

INTERNATIONAL JOURNAL OF ANATOLIA AGRICULTURAL  
ENGINEERING SCIENCES  
-IJAAES-



**ULUSLARARASI  
ANADOLU ZİRAAT MÜHENDİSLİĞİ BİLİMLERİ DERGİSİ  
-UAZİMDER-**

Uluslararası Hakemli Dergi  
International Peer Reviewed Journal

INTERNATIONAL JOURNAL OF ANATOLIA AGRICULTURAL  
ENGINEERING SCIENCES  
-IJAAES-



**ULUSLARARASI  
ANADOLU ZİRAAT MÜHENDİSLİĞİ BİLİMLERİ DERGİSİ  
-UAZİMDER-**

Uluslararası Hakemli Dergi  
International Peer Reviewed Journal

INTERNATIONAL JOURNAL OF ANATOLIA AGRICULTURAL  
ENGINEERING SCIENCES  
-IJAAES-

e-ISSN : 2667-7571

Yıl /Year : 2020

Cilt /Volume : 2

Sayı/ Issue : 4



**ULUSLARARASI  
ANADOLU ZİRAAT MÜHENDİSLİĞİ BİLİMLERİ DERGİSİ  
-UAZİMDER-**

Uluslararası Hakemli Dergi  
International Peer Reviewed Journal

### **Baş Editör**

Prof.Dr.Turan KARADENİZ

### **Editör Yardımcıları**

Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Akif ÖZCAN

Dr.Öğr. Üyesi Tuba BAK

Öğr.Gör. Levent KIRCA

Öğr.Gör. Muharrem ARSLAN

Arş.Gör. Emrah GÜLER

Arş.Gör. Fatih TEKİN

### **Editör Kurulu**

Prof.Dr. Bekir Erol AK

Prof.Dr. İbrahim BAKTIR

Prof.Dr. Hüseyin ÇELİK

Prof.Dr. Cafer GENÇOĞLAN

Prof.Dr. Ahmet KAZANKAYA

Prof.Dr. Ali KAYGISIZ

Prof.Dr. Fatih KILLI

Prof.Dr.Mustafa MİDİLLİ

Prof.Dr.Ferhad MURADOĞLU

Prof.Dr. Koray ÖZRENK

Prof.Dr. Fatih ŞEN

Prof.Dr. Faik Ekmel TEKİNTAŞ

Prof.Dr. Halil Güner SEFEROĞLU

Prof.Dr. Aydın UZUN

Prof.Dr. Zeynel DALKILIÇ

Prof.Dr.Handan ESER

Prof..Dr. Anar HATAMOV

Doç.Dr. Beyhan KİBAR

Doç.Dr. Gülsüm YALDIZ

Doç.Dr. İhsan CANAN

Dr. Öğr. Üyesi Serdar GÖZÜTOK

Dr.Öğr. Üyesi Nezih OKUR

Dr. Öğr. Üyesi Hatice İKTEN

Dr.Öğr. Üyesi Hayri SAĞLAM

Dr. Gülay BEŞİRLİ

Dr. Yılmaz BOZ

Dr. Filiz PEZİKOĞLU

### **Uluslararası Editör Kurulu**

Prof.Dr. Prof. Maria Luisa BADENES

Prof.Dr. Valerio CRISTOFORİ

Prof.Dr. Louise FERGUSON

Prof.Dr.Boris KRŠKA

Prof.Dr. Shawn MEHLENBACHER

Prof. Dr. Kourosh VAHDATI

Prof. Dr. Stefan VARBAN

Doç.Dr. Patrik BURG

Doç.Dr. Sergei KARA

Doç.Dr. Radócz LÁSZLÓ

Dr. Merce ROVIRA

### **Danışma Kurulu**

Prof.Dr. Mehmet Atilla AŞKIN

Prof.Dr. Seyit Mehmet ŞEN

Prof.Dr. Naci TÜZEMEN

## İÇİNDEKİLER/CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ/RESEARCH ARTICLES	
<b>İstanbul İli Beykoz İlçesinde Doğal Olarak Yetişen Muşmula Genotiplerinin (<i>Mespilus germanica</i> L.) Bazı Agromorfolojik Özellikleri</b>	<b>1-7</b>
Fatma AYDIN, Turan KARADENİZ, Tuba BAK, Emrah GÜLER	
<b><i>Lactobacillus acidophilus</i> Probiyotik Bakterisi İçeren Bir Bitki Aktivatörünün <i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836) (<i>Neuroptera: Chrysopidae</i>) Üzerindeki Cezbedici Etkisinin Belirlenmesi</b>	<b>8-18</b>
Sultan ÇOBAN, Emine ÇIKMAN	
DERLEME MAKALELER/REVIEW ARTICLES	
<b>Vitamin C Kaynağı Olarak Subtropik ve Tropik İklim Meyve Türleri</b>	<b>19-29</b>
Zeynel DALKILIÇ	
<b>Kapalı Bitkisel Üretim Sistemleri</b>	<b>30-38</b>
Şafak KARADAĞ, Mehmet Ufuk KASIM, Rezzan KASIM	
<b>Sekonder Metabolitler ve Roller</b>	<b>39-45</b>
Özlem BAKIR	

