

## MİKROYEŞİLLİKLER: BESİNSEL İÇERİĞİ, SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ, ÜRETİMİ VE GIDA GÜVENLİĞİ

**Sefa Işık<sup>1,2\*</sup>, Hasan Işık<sup>1</sup>, Zeynep Aytemiş<sup>3</sup>, Senem Güner<sup>4</sup>,  
Aziz Aksoy<sup>5</sup>, Bülent Çetin<sup>2</sup>, Zeynal Topalcengiz<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Muş Alparslan Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Muş, Türkiye

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>3</sup>Muş Alparslan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Güvenliği Anabilim Dalı, Muş, Türkiye

<sup>4</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>5</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Malatya, Türkiye

<sup>6</sup>Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Muş, Türkiye

Geliş / Received: 24.03.2022; Kabul / Accepted: 04.07.2022; Online baskı / Published online: 28.07.2022

Işık, S., Işık, H., Aytemiş, Z., Güner, S., Aksoy, A., Çetin, B., Topalcengiz, Z. (2022). Mikroyeşillikler: besinsel içeriği, sağlık üzerine etkisi, üretimi ve gıda güvenliği. *GIDA* (2022) 47 (4) 630-649 doi: 10.15237/ gida.GD22041

*Işık, S., Işık, H., Aytemiş, Z., Güner, S., Aksoy, A., Çetin, B., Topalcengiz, Z. (2022). Microgreens: nutritional content, health effect, production, and food safety. GIDA (2022) 47 (4) 630-649 doi: 10.15237/ gida.GD22041*

### ÖZ

Günümüzde sağlıklı ve organik gıdalara olan talep giderek artmaktadır. Bu gıdalardan biri olan mikroyeşillikler; sahip oldukları canlı renk, hassas yapı, yüksek aroma ve özellikle içerdikleri biyoaktif bileşenlerden dolayı sağlık üzerinde olumlu etkileri nedeniyle son yıllarda tüketicilerin ilgisini çekmektedir. Mikroyeşillikler çeşitli sebze, tahıl ve bitki tohumlarının çimlenmesinden sonra ilk gerçek yapraklarının oluşumunu takiben hasat edilen küçük boyutlardaki bitkilerdir. Mikroyeşilliklerin üretimi, genellikle gurme mutfaklarda kullanılmak üzere endüstriyel ve ev ölçekli olarak yaygınlaşmaktadır. Mikroyeşilliklerin raf ömürlerinin kısa olması ve çabuk bozulabilmesi nedenleriyle bu ürünlere hasat sonrası muhafaza ve depo koşullarında farklı prosedürler uygulanabilmektedir. Üretim şartları ve genellikle çiğ olarak tüketilmeleri nedeniyle olası bir kontaminasyon durumunda, mikroyeşillikler gıda kaynaklı hastalıklara yol açabilecek potansiyel riskli gıdalar olarak görülmektedir. Bu derlemede; üreticiler, tüketiciler ve araştırmacılar için önem taşıyan mikroyeşilliklerin besinsel içerikleri, sağlığa faydaları, yetiştirilme koşulları, muhafaza yöntemleri, kontaminasyon riskleri ve gıda güvenliğine dair bilgiler güncel araştırmalar ışığında kapsamlı bir şekilde sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Mikroyeşillikler, filizler, fonksiyonel gıda, biyoaktif bileşikler, gıda güvenliği, hidroponik sistem

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: s.isik@alparslan.edu.tr

☎: (+90) 436 249 4949/2521

☎: (+90) 436 249 1025

Sefa Işık; ORCID no: 0000-0002-1480-7230

Hasan Işık; ORCID no: 0000-0002-1783-9019

Zeynep Aytemiş; ORCID no: 0000-0002-2989-8788

Senem Güner; ORCID no: 0000-0002-6697-5535

Aziz Aksoy; ORCID no: 0000-0002-9683-6691

Bülent Çetin; ORCID no: 0000-0002-4679-2555

Zeynal Topalcengiz; ORCID no: 0000-0002-2113-7319

## MICROGREENS: NUTRITIONAL CONTENT, HEALTH EFFECT, PRODUCTION, AND FOOD SAFETY

### ABSTRACT

Demand for healthy and organic foods have been enourmously increasing. Microgreens are small-sized various vegetables, cereal and plant seeds harvested after the formation of the first true real leaves on germinated plants. Microgreens attract consumers attention with via their vibrant bright color, fragile structure and positive effects on health, especially with high amounts of bioactive components. Industrial and household production of microgreens have been increasing as a new gourmet culinary ingredient. The short shelf life and fast degradation of the microgreens requires the application of different procedures in the optimization of storage methods and conditions after the harvest. Food safety risks associated with the consumption of microgreens differ from mature vegetables due to growth conditions. In this review; The nutritional content, health benefits, growing conditions, storage methods, contamination risks and safety of microgreens, which are important for producers, consumers and researchers, have been comprehensively reviewed in the light of current research.

**Keywords:** Microgreens, sprout, functional food, bioactive compounds, food safety, hydroponic system

### GİRİŞ

Mikroyeşillikler, gastronomik olarak mutfak ürünlerinin albenisini ve tadını arttıran ürünlerdir. Bu ürünler çeşitli sebze, bitki veya tahıl tohumlarının çimlenmesi ve ilk gerçek yapraklarının oluşması sonrası hasat edilen yeşilliklerdir. Canlı renk ve lezzete sahip olmalarının yanı sıra biyoaktif bileşikleri, vitaminleri ve mineralleri yüksek oranda muhteva etmeleri nedeniyle mikroyeşillikler “fonksiyonel gıda” olarak kabul edilmektedir (Treadwell vd., 2010; Kou vd. 2014; Delian vd., 2015; Marchioni vd., 2021). Son yıllarda sağlıklı beslenme amacıyla bu ürünlere olan ilgi artmaktadır (Le vd., 2020). Mikroyeşillikler aynı zamanda, vejetaryen ve vegan beslenmede diyetleri çeşitlendirebilecek ve zenginleştirebilecek bir ürün grubunu temsil etmektedir (Di Gioia vd., 2015). Olgun türlerine kıyasla daha kolay ve kısa sürede (7-21 gün) yetişmesi, insektisit gerektirmemesi, daha az su ihtiyacının olması, kolay hasat edilmesi ve taşınması gibi üretim avantajlarına sahiptir (Weber, 2017). Bu sebeplerle mikroyeşillikler üreticileri için fırsatlar sunmaktadır (Marchioni vd., 2021).

Son yıllarda tüketimi artan mikroyeşillikler, genellikle çiğ olarak tüketilmektedir. Bu nedenle mikroyeşilliklerin üretimde kullanılan sudan, ekipmanlardan ve görevli personelin yetersiz hijyeninden kaynaklı olası bir kontaminasyonda

gıda kaynaklı hastalıklara neden olma potansiyeline sahiptir (Kyriacou vd., 2016). Evlerde, küçük ve büyük boyutlu işletmelerde üretimi yapılan, buna bağlı olarak farklı risklere sahip olan mikroyeşilliklerin (Işık vd., 2020) gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu derlemenin amacı; mikroyeşilliklerin özellikleri, kullanım alanları, üretimi, besinsel içeriği ile sağlık üzerindeki etkileri hakkında bilgi vermek ve mikroyeşillikleri gıda güvenliği açısından değerlendirmektir.

### MİKROYEŞİLLİK NEDİR?

Yeşillikler, tüketim tercihlerine göre farklı gelişme evrelerinde hasat edilerek tüketilebilmektedir. Tohumdan oluşan ilk çimlenmiş yapıya “filiz” denilmektedir. Filizler; gerçek yaprak içermeyen, tomurcuk halinde satılan ve tohumun çimlenmesinden hemen sonra tüketilen ürünlerdir. Mikroyeşillikler ise; çeşitli sebze, bitki veya tahıl tohumlarının çimlenmesi sonrası ilk gerçek yaprakların oluşmasıyla hasat edilen yeşilliklerdir (Xiao vd., 2012). Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) verilerine göre ilk kez 1980’li yıllarda menülerde yer almaya başlamış, son yıllarda ise daha yaygın hale gelmiştir (Treadwell vd., 2010). Mikroyeşillikler; Türkçe kaynaklarda “mikrofilizler”, “bebek yeşillikleri” veya “mikro sebzeler” olarak adlandırılabilir. Sebze, tahıl, aromatik ve otsu bitki tohumlarından üretilen bu

olgunlaşmamış küçük boyutlardaki yeşillikler, filizlerden daha olgun, bebek yeşilliklerinden ise daha genç olarak tüketilen bitkilerdir. Dünyada hızla yaygınlaşan mikroyeşillikler Türkiye’de de ilgi görmeye başlamıştır. Çeşitli yenilebilir sebze ve bitki türlerinin spesifik bir sınıfı olan (Xiao vd., 2012; Sun vd., 2013; Pinto vd., 2015) mikroyeşilliklere giderek artan ilginin temelinde besleyici ve duyuşal özelliklerinin yanında sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı fonksiyonel gıda özelliği taşıması da yatmaktadır. Birçok çalışma mikroyeşilliklerin tohum ve olgun türlerine göre daha yoğun tat ve aromanın yanı sıra daha yüksek oranda vitamin, mineral ve biyoaktif bileşenleri içerebileceğini göstermiştir

(Janovská vd., 2010; Treadwell vd., 2010; Xiao vd., 2012). İçerdikleri besin bileşenleri açısından konsantre ürün olarak düşünülebilen bu ürünler, türlerine ve tipik boyutlarına göre sınıflandırılarak pazarlanmaktadır (Treadwell vd., 2010).

#### **Mikroyeşillik ve Filizlerin Karşılaştırması**

Mikroyeşillikler ve filizler, benzer şekilde tam olgunlaşmadan tüketilen ürünler olmalarına rağmen birbirlerinden yetiştirme şekli, yetiştirme ortamı, yaprak oluşumu, tüketilen kısımları, ışık ihtiyacı ve gübre kullanımı gibi faktörler açısından farklılıklara sahiptirler. Filizler ve mikroyeşillikler arasındaki farklılıklar Çizelge 1’de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 1. Mikroyeşillikler ve filizlerin karşılaştırması (Murphy ve Pill, 2010; Mir vd., 2017; Treadwell vd., 2010)

	Mikroyeşillik	Filiz
Yetiştirme süresi (gün)	7-21	3-5
Yetiştirme ortamı	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

Mikroyeşillikler gerçek yaprakların oluşmasına kadar türlere bağlı olarak genellikle 2.5-7.6 cm yüksekliğe sahip olup filizlere göre daha olgun ürünlerdir (Xiao vd., 2012). Bebek yeşillikleri ise mikroyeşilliklere kıyasla daha büyük olup genellikle 10 cm uzunluğunda hasat edilmektedirler. Hem bebek yeşilliklerin hem de mikroyeşilliklerin herhangi bir yasal tanımı henüz yoktur. Mikroyeşillikler, bebek yeşilliklerden farklı olarak kesilmeden hasat edilip satılabilme avantajına da sahiptirler (Yetim vd., 2010; Renna vd., 2017). Mikroyeşillikler, filiz ve bebek yeşilliklerine kıyasla lezzet ve besin değerleri açısından daha fazla talep edilmektedir (Yetim vd., 2010; Renna vd., 2017).

