya ve küf sayım popülasyonlarının ortalama değerleri

		Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
Sal		Sal	Sal	Sal	Sal
0X		1×	2×	3×	4×
5.999862	0	5.999862	5.999862	5.999862	5.999862
0.100672	0.5	5.467162	4.895511	5.347472	5.347472
	1	5.149828	5.190783	4.899957	5.167145
	2	5.113532	5.124368	4.941751	4.940061
		Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
STEC		STEC	STEC	STEC	STEC
0X		1×	2×	3×	4×
5.696058	0	5.696058	5.696058	5.696058	5.696058
0.200304	0.5	4.872358	5.25486	5.099323	5.225426
	1	5.216061	5.045393	4.929675	4.938397
	2	5.058275	4.827137	4.986012	5.096288
		Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
Gen		Gen	Gen	Gen	Gen
0X		1×	2×	3×	4×
5.517447	0	5.517447	5.517447	5.517447	5.517447
0.452882	0.5	5.057979	6.033795	5.745389	5.622086
	1	5.269275	5.348035	5.805253	5.438065
	2	5.858738	4.760674	5.480674	4.896118
		Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
AMB		AMB	AMB	AMB	AMB
0X		1×	2×	3×	4×
7.430622	0	7.430622	7.430622	7.430622	7.430622
0.829472	0.5	7.370943	7.494812	7.385707	7.091146
	1	7.232236	7.43326	7.269432	6.743424
	2	7.211345	6.803953	6.841413	6.368436
		Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
TYMC		TYMC	TYMC	TYMC	TYMC
0X		1×	2×	3×	4×
3.738187	0	3.738187	3.738187	3.738187	3.738187
0.505256	0.5	4.106515	4.23362	3.787967	3.965012
	1	3.804926	3.957175	3.9577	4.06834
	2	3.779467	3.878385	3.988125	3.575768

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Zeynep AYTEMİŞ  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Muş 14.04.1993  
**Telefon** : 05366406175  
**Faks** :  
**e-mail** : zeynep\_aytemiz@hotmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Muş Lisesi, Merkez, Muş	2010
Üniversite	: İnönü Üniversitesi, Battalgazi, Malatya	2015
Yüksek Lisans	: Muş Alparslan Üniversitesi, Merkez, Muş	2021
Doktora	: -	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	Park Gıda Hayvancılık Ltd.Şti	Kalite Kontrol Sorumlusu

### UZMANLIK ALANI

### YABANCI DİLLER

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

### YAYINLAR