## İstanbul İli Beykoz İlçesinde Doğal Olarak Yetişen Muşmula Genotiplerinin (*Mespilus germanica* L.) Bazı Agromorfolojik Özellikleri

Fatma AYDIN<sup>1\*</sup>, Turan KARADENİZ<sup>1</sup>, Tuba BAK<sup>2</sup>, Emrah GÜLER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye  
[(ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0247-2987> (F.AYDIN),  
0000-0003-0387-7599, (T.KARADENİZ), 0000-0003-3327-1651 (E. GÜLER)]

<sup>2</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mudurnu Süreyya Astarıcı Meslek Yüksekokulu, Mudurnu,  
Bolu, Türkiye  
[(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4448-9704> (T.BAK)]

\*Sorumlu yazar: fatma.yildiz84@hotmail.com

### Özet

Bu çalışma 2019 yılında, İstanbul Beykoz İlçesinde doğal olarak yetişen verimli muşmula (*Mespilus germanica* L.) genotiplerinin bazı agromorfolojik özelliklerini belirlemek ve ümitvar genotipleri seçmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada 17 genotip üzerinde değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirilen genotiplerin meyve ağırlığı 4.9-14.8 g, meyve eni 19.8-28.4 mm; meyve boyu 23.3-31.7 mm; meyve hacmi 5.4 -15.6 ml; çiçek çukuru derinliği 2.1-5.4 mm; çiçek çukuru genişliği 10.2-20.4 mm; tohum ağırlığı 0.4-1.2 g; meyve eti oranı %96.5-98.6; suda çözünür kuru madde miktarı %9.6-18.1; pH'sı 2.8-3.4; toplam kuru madde miktarı %21.24-39.11 ve C vitamini 4.3-4.8 mg/100g arasında değişmiştir. Ümitvar genotiplerin belirlenmesi için 'Tartılı Derecelendirme Metodu' kullanılmış olup, çalışma sonucunda meyve ağırlığı, meyve eti oranı, suda çözünür kuru madde miktarı ve toplam kuru madde miktarı bakımından BYK 16, BYK 2, BYK 17, BYK 14 ve BYK 15 no'lu genotipler ümitvar olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Muşmula, *Mespilus germanica*, Agromorfoloji, Genotip, Türkiye, İstanbul

### Agromorphological Characteristics of Medlar (*Mespilus germanica* L.) Grown Naturally in Beykoz District of Istanbul Province

#### Abstract

This study was carried out to determine some agromorphological features and promising genotypes of productive medlar (*Mespilus germanica*) genotypes that naturally grown in Beykoz district of İstanbul in 2019. 17 wild genotypes were evaluated for the purpose of this study. Fruit weight of the evaluated genotypes varied between 4.9-14.8 g; while fruit width 19.8-28.4 mm; fruit height 23.3-31.7 mm; fruit volume 5.4-15.6 ml; depth of the ostiol 2.1-5.4 mm; ostiol width 10.2-20.4 mm; seed weight 0.4-1.2 g; fruit flesh percent 96.5-98.6%; total soluble solids 9.6-18.1%; pH 2.8-3.4, total dry matter varied from 21.24 to 39.11% and C vitamin from 4.3 to 4.8 mg/100g. According to 'Weighted Grading Method', was used to determine promising genotypes, and as a result of the study, in terms of fruit weight, fruit flesh ratio, total soluble solids and dry matter BYZ 16, BKZ 2, BYK 17, BYK 14 and BYK 15 genotypes were found to be promising.