#### **Kullanım Alanları**

Mikroyeşillik yetiştiriciliği başta seracılar, sebze ve meyve fidan üreticileri, restoran işletmecileri, ev kadınları olmak üzere çoğu kişinin ilgi alanına girmektedir. Bu durum yeni ekonomik fırsatlar sunan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Evsel üretim dışında ticari olarak üretilen

mikroyeşillikler, restoranlara ve lüks marketlere pazarlanmaktadır. Genellikle yemeklerde, çorbalarda, salatalarda, sandviçlerde, garnitürlerde ve tatlılarda; renk, doku, tat ve lezzeti geliştirmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Ayrıca içecekleri, özel yemekleri ve salataları süslemek için yenilebilir bir garnitür olarak da kullanılabilir (Treadwell vd., 2010; Xiao vd., 2012; Chandra vd., 2012; Kou vd., 2013; Pinto vd., 2015; Renna vd., 2017; Choe vd., 2018; Riggio vd., 2019).

#### **MİKROYEŞİLLİKLERİN BESİNSEL İÇERİĞİ VE SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Bitkilerin sekonder metabolik aktivitesi sonucu meydana gelen, sağlık üzerinde olumlu etkileri olan biyoaktif bileşiklere “fitokimyasallar” denilmektedir (Visioli vd., 2000; Sevindik, 2018). Mikroyeşillikler yapılarında bulunan yüksek miktardaki fitokimyasallar sayesinde çeşitli hastalıkların önlenmesinde etkili olabilmektedir (Xiao vd., 2012; Choe vd., 2018; Wojdylo vd.,

2020). Dejenaratif hastalıkları önleyici, antialerjenik, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antitrombotik (kanın pıhtılaşmasını önleyici), antikarsinojen, antiaterojen (damar sertliğini önleyici), antiülser ve vasodilatör (kan damarlarını genişletici) ajan olarak görev yapan biyoaktif bileşiklerin (Weisburger, 2000; Cemeroğlu, 2004; Halliwell, 2007) yanı sıra çeşitli vitaminleri (Singh vd., 2021) ve mineralleri (de la Fuente vd., 2019) bünyesinde bulundurması nedeniyle mikroyeşillikler, beslenmede önemli bir yere sahiptir. Ayrıca cilt ve göz sağlığına iyi gelmesi, vücudun genel hormonal dengesini iyileştirmeye yardımcı olması (Singh vd., 2021), kilo artışı engellemenisi (Huang vd., 2016) ve anti-besin olan oksalat seviyesinin az olması (Ghoora vd., 2020) mikroyeşilliklerin önemini arttırmaktadır.

### Vitamin İçeriği

Vitaminler, enzimler veya proteinlerin yapısal bileşenleri için kofaktörler olarak çeşitli fizyolojik ve biyolojik süreçlerde önemli bir rol oynayan küçük miktarlarda gerekli mikro besinlerdir (Rajagopal vd., 2022). Epidemiyolojik araştırmalar insanlarda vitamin eksikliğine bağlı olarak çeşitli hastalıkların meydana gelebileceğini göstermiştir (Combs ve McClung, 2017). Literatürde mikroyeşilliklerin besinsel içeriği üzerine yapılan çalışmalar sınırlı olmakla birlikte bu bitkilerin çeşitli vitaminleri (K1, E, C) bulundurabileceği bildirilmiştir (Xiao vd., 2012; Choe vd., 2018; Singh vd., 2021; Zou vd., 2021).

K1 vitamini olarak da bilinen filokinon, kanın pıhtılaşması ve kemiğin yeniden şekillenmesi için gereklidir (Choe vd., 2018). Daikon turpu ve kırmızı amaranth mikroyeşillikleri yüksek düzeyde K vitamini içermektedir (Singh vd., 2021). 25 mikroyeşillik türünde yapılan çalışmada özellikle yeşil sebzelerde bol bulunan K1 miktarının en yüksek kırmızı amaranthta ve en düşük macenta ıspanağında olmak üzere 0.6-4.1 µg/g arasında değiştiği belirtilmiştir. Ayrıca filokinonu yüksek oranda içeren mikroyeşilliklerin yeşil ve parlak kırmızı renge, düşük oranda içerenlerin ise sarı renge sahip oldukları bildirilmiştir (Xiao vd., 2012). *Brassica rapa* subsp. *chinensis* var. *parachinensis* bitkisi üzerine yapılan bir araştırmada K1 vitamin miktarının mikroyeşillik, fide ve yetişkin

dönemlerinde sırasıyla 377 µg, 433 µg, 363 µg/100 g şeklinde değiştiği belirlenmiştir. Literatürde mikroyeşillik dönemindeki K1 vitamin olgun haline göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Choe vd., 2018). Amerika Birleşik Devletleri Tarım Dairesi (USDA) Ulusal Besin Veri Tabanı'na göre, olgun amaranth, fesleğen ve kırmızılaha sırasıyla 1.14, 0.41 ve 0.04 µg/g filokinon konsantrasyonlarına sahiptir (Haytowitz vd., 2002).

E vitamini ailesinin bir parçasını oluşturan tokoferoller, güçlü ve doğal antioksidanlardır. Bu bileşenler belirli kanser türlerine, oksidatif ve inflamatuvar hastalıklara karşı koruma gibi sağlık açısından faydalı etkilere sahiptir (Flakelar vd., 2017). 25 mikroyeşillik türünde yapılan çalışmada doğada tokoferol ve tokotrienolün olmak üzere 4 izomer formu ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ve  $\delta$ ) bulunan E vitamini en yüksek, yeşil daikon turpunda  $\alpha$  (87.4 mg/100 g) ve  $\gamma$  (39.4 mg/100 g) tespit edilmiştir (Xiao vd., 2012). *Brassica* familyasına ait 30 mikroyeşillik üzerine yapılan başka bir araştırmada, tüm mikroyeşilliklerde  $\alpha$ -tokoferol içeriğinin  $\gamma$ -tokoferolden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar çalışmada en yüksek  $\alpha$ -tokoferol içeriğinin (4.1 mg/100 g TA (taze ağırlık)) kırmızı turp, en düşük  $\alpha$ -tokoferol içeriğinin (1.6 mg/100 mg TA) savoy lahanası mikroyeşilliklerinde olduğunu; en yüksek  $\gamma$ -tokoferol içeriğinin (1.5 mg/100 g TA) yakut turp, en düşük  $\gamma$ -tokoferol içeriğinin ise mizuna ve kırmızılaha mikroyeşilliklerinde olduğunu bildirmiştir (Xiao vd., 2019). Ayrıca diğer araştırmacılar da daikon turpunun yanı sıra kırmızı amaranth mikroyeşillikleri (Singh vd., 2021) ve brokoli mikroyeşilliklerinin de (Jang vd., 2015) yüksek E vitamini içerdiğini bildirmiştir. Koley (2016), bazı lipofilik vitaminlerin mikroyeşilliklerde olgun türlerine göre çok daha yüksek olduğunu, E vitamininin ise olgun türlerine göre 40 kat daha yüksek tespit edildiğini belirtmiştir. Zou vd. (2021) ise *Brassica rapa* subsp. *chinensis* var. *parachinensis* bitkisinin (choy sum) mikroyeşillik, fide ve olgun hallerinde meydana gelen tokoferol ( $\alpha$ -tokoferol ve  $\gamma$ -tokoferol) miktarındaki değişimin önemli olmadığını belirlemiştir. Bu durum gelişme dönemlerine bağlı olarak

bileşenlerin miktarında meydana gelen değişimin türden türe değişebileceğini göstermektedir.

C vitamini olarak bilinen askorbik asit (AA) insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Choe vd., 2018). 25 çeşit mikroyeşillikdeki toplam askorbik asit (TAA) değerinin en yüksek kırmızılahanada olduğu ve mikroyeşilliklerdeki TAA içeriğinin 20.4-147.0 mg/100 g arasında değiştiği belirtilmiştir (Xiao vd., 2012). Turp mikroyeşilliklerinde TAA miktarının 106.3 mg/kg olduğu rapor edilmiştir (Xiao vd., 2015). *Brassicaceae* üyesi olan 30 mikroyeşillik üzerine yapılan bir araştırmada en yüksek TAA içeriğinin (120.8 mg/100 g) karnabahar, en düşük (32.9 mg/100 g) ise biber mikroyeşilliklerinde olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada en yüksek AA konsantrasyonu (89.3 mg/100 g TA) brokoli ve karnabahar, en düşük AA konsantrasyonu (18.9 mg/100 g TA) ise Çin lahanası mikroyeşilliklerinde bulunmuştur (Xiao vd., 2019). C vitamini ve TAA içeriğinin olgun halinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Xiao vd., 2012). Ancak yapılan başka bir çalışmada ise kale bitkisi ve hardal mikroyeşilliklerinin olgun hallerine göre daha az C vitamini içerdiği rapor edilmiştir (de la Fuente vd., 2019). Ebert vd. (2015)'de amaranth bitkisinin olgun halinde filizlerden daha fazla C vitamini olduğunu belirtmiştir. Mikroyeşilliklerde olan ancak filiz oluşumunda gerçekleşmeyen fotosentetik aktivitenin, mikroyeşilliklerdeki AA seviyesinin filizlere oranla daha yüksek olmasına neden olduğu düşünülmektedir (Smirnoff ve Wheeler, 2000).