**Key Words:** Medlar, *Mespilus germanica*, Agromorphological, Genotype, Turkey, İstanbul

## 1.Giriş

İklim çeşitliliğinin yaşandığı ülkemiz, birçok meyve türünün anavatanı olması ve meyvelerin kültüre alınması açısından bitki gen kaynağı olarak önemli bir konuma sahiptir. Ülkemizin farklı iklim ve toprak özelliklerine sahip olması nedeniyle, farklı bölgelerde çok sayıda yabani ve kültür meyve çeşitleri için yaşam alanı bulmasını sağlamıştır. Dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak insanın hem beslenme gereksiniminin hem de gıda sıkıntısının artması, ıslah çalışmalarının hızla artmasına sebep olmuştur. Özellikle, son yıllarda, yabani meyvelerin besin değerlerinin yüksek oluşu ve alternatif tıpta kullanım alanlarının artması ıslahçıların çalışmalarının bu yabani türler üzerinde yoğunlaşmasını sağlamıştır.

Bu türlerden birisi olan *Mespilus germanica* L. gülgiller (*Rosacea*) familyasına ait doğal olarak yetişen bir bitkidir (Browicz, 1972). Anavatanı, Güney-Batı ve Güney-Doğu Avrupa olmakla beraber muşmulanın milattan 200 yıl önce Roma ve 700 yıl önce ise Yunanistan'a getirildiği bilinmektedir. Ayrıca, yaklaşık 3000 yıl önce İran'ın kuzeyinde yetiştiğine dair kayıtlara da rastlanmaktadır (Yılmaz ve Gerçekcioğlu, 2013).

Muşmulanın Dünya'da bilinen en yaygın adı 'The Common Medlar'dır. Ülkemizde ise, tòngel, döngel, beş bıyık ve ezgil isimleriyle bilinmekte ve ülkemizde özellikle Marmara ve Kuzey Anadolu Dağları ile Karadeniz ve Ege Bölgelerinde yabani olarak yetişmektedir (Yılmaz ve Gerçekcioğlu, 2013).

Muşmula, kışın yaprağını döken, genellikle 3-5 metre (bazen 8 metre) boylanan, tacı küçük ve kendine verimli bir bitkidir (Phipps ve ark., 2003). Ayrıca çiçeklerinin, erselik yapıda ve beyaz-pembe renkte olduğu ve Mayıs-Haziran aylarında çiçeklendiği belirtilmiştir (Yılmaz ve Gerçekcioğlu, 2013). Yaprakları, keskin veya dikdörtgen şeklindedir ve ilk çıktıklarında tüylüdür. Meyveleri ise, yuvarlak veya oval, etli, çekirdekli ve buruktur (Yılmaz, 2015). Ağaç ömrü 30-50 yıl olmakla beraber 100 yıla kadar yaşayabilmektedir. (Phipps ve ark., 2003).

Muşmulanın Almanya, Hollanda gibi ticari olarak yetiştiriciliği yapılan ülkelerde iri meyveli çeşitleri bulunmaktadır (Hollandia, Royal, Nottingham, Russian, Breda giant, Large Russian, Dutch ve Dutch çeşidinin sinonimleri: Giant ve Monstrous). Ülkemizde ise 'İstanbul', 'İtalyan' ve 'Akçakoca 77' çeşitleri tescil edilmiş yerel çeşitlerimizdir (Yılmaz ve Gerçekcioğlu, 2013; Yılmaz, 2015).

Muşmula meyveleri, yüksek miktarda B<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, C ve A vitaminleri ile kalsiyum, potasyum, demir ve magnezyum minerallerini içermektedir. Ayrıca pektin, organik asitler, karoten ve karbonhidrat içeren muşmula meyvesi, böbrek hastalıklarına iyi gelmekte, kan dolaşımını düzenlemekte ve gaz giderici özelliği bulunmaktadır. Ayrıca kabızlık tedavisinde de kullanılmaktadır (Baytop, 1999). Muşmulanın meyvesi kadar çekirdeği ve yaprakları da faydalıdır. Çekirdeği böbrek taşlarını düşürmekte, yaprağı ise şeker hastalığına iyi gelmektedir. Muşmulanın tüm bu özelliklerinden dolayı önemi artmakta, pazar ve marketlerde satışa sunulmaktadır (Demir, 2006).

Yumuşak çekirdekli meyveler grubuna giren muşmula, ülkemizde üretim miktarı 2018 yılı verilerine göre toplam 4.695 ton olup toplam meyve veren ağaç sayısı ise 248.067'dir (Anonim, 2018). Muşmula, ülkemizde ev ve bahçelerde tek tek, yol kenarı ve ormanlarda dağılmış halde ve sınır ağacı olarak yetiştirilmekle beraber, kapama bahçe yetiştiriciliği şeklinde bulunmamaktadır (Bostan ve İslam, 2007). Ülkemizde, muşmulanın üretimi bölgelere göre, Batı Karadeniz, Ege, Batı Marmara, Doğu Marmara, Akdeniz ve Doğu Karadeniz ile diğer bölgelerdir. TÜİK 2018 yılı verilerine göre üretimde Çanakkale, Bursa ve Samsun ilk sıralarda yer almaktadır. Araştırma yaptığımız İstanbul ilinde ise 2018 TÜİK verilerine göre üretim miktarı 1 tondur.

**Çizelge 1.** Muşmulanın bazı illerde üretim miktarları (Anonim, 2018)

**Tablo 1.** Production volume of medlar in some provinces (Anonymous, 2018)

İller Provinces	Üretim Miktarı (Ton) Productin amount (Ton)	Oran(%) Percent(%)
Çanakkale	558	11.88
Bursa	544	11.59
Samsun	501	10.67
Sinop	340	7.24
Trabzon	252	5.37
Burdur	233	4.96
Manisa	191	4.07
Düzce	174	3.71
Kütahya	162	3.45
Balıkesir	153	3.26
Diğer İller Toplamı Other Provinces Total	1.587	33.80
Türkiye	4.695	100

Bu çalışmada İstanbul ili Beykoz ilçesinde doğal olarak yetişen verimli muşmula genotipleri içerisinde ümitvar olanların belirlenmesi ve

İstanbul ili Beykoz ilçesinin muşmula ağaçlarının özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece doğal floraya uyum sağlamış genotipler gelecekte yapılabilecek ıslah çalışmalarında rehber olacaktır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışma 2019 yılı Ekim ayından itibaren İstanbul Beykoz ilçesinde, doğal olarak yetişen oldukça verimli muşmula ağaçları tespit edilmiş ve mevcut popülasyonda üstün özellik gösteren 17 genotip üzerinde çalışma yürütülmüştür.

Seçilen 17 genotipin her birinden hasat olumu döneminde 35'er adet meyve ve yaprak örneği alınmış, genotiplerde meyve ağırlığı, meyve boyu ve eni, meyve eti/çekirdek oranı, çiçek çukuru genişliği ve derinliği, meyve hacmi, SÇKM, pH, titre edilebilir asitlik, C vitamini, toplam kuru madde miktarı, yaprak eni, boyu, sap uzunluğu ve kalınlık değerleri ile ağaç verimi, ağacın taç yüksekliği ve genişliği, ağacın tahmini yaşı belirlenmiştir. Ümitvar genotipler Değiştirilmiş Tartılı Derecelendirme Metoduna göre tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Muşmula genotiplerinde meyve özelliklerinin belirlenmesinde Bostan ve İslam (2007), Gülçin ve ark. (2011), Ercişli ve ark. (2012), Közen ve Bostan (2016) ve Uzun ve Bostan (2018) çalışmalarından yararlanılmıştır.

### Çizelge 2. Muşmula Genotiplerinin Değerlendirilmesinde “Değiştirilmiş Tartılı Derecelendirme Tablosu”

**Table 2.** Modified ‘Weight-Ranked Method’ on Evaluation of Medlar Genotypes

Özellikler Features	Ağırlıklı Puan Weighted Score	Sınıf Aralığı Value Range	Sınıf Puanı Value Points
<b>Meyve Ağırlığı (g)</b> Fruit Weight (g)	35	≥11.51	5
		8.21-11.5	3
		≤8.2	1
<b>Meyve Eti Oranı (%)</b> Fruit Flesh Percent (%)	30	≥97.91	5
		97.21-97.9	3
		≤97.2	1
<b>Toplam Kuru Madde (%)</b> Total Dry Matter (%)	15	≥33.16	5
		27.21-33.15	3
		≤27.2	1
<b>Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (%)</b> Total Soluble Solids(%)	20	≥21.28	5
		15.44-21.27	3
		≤15.43	1

## 3. Bulgular ve Tartışma

Beykoz ilçesi Dereseki yöresinde hasat öncesi verimli, hastalık ve zararlıların görülmediği 17 muşmula genotipi işaretlenmiş ve çalışma bu genotipler üzerinde yürütülmüştür. Hasat olumu döneminde seçilen bu genotiplerden meyve örnekleri alınarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 3’de ve ağaç özellikleri Çizelge 4’te verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde görülebileceği gibi, genotiplerde meyve ağırlığı 4.9-14.8 g; meyve eni 19.8-28.4 mm; meyve boyu 23.3-31.7 mm; meyve hacmi 5.4-15.6 ml; çiçek çukur derinliği 2.1-5.4 mm; çiçek çukuru genişliği 10.2-20.4 mm; tohum ağırlığı 0.4-1.2 g; meyve eti oranı %96.5-98.6; suda çözünür kuru madde miktarı %9.6-17.9; pH 2.8-3.4; C vitamini 4.3-4.8 mg/100 g ve toplam kuru madde miktarı %21.24-39.11 arasında değişmiştir (Çizelge 3).