### Mineral İçeriği

Mikroyeşillikler mineral açısından zengin kaynaklardır (Xiao vd., 2016; de la Fuente vd., 2019). Bu açıdan mikroyeşillikler, insan beslenmesinde gerekli olan temel mineralleri içermesi nedeniyle önem taşımaktadır (White ve Broadley, 2009). Mikroyeşilliklerdeki besin öğeleri çeşide göre değişmekle birlikte çoğu potasyum açısından zengin bir kaynaktır (Singh vd., 2021). *Brassica* familyasından 30 mikroyeşillik üzerine yapılan bir çalışmada, tüm mikroyeşillik çeşitlerinin en fazla potasyum olmak üzere fosfor, kalsiyum, magnezyum ve sodyumu içerdiği tespit

edilmiştir. Potasyum oranı en yüksek (387 mg/100 g) wasabide, en düşük (176 mg/100 g) ise daikon turpunda tespit edilmiştir. Doğal gübreleme yöntemiyle yetiştirilen brokoli mikroyeşilliklerindeki mineral miktarı (P, K, Mg, Mn, Zn, Fe, Ca, Na, ve Cu) olgun türlerine göre 1.15-2.32 kat daha fazladır (Xiao vd., 2016, Weber, 2017). Amaranth bitkisinin ortalama Fe ve Zn içeriğinin filizlerde mikroyeşilliklere kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Ebert vd., 2015). Mikroyeşilliklerde ağır toksik metallere olan kadmiyum ve kurşun ise tespit edilmemiştir (Xiao vd., 2016). Yapılan çalışmalara göre mikroyeşilliklerin besin içerikleri farklılık gösterse de çoğu özellikle potasyum, demir, çinko, magnezyum ve bakır açısından zengindir.

### Biyoaktif Bileşik İçeriği

Epidemiyolojik kanıtlar, içerdikleri biyoaktif bileşenler sayesinde düzenli olarak *Brassicaceae* üyelerinin tüketiminin kanser, kardiyovasküler hastalıklar (KVH) ve diğer dejeneratif hastalıkların görülme sıklığını azalttığını göstermektedir (Ferrarini vd., 2011; Xiao vd., 2019; Le vd., 2020). Biyoaktif bileşiklerin antiinflamatuvar özellikleri sayesinde sağlık üzerinde olumlu etkileri vardır. Brokoli filizleri ve mikroyeşillikleri, olgun hallerinden daha yüksek oranda biyoaktif bileşik içermeleri sayesinde yüksek antiinflamatuvar etki göstererek doğal savunma sistemlerini uyarabilmekte ve kronik hastalık riskini azaltabilmektedir (Kopsell vd., 2014; Le vd., 2020). Mikroyeşillikler, ülseratif kolit ve Crohn hastalığı gibi inflamatuvar bağırsak hastalıklarının önlenmesinde ve tedavisinde de potansiyele sahiptir (Subedi vd., 2019).

Yapısındaki bileşenler sayesinde mikroyeşillikler, hücre lipitlerini ve proteinlerini okside ederek DNA'ya zarar veren reaktif oksijen türlerinin azaltılmasında doğrudan; inflamatuvar yanıtın düzenlenmesinde ise dolaylı olarak etkileri bulunmaktadır (Mittal vd., 2014, Choe vd., 2018).

Bitkilerin fitokimyasal bileşik çeşitliliği ve miktarı, hem bitki türü gibi genetik şartlara hem de çimlenme, depolama ve işleme zamanı gibi çevresel koşullarla birlikte yetiştirme koşullarına göre değişebilmektedir (Kyriacou vd., 2016;

Bulgari vd., 2017; Samuolienė vd., 2019; Kyriacou vd., 2020; Wojdylo vd., 2020). *Brassica* familyasına ait 30 çeşit mikroyeşillik fitokimyasal ve antioksidan kapasitesinin belirlendiği çalışmada, çeşitler arasında farklılıklar bulunmasına rağmen bu mikroyeşilliklerin iyi bir antioksidan ve fitokimyasal kaynağı olduğu tespit edilmiştir (Xiao vd., 2019). Fitokimyasal seviyesi gelişme evrelerine göre değişerek filiz evresinden tam olgunlaşma evresine doğru azalmaktadır. Bu nedenle mikroyeşillikler yetişkin bitkilere oranla polifenol (fenolikler, flavonoidler), pigment ve antioksidan madde gibi fitokimyasal bileşikler daha yüksek seviyede ve daha geniş çeşitlilikte içerebilmektedir. (Mir vd., 2017; Ilakiya vd., 2020; Turner vd., 2020; Singh vd., 2021).

Fenolik bileşikler (polifenoller), flavonoidler, fitosteroller, fitoestrogenler, izotiyosiyanatlar, saponinler, sülfidler, sülfurafanlar, karotenoidler, kumarinler, tokoferoller, terpenler, tanenler, terpenoidler, alkaloidler ve indoller en çok bilinen fitokimyasal bileşiklerdir (Fidan ve Dündar, 2007). Fenolik bileşikler esas olarak antioksidan, antikanserojenik, antimikrobiyal, antiinflamatuvar aktiviteye sahip ve yaşlanmayı önleyici etkilerle ilişkilendirilen metabolitlerdir (Kumar ve Goal, 2019). Zengin bir polifenol kaynağı olan mikroyeşilliklerin tüketilmesinin KVH riskinin azalmasına katkıda bulunduğu belirtilmiştir (Tangney ve Rasmussen, 2013). Yapılan araştırmalar mikroyeşilliklerin trigliserit, LDL ve kolesterol seviyesini düşürebileceğini; kilo artışı azaltabileceğini, aynı zamanda hiperkolesterolemiye karşı koruma sağlayabileceğini göstermektedir (Jiang vd., 2016; Huang vd., 2016). Bitki kaynaklı polifenollerin bilişsel işlevleri iyileştirmekle birlikte alzheimer dahil belirli nörodejeneratif hastalıkların başlamasını önlemede ve geciktirmede önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (Villaflora vd., 2012; Malar ve Devi, 2014; Teçza ve Žylińska, 2016; Thenmozhi vd., 2016).

Flavonoidlerin, flavonların, antosiyanidinlerin ve glukozinolatların kansere karşı önlem ve tedavide etkili olduğuna dair birçok araştırma vardır (Christensen vd., 2012; Geybels vd., 2013 Hui vd., 2013; Chen vd., 2014; Woo vd., 2014; Rigalli vd.,

2016; Zhou vd., 2016; Le vd., 2020). Antioksidanlarca zengin olan yeşil yapraklı sebzelerin günlük tüketiminin artırılması ile tip 2 diyabet riskinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Carter, 2010). Benzer şekilde çemen otu mikroyeşilligi ve nane yaprağının antidiyabetik potansiyel sergilediği görülmüştür (Wadhawan vd., 2017). Brokoli filizlerinin obezite ve diyabeti hafifletebileceği belirtilmiştir (Xu vd., 2018). Mikroyeşillikler, filizlerden daha yüksek antidiyabetik ve antikolinerjik aktivite sergilemektedir (Wojdylo vd., 2020).

*Brassicaceae* üyesi mikroyeşilliklerde, 164 farklı polifenolik bileşik (30 antosiyanin, 105 flavonol glikozitler ve 29 hidrokisisinamik asit ve hidrosibenzoik asit türevleri) tespit edilmiştir (Sun vd. 2013). Mercimeğin yüksek antioksidan, karabuğdayın ise dolaylı olarak antioksidan etkiye sahip bazı fenolik bileşiklerce zengin olduğu bildirilmiştir (Kowitcharoen vd., 2021). Brokoli mikroyeşilliklerinin ise yüksek polifenol içeriğine ve iyi bir antioksidan yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir (Marchioni vd., 2021). Xiao vd. (2019) tarafından *Brassicaceae* üyesi 30 mikroyeşillik üzerine yapılan bir araştırmada, en yüksek toplam fenolik madde içeriğine (811.2 mg GAE (gallik asit ekvivalent)/100 g TA) yakut turp mikroyeşilliklerinde, en düşük fenolik madde içeriğine (88.6 mg GAE/100 g TA) ise yayla teresi mikroyeşilliklerinde rastlanılmıştır. Aynı çalışmada toplam fenolik madde içeriği Çin gül turpunda 357.4, kırmızılahana 306.7, mor alabaşta 300.5, daikon turpunda 298.7, brokolide ise 282.8 mg GAE/100g TA olarak belirlenmiştir. Othman vd. (2022) toplam fenolik madde miktarının yeşil ve kırmızı fesleğende sırasıyla 642.64, 873.15 mg GAE/g KA (kuru ağırlık), yeşil ve kırmızı mizunada ise sırasıyla 349.5, 474.29 mg GAE/g KA olduğunu bildirmişlerdir.

Glukozinolatlar, lahana ve brokoliye özgü sekonder bitki metabolitleridir. *Brassica* familyasına ait 30 mikroyeşillik üzerine yapılan bir araştırmada, en yüksek toplam glukozinolat içeriğinin (535.5  $\mu$ mol/100 g TA) Çin gül turpu, en düşük toplam glukozinolat içeriğinin (1.0  $\mu$ mol/100 g TA) ise kırmızı hardal mikroyeşilliklerinde olduğu bildirilmiştir (Xiao

vd., 2019). Aynı çalışmada toplam glukosinolat içeriği kırmızı komatsuna mikroyeşilliklerinde 397.1 µmol/100 gr TA, kırmızıturp mikroyeşilliklerinde 393.0 µmol/100 g TA ve tatsoi mikroyeşilliklerinde 377.8 µmol/100 g TA olarak tespit edilmiştir. Mikroyeşilliklerdeki glukosinolat miktarı gelişmeye bağlı olarak azalabilmektedir. Yapılan bir çalışmada kırmızılahana mikroyeşilliklerindeki glukosinolat içeriğinin (17.15 µmol/g), olgun kırmızılahanadaki glukosinolat içeriğinden (8.30 µmol/g) daha yüksek olduğu bulunmuştur (Huang vd., 2016).