Ağaç özellikleri bakımından, muşmula genotiplerinin taç yüksekliği 2.5-3.5 m; taç genişliği 1.2-1.8 m; tahmini yaşları 10-25 yaşlarında; yaprak eni 19.8-24.4 mm; yaprak boyu 52.9-65.3 mm; yaprak sap uzunluğu 4.9-6.3 mm; yaprak sap kalınlığı 0.6-0.8 mm arasında değişmiştir (Çizelge 4).

Çalışmada meyve özellikleri yönünden önemli bulunan kriterler için Değiştirilmiş Tartılı Derecelendirme Metodu uygulanmış ve genotiplerin aldıkları puanlar belirlenmiştir (Çizelge 5). Tartılı derecelendirme yöntemine göre, toplam kalite özelliklerine göre en yüksek puanları BYK 16, BYK 2, BYK 17, BYK 14 ve BYK 15 alırken (Şekil 1), en düşük puanı ise BYK 3, BYK7, BYK10, BYK 13 ve BYK11 numaralı genotipler almıştır.

İstanbul Beykoz ilçesi Dereseki yöresinde yürütülen bu çalışmada, genotiplerin meyve ağırlıkları bakımından alt ve üst değerleri 4.8–14.8 g arasında değişmiştir. Ülkemizde yapılan benzer çalışmalarda bu değerler, Bostan ve İslam (2007) 9.46-40.80 g, Ercişli ve ark. (2012) 11.21-33.24 g, Aygün ve Taşçı (2013) 6.32-36.42 g, Yılmaz (2015) 15.99-37.20 g, Közen ve Bostan (2016) 18.00-23.50 g ve Uzun ve Bostan (2018) 19.50-24.40 g olarak verilmektedir. Çalışmamız konu olan muşmula genotiplerinin meyve ağırlığı bakımından önceki çalışmalara nazaran nispeten daha düşük bulunmuştur. Meyve ağırlığıyla yüksek korelasyona sahip olan meyve boyutları da önceki çalışmalara nazaran nispeten düşük bulunmuştur. Değerlendirmeye alınan genotiplerin meyve eni 19.8-28.4 mm ve meyve boyu ise 23.3-31.7 mm arasında değişmiştir. Diğer çalışmalarda ise bu değerleri aynı sıralama ile



Bostan ve İslam (2007) 26.53-48.73 mm, 23.67-42.51 mm; Erçişli ve ark. (2012) 28.4-42.51 mm, 27.45-38.85 mm; Aygün ve Taşçı (2013) 20.60-42.70 mm, 21.80-40.10 mm; Yılmaz (2015) 31.35-43.59 mm, 28.05-35.59 mm; Közen ve Bostan (2016) 32.50-36.00 mm, 20.50-39.30 mm ve Uzun ve Bostan (2018) 31.10-35.50 mm, 31.40-35.70 mm olarak bildirmiştir. Önceki

araştırmacıların bildirdiği değerlerle çalışmamızda elde edilen değerler arasındaki farklılıkların çalışmaların farklı bölgelerde yapılması, dolayısıyla da bölgede doğal olarak yetişen muşmula genotiplerinin birbirlerinden genetik olarak farklı olmasından kaynaklandığı öngörülmektedir.