Karotenoidler, bitkilere açık sarıdan kırmızıya kadar değişen renkleri vermekle beraber antioksidan aktivitesine de sahip olan pigmentlerdir (Ötleş ve Yeşim, 1997). Bunlardan beta-karoten, bitkilere kırmızı-turuncu rengi veren pigment olup A vitamininin öncül maddesidir. Brokoli, karnabahar ve bezelye mikroyeşillikleri yetişkin hallerine kıyasla daha fazla karotenoid içermektedir (Klopsch vd., 2018; Xiao vd., 2019). Bunun yanı sıra amaranth bitkisinde Provitamin A, α-karoten ve β-karoten miktarının, filizlerden mikroyeşilliklere doğru önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir (Ebert vd., 2015). *Brassica* familyasına ait türlerden mercimek mikroyeşillliği yüksek klorofil ve karotenoid içeriğine sahiptir. Bu pigmentler açısından mikroyeşillikler, filizlerinden daha zengin kaynaklardır (Kowitcharoen vd., 2021). 25 tür mikroyeşillik örneğinde yapılan çalışmada en yüksek β-karoten oranına (12.1 mg/100 g) kırmızı kuzukulağında rastlanılmıştır. Kırmızılahana mikroyeşilliklerindeki β-karoten miktarı (11.5 mg/100 g) (Xiao vd., 2012), olgun kırmızılahana yapraklarındaki β-karoten miktarından (0.044 mg/100 g) (Singh vd., 2006) daha yüksektir. Brokoli mikroyeşillliği yüksek karotenoid ve klorofil içeriğine sahiptir (Marchioni vd., 2021). Lutein ve zeaksantin pigmentleri göz sağlığı için büyük öneme sahiptir (Ma ve Lin, 2010). 25 tür mikroyeşillik içerisinde en yüksek toplam lutein ve zeaksantin miktarı kişnişte (10.1 mg/100 g TA), en düşük (1.3 mg/100 g TA) ise patlamış mısır sürgünlerinde görülmüştür (Xiao vd., 2015). Aynı şekilde bitkilerde doğal olarak bulunan violaksantin pigmenti de en yüksek kişnişte (7.7

mg/100 g), en düşük (0.9 mg/100 g) patlamış mısır sürgünlerinde tespit edilmiştir (Xiao vd., 2012).

### **Diğer Besin Öğeleri ve Kuru Ağırlığı**

Mikroyeşilliklerin kuru ağırlıkları üzerine yapılan bir çalışmada, ticari olarak üretilen mikroyeşilliklerin kuru ağırlık yüzdelерinin %4.6 ila %10.2 aralığında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Buna göre en yüksek kuru ağırlık yüzdesi (%10.2) altın bezelye mikroyeşillğinde, en düşük ise (%4.6) kırmızı pancar mikroyeşillğinde tespit edilmiştir (Xiao vd., 2012). Biyoaktif bileşikler ve antioksidanlar açısından zengin olan mikroyeşillikler düşük enerjiye sahip gıdalardır (Ghoora vd., 2020; Wojdylo vd., 2020). *Brassicaceae* üyesi 14 tür mikroyeşillik üzerine yapılan bir çalışmada, bu gıdaların düşük kalori (20.22 ila 53.43 kcal/100 g) ve düşük yağ (0.15 ila 0.66 g/100 g) içeriğine sahip olduğu görülmüştür (Kowitcharoen vd., 2021). Yonca mikroyeşilliklerinin, diğer bitkilerden daha yüksek miktarlarda oleik ve linoleik asitler gibi doymamış yağ asitlerine sahip olduğu bildirilmiştir (Sangronis ve Machado, 2007). Ayrıca düşük şeker ve düşük glisemik indeks ile karakterize edilmişlerdir (Wojdylo vd., 2020).

### **MİKROYEŞİLLİK ÜRETİMİ**

2020 yılında 1.4 milyar dolardan fazla pazar büyüklüğüne sahip mikroyeşilliklerin 2028 yılına kadar 3.8 milyar dolara yakın pazar büyüklüğüne ulaşarak, %13.1'lik yıllık bileşik büyüme gerçekleştireceği beklenmektedir (Anonim, 2020). Olgun türlerinden farklı olarak filizler ve mikroyeşillikler genellikle seralarda ve yüksek tünellerde ticari ölçekte üretildiği gibi bu ürünlerin ev tipi üretimi de mevcuttur (Treadwell vd., 2010; Taormina vd., 1999; Kyriacou vd., 2016). Ev tipi üretimde mikroyeşillikler az miktarlarda, saksı ya da yayvan plastik kaplarda yetiştirildiği için ticari üretime göre daha kolaydır. Ticari olarak mikroyeşillik yetiştiriciliğinde ise kalite ve gıda güvenliği açısından çeşitli planlama ve uygulamalar gerekmektedir (Treadwell vd., 2010).

Mikroyeşillikler farklı yöntemlerle yetiştirilebilmektedir. Bu amaçla 3-5 cm yüksekliğe sahip tepsi şeklindeki plastik kaplara

yetiştirme materyali konularak ekim gerçekleştirilmekte ve üretim bu kaplar içinde yapılabilmektedir. Diğer yöntem ise, yetiştirme ortamı olarak kullanılacak materyalin, bir kanal içine veya tezgâh (ahşap, plastik, alüminyum, galvanizli demir) üzerine yerleştirilmesi sonrası ekim yapılarak üretimdir. Bu iki yöntem mikroyeşillik üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Di Gioia vd., 2015).

Mikroyeşillik yetiştiriciliğinde tohumun çimlenmesini takip eden süreçte öncelikle kotiledon oluşmakta, ilerleyen safhada ise gerçek yapraklar meydana gelmektedir. Böylece yaklaşık 2.5-7.6 cm (1-3 inç) yüksekliğine ulaşan mikroyeşillikler, tüketilmek amacıyla köklerin hemen üzerinden hasat edilmekle birlikte (Xiao vd., 2012; Sun vd., 2013; Reed, 2018) yetiştirildiği tepsiler veya kapların içerisinde kesilmeden de satılabilmektedir (Xiao vd., 2014a; Renna vd., 2017).

### Gelişme Koşulları

Mikroyeşillik üretiminde tür seçimi, tohum ekim oranı, yetiştirme ortamı, gübreleme ve aydınlatma gibi çeşitli faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir (Kyriacou vd., 2016; Renna vd., 2017).

### Tür seçimi

Mikroyeşillik üretiminde tür seçimi, yetiştirilecek ürünün tüketici açısından tamamen kabul edilebilir yüksek albeniye ve lezzete sahip olması açısından kritik önem taşımaktadır (Xiao vd., 2015; Renna vd., 2017). Günümüzde 80-100 kadar bitki çeşidinin mikroyeşillik olarak kullanıldığı bildirilmekle beraber (Treadwell vd., 2010) mikroyeşilliklerin üretimi için hemen hemen her sebze tohumu kullanılabilir (Xiao vd., 2019). En çok üretilen mikroyeşillik türleri *Brassicaceae*, *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Amarillydaceae*, *Amaranthaceae* ve *Cucurbitaceae* üyesi türlerdir (Kyriacou vd., 2016). Ancak ticari mikroyeşillik türlerinin çoğu *Brassicaceae* üyesi bitki veya otlardır (Xiao vd., 2019). 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, kırmızılahana, kırmızı hardal, kırmızı orach (dağ ıspanağı), kırmızı kuzukulağı, kuzukulağı ve vasabidir (Xiao vd., 2012). Ayrıca sebzelerin biyoaktif bileşen içeriğindeki çeşitlilikten dolayı farklı besin içeriğine sahip mikroyeşillik tüketmek isteyen tüketiciler için ticari tohum şirketleri, çeşitli türler içeren belirli ürün karışımları sunmaktadır (Kyriacou vd., 2016).

### Tohum ekim oranı

Mikroyeşilliklerin gelişmesinde ekim yapılacak alandaki tohum miktarı, birim alandan elde edilecek verim açısından önemlidir. Yetiştiriciler, birim alandan daha fazla ürün sağlamak amacıyla tohum yoğunluğunu arttırmak isteyebilirler. Ancak tohum yoğunluğunun artmasına bağlı olarak uzun gövde oluşumu, hastalık riskinde artış ve sürgün kuru ağırlığında meydana gelen azalma gibi sorunlarla karşılaşılacağı için uygun oranlarda tohumlamanın yapılması gerekmektedir (Treadwell vd., 2010). Uygun oranda ekim yapılmadığı takdirde, mikroyeşillik sürgünü için gerekli olan su ve besin gibi kısıtlı kaynaklar, gelişim açısından rekabeti de beraberinde getirmektedir. Kırmızı pancar (Murphy vd., 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 artış olmasına rağmen sürgünlerin taze ağırlığında azalma meydana gelmiştir. Ayrıca kırmızı pancar mikroyeşilliklerinde tohumlama oranı arttıkça gerçek yaprakların uzunluğunda azalma tespit edilmiştir.

### Yetiştirme ortamı

Mikroyeşillikler için kullanılan yetiştirme ortamları, ürünün kalitesi ve üretimin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Kaliteli bir ürün elde etmek için ideal yetiştirme ortamı toplam hacmin %85'inden fazla gözenekli yapı, %55-70'i oranında su tutma kapasitesi ve %20-30'u oranında havalandırma seviyesi özelliklerine sahip olmalıdır (Abad vd., 2001; Kyriacou vd.,



2016). Seçilen yetiştirme ortamının patojen mikroorganizma içermemesi ve mikrobiyal kontaminasyonundan korunması gerekmektedir (Natvig vd., 2002; Renna vd., 2017).

Mikroyeşillikler, topraklı ortamlarda yetiştirilebildiği gibi hidroponik (topraksız) ortamlarda da yetiştirilebilmektedir (Di Gioia vd., 2015). Hidroponik ortamlarda mikroyeşillikleri yetiştirmek için turba, vermikülit, perlit, torf, taş yünü, tekstil elyafı matı gibi sentetik elyafların yanı sıra biyolojik olarak parçalanabilen pamuk ve jüt gibi ortam ve karışımları kullanılmaktadır (Janovská vd., 2010; Treadwell vd., 2010; Xiao vd., 2015; Di Gioia vd., 2017).

### **Gübreleme**

Toprak yerine kullanılacak herhangi bir materyale, bitkinin yaşaması için gerekli olan tüm unsurları içeren bir besin çözeltisi ilave edilerek yetiştirme yapılabilmektedir (Di Gioia vd., 2015). Bitkilerin gelişmesi için gerekli olan bileşenleri ihtiva eden gübreler uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Gübre olarak kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2$ ), kalsiyum nitrat ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), amonyum nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) gibi bileşikler veya bunların kombinasyonları kullanılabilmektedir (Treadwell vd., 2010; Kyriacou vd., 2016) Geç büyüyen mikroyeşillikler için de (havuç, dereotu, kereviz vb.) 80 mg/L azottan hazırlanan besin çözeltisi ile düşük oranlarda gübre uygulaması yapılabilmektedir (Treadwell vd., 2010). Gübrelemenin mikroyeşilliklerin gelişimi üzerine etkisinin incelendiği bazı çalışmalarda, belirli konsantrasyonlarda hazırlanan gübrelerin ekim öncesi ve ekim sonrası uygulanmasının mikroyeşilliklerin taze ağırlıklarında %21-%144 oranında artış sağladığı belirlenmiştir (Murphy ve Pill, 2010; Murphy vd., 2010). Brokoli mikroyeşilliklerine hasat öncesi  $\text{CaCl}_2$  uygulamasının biyokütlede %50'den fazla artış sağladığı ve glukosinolat konsantrasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir (Kou vd., 2014; Sun vd., 2015).

### **Aydınlatma**

Mikroyeşillikler çoğunlukla kapalı ortamlarda kullanılan çeşitli aydınlatma sistemleri ile yetiştirilirler (Turner vd., 2020). Işığın kaynak tipi,

dalga boyu, atım sıklığı, türü ve şiddeti; mikroyeşilliklerin gelişimini, fitokimyasalların oluşumunu ve birikimini etkileyebilmektedir (Delian vd., 2015; Carvalho ve Folta, 2016; Vaštakaitė vd., 2017; Jones-Baumgardt vd., 2019; Turner vd., 2020). Bitkisel üretimde; metal halojenür, floresan, akkor, yüksek basınçlı sodyum (HPS) ve gelişmiş ışık yayan diyot (LED) yaygın olarak kullanılan lambalardır (Agarwal ve Gupta, 2016; Kyriacou vd., 2016). Brokoli mikroyeşilliklerinde mavi (470 nm) LED ışığının kısa süreli kullanımı sürgün dokusunda, karotenoidlerde, glukosinolatlarda, çeşitli makro ve mikro elementlerde %29.3-%65.1 aralığında değişen oranlarda artış sağlamıştır (Kopsell ve Sams, 2013). Mikroyeşilliklere %16-33 oranında mavi LED ışığı uygulamasının karotenoid pigmentini artırdığı belirlenmiştir (Samuolienė vd., 2017). Kırmızı (638 nm ve 665 nm'de) LED ışığı altında yetiştirilen bazı mikroyeşilliklerdeki antioksidan madde miktarındaki artışın dalga boyu ve şiddetine bağlı olduğu görülmüştür (Samuolienė vd., 2016).

### **MİKROYEŞİLLİKLERDE GIDA GÜVENLİĞİ**

Tüketiciler, taze ürünleri mikrobiyolojik olarak güvenli algılamaktadır (Yu vd., 2018). Bununla birlikte taze ürünler hem hasat öncesi hem de hasat sonrası aşamalarda patojenik mikroorganizmalarla kontamine olabilmektedir (Machado-Moreira vd., 2019). Mikroyeşillikler ve filizler genellikle çiğ olarak tüketildiklerinden dolayı, olası bir kontaminasyonda gıda kaynaklı hastalıklara yol açabilecek potansiyel risk unsurlarıdır (Kyriacou vd., 2016). 1995'ten 2006 yılına kadar, ürünlerin tüketim miktarındaki artış %9 olmasına rağmen, üretime bağlı gıda kaynaklı hastalıklarda %38,6'lık bir artış meydana gelmiştir (CDC, 2016). 1998'den 2008'e kadar ortaya çıkan salgınla ilişkili hastalıklardan elde edilen veriler, gıda kaynaklı hastalıkların %46'sına sebze ve meyvelerin neden olduğu ve yapraklı sebzelerin bu gıda kaynaklı hastalıkların %22'sinden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Painter vd., 2013). Filizlerin dâhil olduğu taze tarımsal ürünlerle ilgili salgınlar ABD, İngiltere ve dünyanın diğer bölgelerinde belgelenmiştir (Waje ve Kwon, 2007; Nagar ve Bandekar, 2009;

Goodburn ve Wallace, 2013). 1973 ve 2005 yıllarında, filizlerin dünyadaki 37 gıda kaynaklı salgından sorumlu olduğu bilinmektedir (Zhang vd., 2011). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi, filizlerle ilişkili 43 gıda kaynaklı salgını rapor etmiştir (EFSA, 2011). 2011 yılında Almanya'da *Escherichia coli* O104:H4 ile kontamine olmuş filiz tüketimine bağlı olarak 4000 kişi enfekte olmuştur (Frank vd., 2011). ABD Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC)'nin (2016) raporuna göre 2000 ile 2014 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) filizlerin tüketimine bağlı olarak 42 salgın meydana gelmiş ve *Salmonella* bu salgınların 29'una neden olmuştur. 2004'ten 2012'ye kadar Avrupa Birliği'nde gıda kaynaklı salgınlara en fazla *E. coli*'nin, ikinci olarak ise *Salmonella*'nın neden olduğu bildirilmiştir (Callejon vd., 2015). ABD'de 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 (NACMCF, 1999). Crowe vd. (2015), *S. enterica*, *Listeria monocytogenes* ve shiga toksin-üreten *E. coli*'nin salgınlara neden olduğunu belirtmiştir.

Gıda kaynaklı salgın ve hastalıklara neden olmasından dolayı CDC filizleri yüksek riskli gıdalar olarak kategorize etmiştir (NACMCF, 1999). Filizler, mikroyeşillik ve bebek yeşilliklerinden farklı olarak gıda kaynaklı salgınlarda sık sık rol oynamaktadır (Ebert, 2012; Xiao vd., 2014b). Bunun nedeni filizlerin yetiştirildiği sıcaklık ve nemli koşulların *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* gibi patojen mikroorganizmaların gelişimi için elverişli ortama sahip olması ve filizlerin kökleriyle tüketilebilir olmasıdır (Dechet vd., 2014; Xiao vd., 2014b; CDC, 2016; Baker vd., 2019; Lacumin ve Comi, 2019). Filizlerin üretim ve dağıtım aşamaları için çok sayıda ulusal ve uluslararası standart bulunmasına rağmen, mikroyeşilliklerin mikrobiyolojik güvenliği hakkında eksiklikler bulunmaktadır (Xiao vd., 2014b). Mikroyeşilliklerin patojenler tarafından muhtemel kontaminasyonu halinde potansiyel tehlikesini temsil ettiği ve riski azaltmak için filizlenmiş tohumlarla aynı şekilde düşünülmesi gerektiği bildirilmiştir (Wright ve Holden 2018).

Mikroyeşillik kaynaklı bir zehirlenme vakası henüz bildirilmemesine karşın filizlerden kaynaklanan hastalıklar göz önüne alındığında, mikroyeşilliklerle ilgili risklerin kontrolü önem taşımaktadır (Kyriacou vd., 2016). Yapılan çalışmalar, mikroyeşilliklerin mikrobiyal açıdan risk taşıdığını doğrulamaktadır. Turp filizi ve mikroyeşilligi üzerinde yapılan bir çalışmada hasat edilen mikroyeşilliklerde, aynı seviyelerde aşılansız tohumlardan elde edilen filizlerden daha az *E. coli* olmasına rağmen hem filizlenme hem de mikroyeşilligin gelişimi esnasında *E. coli* O157:H7 ve O104:H4 popülasyonunda artış meydana gelmiştir (Xiao vd., 2014b). Nitekim mikroyeşillik üretiminde kontaminasyonun olması halinde, patojen bakterilerin (Riggio vd., 2019; Işık vd., 2020; Namlı vd., 2021; Işık vd., 2022) ve insan norovirüsünün mikroyeşilliklerin yenilebilir dokularına transfer olduğunu (Wang ve Kniel, 2016) gösteren çalışmalar mevcuttur.

Mikroyeşilliklerin mikrobiyolojik kontaminasyon kaynakları arasında; kontamine tohum, gübre, sulama suyu, toprak, hayvancılık/yaban hayatı gibi birçok faktör bulunmaktadır (Alegbeleye vd., 2018; Riggio vd., 2019; Misra ve Gibson, 2020). Sulama suyu özellikle topraksız (hidroponik) tarım yapılarak filiz ve mikroyeşillik üretiminde risk oluşturmaktadır (Riggio vd., 2019). Tarımsal sularda *Salmonella* ve STEC serotiplerinin uzun süre canlı kalarak kontaminasyon riskini arttırdığı rapor edilmiştir (Topalcengiz ve Danyluk, 2019; Topalcengiz vd., 2019). Riggio vd. (2019), sulama tipinin patojen transferini etkilediğini bildirmiştir. Ancak bazı araştırmacılar, mikroyeşillik türlerine patojen transferinin sulama yöntemlerinden bağımsız olduğunu fakat üretim ortamının ve tohum türlerinin patojen transferini etkileyebileceğini bildirilmiştir (Işık vd., 2020). Tohum kontaminasyonunun önlenmesi, sulama için kullanılacak suyun mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesinin iyi olması, tohumdan mikroyeşilliklere patojen transferinin daha düşük olduğu yetiştirme ortamlarının tercihi ve hasat sonrası tedbirler, riskleri azaltmada etkili olacaktır (Işık vd., 2020).

Kontaminasyon derecesi; kontaminasyon kaynağına, kaynaktaki patojen popülasyonuna, maruz kalma süresine, çevresel faktörlere (sıcaklık

ve nem gibi), bitki yetiştirme materyaline, tohum çeşidine, mikroyeşillik çeşidine ve kısımlarına bağlıdır (Wright ve Holden, 2018; Reed vd., 2018; Işık vd., 2020). Işık vd. (2022), turp mikroyeşilligi üzerine yapmış olduğu çalışmada, bitkinin kotiledon ve üst hipokotil kısımlarında abiyotik vekilin bulunduğunu ve mikroyeşilliklerin tüketilebilir herhangi bir kısmında kontaminasyonun olabileceğini bildirmişlerdir. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile elde ettikleri görüntülerde jenerik *E. coli*'nin yaprak yüzeyinde abiyotik vekil ile birlikte bulunduğunu tespit etmişlerdir. Farklı ortamlarda ve farklı sulama teknikleri kullanılarak yetiştirilen bazı mikroyeşillik türlerine jenerik *E. coli* ve shiga toksin-üreten *E. coli*'nin (STEC O157:H7) transferinde turpun marula göre, perlitin torfa göre ve bitkilerin yenilmeyen kısımlarının yenilen kısımlarına göre daha yüksek popülasyonda patojen *E. coli* içerdiği bildirilmiştir (Işık vd., 2020). Brokoli mikroyeşilliklerinde, kotiledonlardaki STEC popülasyonunun gerçek yapraklara göre daha yüksek olduğu; kontamine sulama suyundan mikroyeşillige STEC geçişinin kontamine tohuma kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Wright ve Holden 2018). Üç çeşit brokoli (Tiburon, Belstar ve Lucky) ve iki çeşit turp (Rebel ve Bolide) filizi üzerine yapılan bir çalışmada, hem brokoli hem de turp tohumlarının çimlenmesi aşamasında mikrobiyal yükte artış olduğu; ancak brokoli tohumlarına göre turp tohumlarındaki aerobik mezofil bakteri (AMB) sayısının daha fazla olduğu belirlenmiştir (Martínez-Villaluenga vd., 2008).