**Çizelge 3.** Seçilen genotiplerin meyve özellikleri

**Table 3.** Fruit characteristics of selected genotypes

Genotipler Genotypes	Meyve Ağırlığı (g) Fruit Weight (g)	Meyve Eni (mm) Fruit Width (g)	Meyve Boyu (mm) Fruit Height (mm)	Meyve Hacmi (ml) Fruit Volume (ml)	Meyve Eti Oranı (%) Fruit Flesh Percent (%)	SÇKM (%) Total Soluble Solids (%)	pH ph	Titre Edilebilir Asitlik (%) Titratable Acidity (%)	C Vitamini (mg/100g) C Vitamin (mg/100g)	Toplam Kuru Madde (%) Total Dry Matter (%)
BYK 1	10.2	26.1	27.1	10.9	96.5	17.4	3.4	2.41	4.7	28.18
BYK 2	13.2	28.2	30.4	13.8	98.4	16.2	3.4	2.54	4.7	25.48
BYK 3	7.6	23.7	26.1	7.8	97.6	11.4	3.1	3.08	4.4	22.14
BYK 4	9.9	24.2	26.4	10.3	97.6	18.1	3.4	2.41	4.5	37.28
BYK 5	9.5	22.8	28.2	9.8	97.7	9.6	3.1	3.21	4.6	21.36
BYK 6	6.9	21.3	25.6	7.6	98.5	12.7	3.1	3.08	4.5	25.27
BYK 7	6.6	21.4	26.6	6.9	97.7	14.1	3.0	3.35	4.5	25.32
BYK 8	8.2	23.7	29.5	8.8	98.2	15.9	3.4	2.68	4.6	39.11
BYK 9	6.9	22.1	29.7	7.5	98.2	13.8	3.0	3.35	4.3	26.34
BYK 10	5.9	20.2	26.2	6.5	97.4	11.7	2.9	3.48	4.3	26.19
BYK 11	4.9	19.8	25.5	5.4	97.5	10.4	2.9	3.48	4.5	21.24
BYK 12	6.6	22.2	27.2	7.3	98.1	12.5	3.1	3.08	4.4	24.17
BYK 13	5.8	20.5	23.3	6.1	97.9	10.0	2.8	3.75	4.5	22.14
BYK 14	8.7	23.4	27.1	9.3	98.1	17.9	3.2	2.94	4.6	38.27
BYK 15	14.8	28.4	31.7	1.6	97.5	14.4	3.1	3.08	4.8	36.21
BYK 16	12.9	27.3	30.1	13.6	98.6	17.3	3.2	2.94	4.7	28.16
BYK 17	11.7	26.6	28.4	12.4	98.6	15.1	3.1	2.94	4.3	30.18

**Çizelge 4.** Seçilen genotiplerin yaprak ve ağaç özellikleri**Table 4.** Leaf and tree characteristics of selected genotypes

Genotipler <i>Genotypes</i>	Yaprak Eni (mm) <i>Leaf Width (mm)</i>	Yaprak Boyu (mm) <i>Leaf Height (mm)</i>	Yaprak Sapı Uzunluğu (mm) <i>Leaf Stem Length (mm)</i>	Yaprak Sapı Kalınlığı (mm) <i>Leaf Stem Thickness (mm)</i>	Ağaç Tahmini Yaşı <i>Tree Estimated Age</i>	Taç Yüksekliği (m) <i>Crown Height (m)</i>	Taç Genişliği (m) <i>Crown Width (m)</i>
BYK 1	20.4	55.4	5.8	0.7	18	3	1.5
BYK 2	24.4	62.5	6.1	0.8	20	3.5	1.8
BYK 3	19.8	53.2	5.8	0.7	15	2.5	1.5
BYK 4	20.7	56.1	5.9	0.7	18	3.5	1.5
BYK 5	20.9	56.4	5.7	0.7	20	3.5	1.6
BYK 6	20.1	55.7	5.9	0.7	15	2.5	1.5
BYK 7	20.3	54.6	5.5	0.7	15	3	1.7
BYK 8	22.8	55.3	5.5	0.7	25	3.5	1.8
BYK 9	21.1	52.9	4.9	0.7	20	3	1.5
BYK 10	20.6	56.4	5.9	0.7	10	3	1.5
BYK 11	20.3	56.1	5.7	0.6	10	2.5	1.2
BYK 12	20.7	56.6	5.6	0.7	25	3	1.5
BYK 13	20.0	55.3	5.4	0.7	15	3	1.5
BYK 14	23.9	64.2	6.1	0.8	18	3	1.5
BYK 15	24.4	64.7	6.3	0.8	25	3.5	1.6
BYK 16	23.5	62.5	6	0.8	20	3.5	1.8
BYK 17	24.1	65.3	6.1	0.8	20	3.5	1.5

**Çizelge 5.** Genotiplerin tartılı derecelendirme tablosuna göre almış olduğu puanlar**Table 5.** Scores of genotypes according to the 'Weight-Ranked Method'

Genotipler <i>Genotypes</i>	Meyve Ağırlığı (g) <i>Fruit Weight (g)</i>	Meyve Eti Oranı (%) <i>Fruit Flesh Percent (%)</i>	Toplam Kuru Madde (%) <i>Total Dry Matter (%)</i>	SÇKM (%) <i>Total Soluble Solids (%)</i>	Toplam Puan <i>Total Points</i>
BYK 16	175	150	45	60	430
BYK 2	175	150	15	60	400
BYK 17	175	150	45	20	390
BYK 14	105	150	75	60	390
BYK 15	175	90	75	20	360
BYK 4	105	90	75	60	330
BYK 8	35	150	75	60	320
BYK 1	105	30	45	60	240
BYK 5	105	90	15	20	230
BYK 6	35	150	15	20	220
BYK 9	35	150	15	20	220
BYK 12	35	150	15	20	220
BYK 3	35	90	15	20	160
BYK 7	35	90	15	20	160
BYK 10	35	90	15	20	160
BYK 13	35	90	15	20	160
BYK 11	35	90	15	20	160