### MİKROYEŞİLLİKLERİN MUHAFAZASI

Mikroyeşilliklerin hassas ve tam olgunlaşmamış dokusu, hasat sonrası solunumlarının devam etmesi ve muhtemel mikrobiyal kontaminasyonlar (bu ürünlerin) raf ömürlerini sınırlandırmaktadır (Chandra vd., 2012). Hızlı bozulmanın temelinde hasattan sonra yoğun şekilde gerçekleşen biyokimyasal ve fizyolojik reaksiyonlar yer almaktadır. Uygun olmayan depolama koşulları ve hijyen eksikliği bu süreci hızlandırmaktadır (Artés vd., 2009). Hasat sırasında mikroyeşilliklerin mekanik zedelenmesini en aza indirme, hasattan sonra uygun şekilde ambalajlama ve hızlı soğutma sonrası depolama işlemleri sayesinde oluşabilecek

kalite kayıpları önlenmektedir (Mir vd., 2017). Düşük sıcaklıkta muhafaza ile mikroyeşilliklerdeki solunum, yaşlanma ve bozulma geciktirilebilmekte; mikroorganizmaların çoğalması ise önemli ölçüde engellenebilmektedir. Bu sayede kalite kaybı azaltılarak raf ömrü uzatılabilmektedir (Kou vd., 2014).

Depolama sıcaklığı ve atmosferik koşullar, hasat sonrasında mikroyeşilliklerin raf ömrünü etkileyen en önemli faktörlerdendir (Hodges ve Toivonen, 2008). Artan talep sonucunda mikroyeşilliklerin raf ömrünün uzatılması için ambalajlama ve hasat sonrası depolama koşullarının optimizasyonu önem kazanmış, bu kapsamda yapılan çalışmalar da hız kazanmıştır (Mir vd., 2017). Genellikle mikroyeşillikler oda sıcaklığında 2-4 gün, 5 °C'de ise 10-14 güne kadar uzayabilen bir raf ömrüne sahiptir (Kou vd., 2013). Karabuğday mikroyeşillikleri üzerine yapılan bir çalışmada, depolama sıcaklığı düştükçe mikrobiyal yükte azalma olduğu belirlenmiştir (Kou vd., 2013). Xiao vd. (2014a), daikon turp (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus*) mikroyeşilliklerinin hasat sonrası en uygun depolama sıcaklığının 1 °C olduğunu, böylece raf ömrünün uzatılabileceğini bildirmiştir.

Mikroyeşilliklerin paketlenmesinde ambalaj materyali olarak genellikle polietilen (PE) veya polipropilen (PP) bazlı filmler kullanılmaktadır (Allende vd., 2004; Bergquist vd., 2006). Mikroyeşillik paketlerine süper atmosferik oksijen eklenmesinin, AMB popülasyonundaki artışı azalttığı bildirilmiştir (Allende vd., 2004). Karabuğday mikroyeşilliklerinin, oksijen iletim oranı (OTR) 16.6 pmol/(m<sup>2</sup>.s.Pa) olan ambalaj filmleri ile paketlenmesi sayesinde 21 günlük depolama sonunda taze görünümünü hala muhafaza ettikleri gözlenmiştir (Kou vd., 2013).

Hasat öncesi uygulamalar mikroyeşilliklerin raf ömrünü ve kalitesini etkilemektedir (Kou vd., 2014). Dezenfektan madde uygulamalarının mikroyeşilliklerdeki toplam aerobik ve koliform bakteri popülasyonunda düşüş sağladığı belirlenmiştir (Chandra vd., 2012). Brokoli mikroyeşilliklerinde hasat öncesi 10 mM CaCl<sub>2</sub> uygulaması mikrobiyal gelişimi azaltmıştır (Kou vd., 2014). Turp mikroyeşilliklerinde hasat öncesi

klorlu suyun sprey uygulaması ile, mikroyeşillikteki *Salmonella* ve *E. coli* O157:H7 popülasyonlarının azaltılabileceği ancak gıda güvenliği açısından tek başına yeterli olmadığı bildirilmiştir (Işık vd., 2022). Klorla yıkama işleminin daikon turplarındaki (100 mg/L) AMB ve toplam maya ve küf popülasyonlarında 0.5 log CFU/g düşüş sağladığı görülmüştür (Xiao vd. 2014a). Karabuğday mikroyeşilliklerinin klorla yıkanması sonrası 5 °C'de depolanan mikroyeşilliklerdeki mikrobiyal popülasyonun ilk 7 günde azaldığı tespit edilmiştir. 7. günden 21. güne kadar, özellikle suda yıkanmış mikroyeşilliklerdeki AMB popülasyonunda artış görülmüştür. Bu durumun, yıkama işlemi sonrası artan nemden kaynaklandığı düşünülmektedir (Kou vd., 2013). Çin lahanası (*Brassica campestris* var. *narinosa*) mikroyeşilliklerindeki mikrobiyal yükün klorla yıkama işlemi ile azaldığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada, sitrik asit ve etanolün birlikte uygulanması sonucunda toplam aerobik ve koliform bakteri popülasyonunda regülasyon sağlandığından, bu işlemin klora alternatif olarak düşünülebileceği bildirilmiştir (Chandra vd., 2012).

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Mikroyeşillikler; fizyolojik yapıları, yüksek albenileri, besleyici özellikleri ve sağlık üzerindeki birçok olumlu etkisi sayesinde beslenmede önemli bir yere sahiptir. Dünya çapında üretim ve tüketimi artan mikroyeşilliklerin kaliteli ve güvenli şekilde üretilip tüketicilere sunulması önem taşımaktadır. Bu amaçla, yetiştirilen türlerin iyi tanımlanması; yetiştirme, hasat ve depolama koşullarının belirlenmesi, kaliteyi koruyarak raf ömrünün uzatılması, gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi ve risklerinin ortaya konulması hem üretici hem de tüketiciler için önemlidir. Ancak, sınırlı da olsa yapılmış çalışmalar çoğunlukla mikroyeşilliklerin yetiştirilmesi ve besin değerinin belirlenmesi üzerinedir. Yapılan araştırmalar mikroyeşilliklerin tohum ve türüne göre yetiştirme ve depolama şartları ile gıda güvenliği risklerinin artabileceğini göstermektedir. Bu nedenle mikroyeşilliklerle ilgili daha spesifik çalışmalara ihtiyaç vardır. Özellikle filizlerle benzer yetiştirme şartlarına sahip olan ancak otoritelerce güvenli olarak değerlendirilen

mikroyeşilliklerin, bitki türü ve patojen cinsine göre risklerinin ortaya konulması gerekmektedir.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### YAZARLARIN KATKISI

Bu çalışma Sefa Işık ve Zeynal Topalcengiz tarafından tasarlanmış, kaynak taraması ile makalenin yazımı Sefa Işık, Hasan Işık ve Zeynep Aytemiş tarafından yapılmıştır. Eleştirel inceleme, yorum ve danışmanlık ise Senem Güner, Aziz Aksoy, Bülent Çetin ve Zeynal Topalcengiz tarafından gerçekleştirilmiştir.

### 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, DOI: 10.1016/S0960-8524(00)00152-8.

Agarwal, A., Gupta, S.D. (2016). Impact of light-emitting diodes (LEDs) and their potential effects on plant growth and development in controlled-environment plant production systems. *Current Biotechnology*, 5, 28-43, DOI: 10.2174/2211550104666151006001126.

Alegbeleye, O., Singleton, I., Sant'Ana, A. (2018). Sources and contamination routes of microbial pathogens to fresh produce during field cultivation: a review. *Food Microbiology*, 73: 177-208, DOI: 10.1016/j.fm.2018.01.003.

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, DOI: 10.1016/S0925-5214(04)00071-7.

Anonim (2020). ReportLinker. Global Microgreens Market Analysis & Trends-Industry Forecast to 2028. [https://www.reportlinker.com/p06127645/Global-Microgreens-Market-Analysis-Trends-Industry-Forecast-to.html?utm\\_source=GNW](https://www.reportlinker.com/p06127645/Global-Microgreens-Market-Analysis-Trends-Industry-Forecast-to.html?utm_source=GNW) (Erişim tarihi: 18.03.2022).

- 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, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2008.10.003.
- Baker, K.A., Beecher, L., Northcutt, J.K. (2019). Effect of irrigation water source and post-harvest washing treatment on the microflora of alfalfa and mung bean sprouts. *Food Control*, 100, 151–157, DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.01.015.
- Bergquist, S.A., 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, DOI: 10.1002/jsfa.2373.
- Bulgari, R., Baldi, A., Ferrante, A., Lenzi, A. (2017). Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 45(2): 119–129, DOI: 10.1080/01140671.2016.1259642.
- Callejón, R.M., Rodríguez-Naranjo, M.I., Ubeda, C., Hornedo-Ortega, R., Garcia-Parrilla, M.C., Troncoso, A.M. (2015). Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union: trends and causes. *Foodborne Pathogens and Disease*, 12(1): 32–38, DOI: 10.1089/fpd.2014.1821.
- Carter, P., Gray, L.J., Troughton, J., Khunti, K., Davies, M.J. (2010). Fruit and vegetable intake and incidence of type 2 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis. *British Medical Journal*, 341, DOI: 10.1136/bmj.c4229.
- Carvalho, S.D., Folta, K.M. (2016). Green light control of anthocyanin production in microgreens. Proceedings of the VIII International Symposium on Light in Horticulture. 1134, 13–18, DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1134.2.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention) 2016. Foodborne outbreak online database (FOOD). <http://wwwn.cdc.gov/foodborneoutbreaks/#/>. (Accessed 26.05.20).
- Cemeroğlu B. (2004). *Meyve ve sebze işleme teknolojisi*. 1. Cilt 2. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, Türkiye, 2, 55-60.
- 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, DOI: 10.1007/s13580-012-0075-6.
- Chen, M., Rao, Y., Zheng, Y., Wei, S., Li, Y., Guo, T., Yin, P. (2014). Association between soy isoflavone intake and breast cancer risk for pre- and post-menopausal women: a meta-analysis of epidemiological studies. *PLoS One*, 9(2): 89288, DOI: 10.1371/journal.pone.0089288. eCollection 2014.
- 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, DOI: 10.1021/acs.jafc.8b03096.
- Christensen, K.Y., Naidu, A., Parent, M.É., Pintos, J., Abrahamowicz, M., Siemiatycki J., Koushik, A. (2012). The risk of lung cancer related to dietary intake of flavonoids. *Nutrition and Cancer*, 64(7): 964-74. DOI: 10.1080/01635581.2012.717677.
- Combs, G.F., McClung, J.P. (2017). Vitamin B12. *The Vitamins*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 431-452.
- Crowe, S.J., Mahon, B.E., Vieira, A.R., Gould, L.H. (2015). Vital signs: multistate foodborne outbreaks-United States. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2010-2014. 64(43): 1221-1225.
- de la Fuente, B., López-García, G., Mániz, V., Alegría, A., Barberá, R., Cilla, A. (2019). Evaluation of the bioaccessibility of antioxidant bioactive compounds and minerals of four genotypes of *Brassicaceae* microgreens. *Foods*, 8(7): 250, DOI: 10.3390/foods8070250.
- Dechet, A.M., Herman, K.M., Chen Parker, C., Taormina, P., Johanson, J., Tauxe, R.V., Mahon, B.E. 2014. Outbreaks caused by sprouts, United States, 1998–2010: Lessons learned and solutions

- needed. *Foodborne Pathogens and Disease*, 11(8): 635–644.
- Delian, E., Chira, A., Bădulescu, L., Chira, L. (2015). Insights into microgreens physiology. *Scientific Papers Series 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, DOI: 10.1002/jsfa.7852.
- Di Gioia, F., Mininni, C., Santamaria, P. (2015). Come coltivare micro-ortaggi. In: Microgreens, F. Di Gioia, P. Santamaria (Eds.), *ECO-logica*, Bari, Italy, pp. 51-80
- Ebert, A.W. (2013). Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia. SEAVEG 2012: High Value Vegetables in Southeast Asia: Production, Supply and Demand, 24-26 January 2012, Chiang Mai, Thailand, pp. 216-227.
- Ebert, A.W., Wu, T.H., David, Yang R.Y. (2015). Amaranth sprouts and microgreens - a homestead vegetable production option to enhance food and nutrition security in the rural-urban continuum. Proceedings of the Regional Symposium on Sustaining SmallScale Vegetable Production and Marketing Systems for Food and Nutrition Security, AVRDC, 2015, Taiwan, pp. 233–244.
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), (2011). Scientific opinion on the risk posed by shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and other pathogenic bacteria in seeds and sprouted seeds. *EFSA Journal*, 9(11): 2424, pp. 101.
- Ferrarini, L., Pellegrini, N., Mazzeo, T., Miglio, C., Galati, S., Milano F., Rossi, C., Buschini, A. (2011). Anti-proliferative activity and chemoprotective effects towards DNA oxidative damage of fresh and cooked *Brassicaceae*. *The British Journal of Nutrition*, 107(9): 1324–1332, DOI: 10.1017/S0007114511004272.
- Fidan, A.F., Dündar, Y. (2007). *Yucca schidigera* ve içerdiği saponinler ile fenolik bileşiklerinin, hipokolesterolemik ve antioksidan etkileri (Derleme). *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 47(2): 31-39.
- Flakelar, C.L., Prenzler, P.D., Luckett, D.J., Howitt, J.A., Doran, G. (2017). A rapid method for the simultaneous quantification of the major tocopherols, carotenoids, free and esterified sterols in canola (*Brassica napus*) oil using normal phase liquid chromatography. *Food Chemistry*, 214: 147-155. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.059.
- Frank, C., Faber, M.S., Askar, M., Bernard, H., Fruth, A., Gilsdorf, A., Höhle, M., Karch, H., Krause, G., Prager, R., Spode, A., Stark, K., Werber, D., HUS Investigation Team. (2011). Large and ongoing outbreak of haemolytic uraemic syndrome. *Eurosurveillance*, Germany, May 2011, 16(21):19878.
- Geybels, M.S., Verhage, B.A., Arts, I.C., Van Schooten, F.J., Goldbohm, R.A., Van den Brandt, P.A. (2013). Dietary flavonoid intake, black tea consumption, and risk of overall and advanced stage prostate cancer. *American Journal of Epidemiology*, 177(12):1388-98, DOI: 10.1093/aje/kws419.
- Ghoora, M.D., Babu, D.R., Srividya, N. (2020). Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. *The Journal of Food Composition and Analysis*, 91: 103495, DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103495.
- Goodburn, C., Wallace, C.A. (2013). The microbiological efficacy of decontamination methodologies for fresh produce: A review. *Food Control*, 32, 418–427.
- Halliwell B. 2007. Dietary polyphenols: good, bad, or indifferent for your health. *Cardiovascular Research*, 73, 341-347, DOI: 10.1016/j.cardiores.2006.10.004.
- Haytowitz, D.B., Peterson, J., Booth, S. (2002). Phylloquinone (Vitamin K) content of vegetables and vegetable products. In IFT Annual Meeting and Food Expo, 15-19 June, Anaheim, CA.
- 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, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.10.016.

- 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, DOI: 10.1021/acs.jafc.6b03805.
- Hui, C., Qi, X., Qianyong, Z., Xiaoli, P., Jundong, Z., Mantian, M. (2013). Flavonoids, flavonoid subclasses and breast cancer risk: a meta-analysis of epidemiologic studies. *PLoS One*, 8(1): e54318, DOI: 10.1371/journal.pone.0054318.
- Iacumin, L., Comi, G. (2019). Microbial quality of raw and ready-to-eat mung bean sprouts produced in Italy. *Food Microbiology*, 82: 371–377, DOI: 10.1016/j.fm.2019.03.014.
- Ilakiya, T., Parameswari, E., Davamani, V., Prakash, V. (2020). Microgreens-combating malnutrition problem. *Research Today*. 2(5): 110-112.
- 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*, 111: 107079, DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.107079.
- Işık, S., Aytemiş, Z., Çetin, B., Topalcengiz, Z. (2022). Possible explanation for limited reduction of pathogens on radish microgreens after spray application of chlorinated water during growth with disperse contamination spread of abiotic surrogate on leaves. *Journal of Food Safety*, e12984, DOI: 10.1111/jfs.12984.
- Jang, H.W., Moon, J.K., Shibamoto, T. (2015). Analysis and antioxidant activity of extracts from broccoli (*Brassica oleracea* L.) sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(4): 1169–1174, DOI: 10.1021/jf504929m.
- Janovská, D., Stocková, L., Stehno, Z. (2010). Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens. *Acta Agriculturae Slovenica*, 95(2): 157, DOI: 10.2478/v10014-010-0012-2.
- Jiang, X., Huang, H., Xiao, Z., Yu, L., Pham, Q., Yu, L.L., Luo, Y., Wang, T.T. (2016). Lipids and cholesterol-lowering activity of red cabbage microgreens. *The FASEB Journal*, 30(1): 431.8, DOI: 10.1096/fasebj.30.1\_supplement.431.8.
- Jones-Baumgardt, C., Llewellyn, D., Ying, Q., Zheng, Y. (2019). Intensity of sole-source lightemitting diodes affects growth, yield, and quality of *Brassicaceae* microgreens. *HortScience*, 54: 1168–1174, DOI: 10.21273/HORTSCI13788-18.
- Klopsch, R., Baldermann, S., Voss, A., Rohn, S., Schreiner, M., Neugart, S. (2018). Bread enriched with legume microgreens and leaves—ontogenetic and baking-driven changes in the profile of secondary plant metabolites. *Frontiers in Chemistry*, 6, 322, DOI: 10.3389/fchem.2018.00322.
- Koley, T.K. (2016). Microgreens from vegetables: More nutrition for better health. *New Age Protect Cult*, 2(2): 25-27.
- 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, DOI: 10.21273/JASHS.138.1.31.
- Kopsell, D.A., Sams, C.E., Barickman, T.C., Morrow, R.C. (2014). Sprouting broccoli accumulate higher concentrations of nutritionally important metabolites under narrow-band light-emitting diode lighting. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 139: 469–477, DOI: 10.21273/JASHS.139.4.469.
- 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, DOI: 10.1016/j.lwt.2012.11.017.
- 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, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.08.004.
- Kowitcharoen, L., Phornvillay, S., Lekham, P., Pongprasert, N., Srilaong, V. (2021). Bioactive

- composition and nutritional profile of microgreens cultivated in Thailand. *Applied Sciences*, 11, 7981, DOI: 10.3390/app11177981.
- Kumar, N., Goel, N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24, 1–10. DOI: 10.1016/j.btre.2019.e00370.
- Kyriacou, M.C., El-Nakhel, C., Pannico, A., Graziani, G., Soteriou, G.A., Giordano, M., Palladino, M., Ritieni, A., De Pascale, S., Roupael, Y. (2020). Phenolic constitution, phytochemical and macronutrient content in three species of microgreens as modulated by natural fiber and synthetic substrates. *Antioxidants*, 9(3): 252, DOI: 10.3390/antiox9030252.
- Kyriacou, M.C., Roupael, Y., Di Gioia, F., Kyrtzis, A., Serio, F., Renna, M., De Pascale, S., Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science and Technology*, 57, 103-115, DOI: 10.1016/j.tifs.2016.09.005.
- Le, T.N., Chiu, C.H., Hsieh, P.C. (2020). Bioactive compounds and bioactivities of *Brassica oleracea* L. var. *Italica* sprouts and microgreens: An updated overview from a nutraceutical perspective. *Plants*, 9, 946, DOI:10.3390/plants9080946.
- 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, DOI: 10.1002/jsfa.3785.
- Machado-Moreira, B., Richards, K., Brennan, F., Abram, F., Burgess, C.M. (2019). Microbial contamination of fresh produce: What, Where, and How?. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6): 1727-1750. DOI: 10.1111/1541-4337.12487.
- Malar, D.S., Devi, K.P. (2014). Dietary polyphenols for treatment of Alzheimer's disease-future research and development. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 15(4): 330-42, DOI: 10.2174/1389201015666140813122703.
- Marchioni, I., Martinelli, M., Ascrizzi, R., Gabbriellini, C., Flamini, G., Pistelli, L., Pistelli L. (2021). Small functional foods: comparative phytochemical and nutritional analyses of five microgreens of the *Brassicaceae* family. *Foods*, 10, 427, DOI: 10.3390/foods10020427.
- 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, DOI: 10.1016/j.fct.2008.01.004.
- 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, DOI: 10.1080/10408398.2016.1144557.
- 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*, Advance online publication. DOI: 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 and Redox Signaling*, 20(7): 1126-116, DOI: 10.1089/ars.2012.5149.
- Murphy, C., Pill, W. (2010). Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (roquette; *Eruca vesicaria* subsp. *sativa*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(3): 171-176, DOI: 10.1080/14620316.2010.11512650.
- Murphy, C.J., Lloret, K.F., Pill, W.G. (2010). Factors affecting the growth of microgreen table beet. *International Journal of Vegetable Science*, 16(3): 253-266, DOI: 10.1080/19315261003648241.
- Nagar, V., Hajare, S. N., Saroj, S. D., Bandekar, J. R. (2012). Radiation processing of minimally processed sprouts (dew gram and chickpea): Effect on sensory, nutritional and microbiological quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 47: 620–626, DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02885.x.
- Namli, S., Samut, H., Soyer, Y. (2021). Microbial growth and attachment of *Salmonella* and enterohemorrhagic and enteroaggregative *Escherichia coli* strains on cress microgreens grown