Yürütülen bu çalışmada, incelenen genotiplerin çekirdek sayıları 2-3 adet olurken yapılan diğer çalışmalarda muşmula meyvelerinin çekirdek sayılarını Bostan ve İslam (2007) 3.80-6.18, Yılmaz (2015) 5.00, Uzun ve Bostan (2018) 5.00 olarak bildirmiştir. Çalışmamızda çekirdek ağırlıkları 0.4-1.2 g olarak belirlenmiş ve önceki çalışmalarla nispeten örtüşmüştür.

Bu çalışmada meyve eti oranı %96.5-98.6 arasında tespit edilirken, benzer bazı çalışmalarda Bostan ve İslam (2007) 84.29-95.73, Közen ve Bostan (2016) %92.80-94.70 ve Uzun ve Bostan (2018) 93.30-94.10 olarak bildirmiştir. Çalışmamızda belirlenen meyve eti oranı önceki çalışmalara nazaran daha yüksek bulunmuş ve bu durumun sebebinin çalışmamızdaki muşmula meyvelerinin çekirdek sayısının araştırmacıların çalıştığı muşmulalardakinden daha az olması dolayısıyla et/çekirdek oranının yükselmesi olduğu söylenebilir.

Çalışmada muşmula meyvelerinin SÇKM'si %9.6-17.9 arasında değişmiş ve Aygün ve Taşçı (2013)'nin bildirdiği değerlere paralellik göstermiştir.

Muşmula genotiplerinin meyve pH değerleri 2.8-3.4 arasında değişmiştir. Benzer çalışmalarda pH değerini Bostan ve İslam (2007) 3.70-6.15, Aygün ve Taşçı (2013) 3.62-4.90, Közen ve Bostan (2016) 3.30-4.30 ve Uzun ve Bostan (2018) 4.30-4.50 olarak rapor etmişlerdir.

Çalışmada incelenen muşmula genotiplerinde toplam kuru madde oranı %21.24-39.11 arasında değişmiştir. Önceki araştırmalardan Közen ve Bostan (2016) toplam kuru madde oranını %22.30-25.60 olarak bildirirken, Uzun ve Bostan (2018) %20.9-27.0 olarak belirlemiş olup, çalışmamızda toplam kuru madde miktarı önceki araştırmacıların bildirdiği değerlerden nispeten yüksek bulunmuştur.

#### 4. Sonuç

Ülkemizin doğal bitki popülasyonu içerisinde yer alan muşmulanın, son yıllarda sağlık açısından önemi ve alternatif tıptaki etkisiyle tanınırlığı artmaktadır. Ülkemizde bulunan muşmula ağaçlarının çoğu kendi hallerinde ve bakımsız olarak yetiştirilmektedir. Öneminin anlaşılmasıyla modern tarım teknikleri uygulanarak yapılacak yetiştiricilikte verim ve kalitenin artması kaçınılmazdır. Böylece meyvelerin pazar değerleri de artacaktır.

Çalışmamızda, genotiplerimize ait veriler önceki çalışmalarla kıyaslandığında bazı kriterlerin paralellik gösterirken bazılarının ise

geride kaldığı görülmektedir. Bu durumun, bölge, ekolojik şartlarıyla çeşit özelliğinden kaynaklandığı öngörülmektedir.

Yürütülen bu çalışmada bölgeye iyi adapte olmuş, hastalık ve zararlılara toleranslı olduğu tespit edilen 5 ümitvar genotip ileriki yıllarda yapılacak ıslah çalışmaları açısından önem taşımaktadır. Ayrıca, seçilen ümitvar genotipler bölgenin ekolojisine uyum sağlamış olmalarıyla bölge için yetiştiricilik açısından ayrı bir değere sahiptirler. Bu sebeple, modern tarım teknikleri uygulanarak verim ve kalitenin artırılmasıyla, meyvelerin pazar değerlerinin artacağı ve yöre halkı için ek gelir kaynağı olacağı düşünülmektedir.



Şekil 1. A, B, C, D Ümitvar muşmula genotipleri  
Figure 1. A, B, C, D Promising medlar genotypes

## Ek

Bu makale, 5-9 Mart 2020 tarihleri arasında Tunus Hammamet'te düzenlenen "III. International Agriculture Congress" adlı etkinlikte sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özeti kongre bildiri özet kitabında basılmış bildirinin tam metin halindedir.