- in peat soil system. *British Food Journal*, DOI: 10.1108/BFJ-03-2021-0269.
- National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF), (1999). Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology*, 52, 123-53.
- 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, DOI: 10.1128/AEM.68.6.2737-2744.2002.
- Othman, A.J., Vodorezova, E.S., Mardini, M., Hanana, M.B. (2022). Dataset for the content of bioactive components and phytonutrients of (*Ocimum basilicum* and *Brassica rapa*) microgreens. *Data in Brief*, 40, 107737, DOI: 10.1016/j.dib.2021.107737.
- Ötleş, S., Yeşim, A. (1997). Karotenoidlerin insan sağlığı açısından önemi. *Pamukkale Univ. Journal of Engineering Science*, 3(1): 249-254.
- 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, DOI:10.1016/J.JFCA.2014.06.018.
- Rajagopal, S., Gupta, A., Parveen, R., Shukla, N., Bhattacharya, S., Naravula, J., Suravajhala, P. (2021). Vitamin K in human health and metabolism: A nutri-genomics review. *Trends in Food Science and Technology*, 119: 412-147. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.12.012.
- 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, DOI: 10.1128/AEM.02814-17.
- 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 and Technology*, 15(2): 126-142, DOI: 10.1080/15428052.2016.1225534.
- Rigalli, J.P., Tocchetti, G.N., Arana, M.R., Villanueva, S.S., Catania, V.A., Theile, D., Ruiz, M.L., Weiss, J. (2016). The phytoestrogen genistein enhances multidrug resistance in breast cancer cell lines by translational regulation of ABC transporters. *Cancer Letters*, 376(1): 165-72, DOI: 10.1016/j.canlet.2016.03.040.
- 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, DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.027.
- Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskiene, S., Duchovskis, P. (2016). Red light-dose or wavelength-dependent photoresponse of antioxidants in herb microgreens. *PLoS One*, 11(9): e0163405, DOI: 10.1371/journal.pone.0163405.
- Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Viršilė, A., Miliauskienė, J., Vaštakaitė-Kairienė, V., Duchovskis, P. (2019). Nutrient levels in *Brassicaceae* microgreens increase under tailored light-emitting diode spectra. *Frontiers of Plant Science*, 10, 1475, DOI: 10.3389/fpls.2019.01475.
- Samuolienė, G., Viršilė, A., Brazaitytė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskiene, 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, DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.01.144.
- Sangronis, E., Machado, C.J. (2007). Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *LWT-Food Science and Technology*, 40, 116-120, DOI: 10.1016/j.lwt.2005.08.003.
- Sevindik M. (2018). Pharmacological properties of Mentha Species. *Journal of Traditional Medicine & Clinical Naturopathy*, 7, 259-263, DOI: 10.4172/2573-4555.1000259.
- 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, DOI: 10.1016/j.scienta.2006.01.017.
- Singh, M., Choudhary, A., Kumar, A. (2021). Microgreens: A nutritional food. *Biotica Research Today*, 3(7): 612-613.
- Smirnoff, N., Wheeler, G.L. (2000). Ascorbic acid in plants: Biosynthesis and function. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19(4), 267-290. DOI: 10.1080/10409230008984166.
- Subedi, L., Cho, K., Park, Y.U., Choi, H.J., Kim, S.Y. (2019). Sulforaphane-enriched broccoli sprouts pretreated by pulsed electric fields reduces neuroinflammation and ameliorates scopolamine-induced amnesia in mouse brain through its antioxidant ability via Nrf2-HO-1 activation. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, DOI: 10.1155/2019/3549274.
- 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, DOI: 10.1021/jf504710r.
- 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/HRMSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46): 10960-10970, DOI: 10.1021/jf401802n.
- Tangney, C.C., Rasmussen, H.E. (2013). Polyphenols, inflammation, and cardiovascular disease. *Current Atherosclerosis Reports*, 15(5): 324, DOI: 10.1007/s11883-013-0324-x
- Taormina, P.J., Beuchat, L.R., Slutsker, L. (1999). Infections associated with eating seed sprouts: an international concern. *Emerging Infectious Diseases*, 5, 626-634, DOI: 10.3201/eid0505.990503.
- Tęcza, P., Żylińska, L. (2016). Preventive effects of curcumin and resveratrol in Alzheimer's disease. *Przegląd Lekarski*, 73(5): 320-3.
- Thenmozhi, A.J., Manivasagam, T., Essa, M.M. (2016). Role of plant polyphenols in Alzheimer's disease. *Advances in Neurobiology*, 12, 153-71, DOI: 10.1007/978-3-319-28383-8.
- Topalcengiz, Z., Danyluk, M.D. (2019). 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. *International Food Research Journal*, 120, 322-329, DOI: 10.1016/j.foodres.2019.02.045.
- Topalcengiz, Z., McEgan, R. Danyluk, M.D. (2019). 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, DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-18-331.
- 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, 870-882, DOI: 10.1111/1750-3841.15049.
- Vaštakaitė, V., Viršilė, A., Brazaitytė, A., Samuolienė, G., Jankauskienė, J., Novičkovas, A., Duchovskis, P. (2017). Pulsed light-emitting diodes for a higher phytochemical level in microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 6529-6534, DOI: 10.1021/acs.jafc.7b01214.
- Villaflores, O.B., Chen, Y.J., Chen, C.P., Yeh, J.M., Wu, T.Y. (2012). Curcuminoids and resveratrol as anti-Alzheimer agents. *Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology*, 51(4): 515-25, DOI: 10.1016/j.tjog.2012.09.005.
- Visioli, F., Borsani, L. ve Gali, C. (2000). Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. *Cardiovascular Research*, 47, 149-425, DOI: 10.1016/S0008-6363(00)00053-5.
- Wadhawan, S., Tripathi, J., Gautam, S. (2017). In vitro regulation of enzymatic release of glucose and its uptake by fenugreek microgreen and mint leaf extract. *International Journal of Food Science and Technology*, 53, 320-326, DOI: 10.1111/ijfs.13588.
- Waje, C.K., Kwon, J.H. (2007). Improving the food safety of seed sprouts through irradiation

- treatment. *Food Science and Biotechnology*, 16, 171-176.
- Wang, Q., Kniel, K.E. (2016). Survival and transfer of murine norovirus within a hydroponic system during kale and mustard microgreen harvesting. *Applied and Environmental Microbiology*, 82: 705-713, DOI: 10.1128/AEM.02990-15.
- Weber, C.F. (2017). Broccoli microgreens: a mineral-rich crop that can diversify food systems. *Frontiers in Nutrition*, 4, 7, DOI: 10.3389/fnut.2017.00007.
- White, P.J., Broadley, M.R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets-Iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182, 49-84. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x.
- Wojdylo, A., Nowicka, P., Tkacz, K., Turkiewicz, I.P. (2020). Sprouts vs. microgreens as novel functional foods: variation of nutritional and phytochemical profiles and their in vitro bioactive properties. *Molecules*, 25(20): 4648, DOI: 10.3390/molecules25204648.
- Woo, H.D., Lee, J., Choi, I.J., Kim, C.G., Lee, J.Y., Kwon, O., Kim, J. (2014). Dietary flavonoids and gastric cancer risk in a Korean population. *Nutrients*, 6(11): 4961-4973, DOI: 10.3390/nu6114961.
- 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, DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.02.025.
- 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, DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-15-063.
- 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, DOI: 10.1016/j.jfca.2016.04.006.
- 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, DOI: 10.1021/jf300459b.
- 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, DOI: 10.1016/j.lwt.2013.09.009.
- 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, DOI: 10.1016/j.fm.2014.05.015.
- Xiao, Z., Rauscha, S.R., Luo, Y., Sunc, J., Yud, L., Wang, Q., Chenc, P., Yud, L., Stommel, J.R. (2019). Microgreens of *Brassicaceae*: Genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity. *LWT-Food Science and Technology*, 101, 731-737. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.076.
- Xu, L., Nagata, N., Ota, T. (2018). Glucoraphanin: A broccoli sprout extract that ameliorates obesity-induced inflammation and insulin resistance. *Adipocyte*, 7, 218-225. DOI: 10.1080/21623945.2018.1474669.
- Yetim, H., Öztürk, İ., Törnük, F., Sağdıç, O., Hayta, M. (2010). Yenilebilir bitki ve tohum filizlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda*, 35(3): 205-210.
- Yu, H., Neal, J.A., Sirsat, S.A. (2018). Consumers' food safety risk perceptions and willingness to pay for fresh-cut produce with lower risk of foodborne illness. *Food Control*, 86, 83-89. DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.11.014.
- Zhang, C., Lu, Z., Li, Y., Shang, Y., Zhang, G., Cao, W. (2011). Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* on mung bean seeds and sprouts by slightly acidic electrolyzed water. *Food Control*, 22, 792-796, DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.11.018.

Zhou, Y., Zheng, J., Li, Y., Xu, D.P., Li, S., Chen, Y.M., Li, H.B. (2016). Natural polyphenols for prevention and treatment of cancer. *Nutrients*, 8(8): 515, DOI: 10.3390/nu8080515.

Zou, L., Tan, W.K., Du, Y., Lee, H.W., Liang, X., Lei, J., ... and Ong, C.N. (2021). Nutritional metabolites in *Brassica rapa subsp. chinensis var.*

*parachinensis* (choy sum) at three different growth stages: Microgreen, seedling and adult plant. *Food Chemistry*, 357, 129535. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129535.