## Kaynaklar

- Anonim, 2018. TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr). (Erişim tarihi: Aralık 2018).
- Aygün, A., Taşçı, R., 2013. Some Fruit Characteristics Of medlar (*Mespilus germanica* L.) Genotypes Grown In Ordu, Turkey. Scientific Papers, Series B, Horticulture, Vol.LVII.ISSN-L 2285-5653.
- Baytop, T., 1999. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi, Geçmişte ve Bugün. Nobel Tıp Kitabevleri, II. Baskı ISBN: 975-420-021-1. İstanbul, 299s.
- Bostan, S., Z., İslam, A., 2007. Doğu Karadeniz Bölgesi Muşmulalarının (*Mespilus germanica* L.) Seleksiyon Yoluyla Islahı Üzerine Araştırmalar. V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-7.09.2007, Cilt 1: Meyvecilik, Sayfa: 494-501, Erzurum.
- Browicz, K., 1972. *Mespilus* L. In: Davis P.H.(Ed.). Flora of Turkey and the East Aegean Island, Edinburg University Press. Edinburg, 4: 128-129.
- Demir, Ö., 2006. Muşmula (*Mespilus germanica* L.) Meyvelerinin olgunlaşması sırasındaki polifenol oksidazın karakterizasyonu (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen

Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Trabzon.

- Ercişli, S., Şengül, M., Yıldız, H., Şener, D., Duralija, B., Voca, S., Dujmovic Purgar, D., 2012. Phytochemical and antioxidant characteristics of medlar fruits (*Mespilus germanica* L.). Journal of Applied Botany and Food Quality. 85:86-90.
- Gülçin, I., Topal, F., Öztürk Sarıkaya, S.B., Bursal, E., Bilsel, G., Gören, A.C., 2011. Polyphenol Contents and Antioxidant Properties of Medlar (*Mespilus germanica* L.). Records of Natural Products 5:3, 158-175.
- Közen, P., Bostan, S.Z., 2016. Trabzon İli Tonya İlçesinde Doğal Olarak Yetişen Muşmula Tiplerinin (*Mespilus germanica* L.) Seleksiyonu. International Multidisciplinary Congress of Eurasia, July 11-13. Odessa (Ukraine). Poster: 50-59. (Bildiri Kitabı [www.imcofe.org](http://www.imcofe.org) adresinde PDF olarak yayınlanmıştır).
- Phipps, J.B, O'Kennon, R.J., Lance, R.W. 2003. Hawthorns and medlars. Royal Horticultural Society, Cambridge, UK.
- Uzun, M., Bostan, S.Z., 2019. Sürmene İlçesinde (Trabzon) Doğal Olarak Yetişen Muşmula Genotiplerinin (*Mespilus germanica* L.) Seleksiyonu, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 9(2): 604-613.
- Yılmaz, A., 2015. Tokat'ta Doğal Olarak Yetişen Muşmula (*Mespilus germanica* L.) Genotiplerinin Seleksiyonu (Doktora Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- Yılmaz, A., Gerçekçioğlu, R., 2013. Tokat ekolojisi muşmula (*Mespilus germanica* L.) popülasyonu ve dağılımı üzerine bir araştırma. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 6(2): 01-04.

## ***Lactobacillus acidophilus* Probiyotik Bakterisi İçeren Bir Bitki Aktivatörünün *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae) Üzerindeki Cezbedici Etkisinin Belirlenmesi**

Sultan ÇOBAN\*, Emine ÇIKMAN

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye  
[ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5596-5657> (S. Çoban), 0000-0003-4375-5043 (E. Çıkman)]

\*Sorumlu yazar: [sultancoban1103@gmail.com](mailto:sultancoban1103@gmail.com)

### **Özet**

*Lactobacillus acidophilus* (Moro, 1900) Hansen & Mocquot, 1970 (*Lactobacillales: Lactobacillaceae*), insanlar ve hayvanlarda istenmeyen mikrofloranın baskılanmasında önemli bir potansiyele sahip olan probiyotik bir bakteri türüdür. Bu bakterinin tarımda zararlı böcekler üzerine olan etkisiyle ilgili yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada, Pioneer mısır çeşidi, çevre dostu-bitkisel *L. acidophilus* bakterisi içerikli bir bitki aktivatörü (Grain-Set (IMPROCROP, USA) (SL; 960.96 g/l *L. acidophilus*)) aracılı olarak oluşturulan ekstrakt ile yapraktan uygulanmıştır. Bu çalışmada uygulanan ekstraktın doğal düşman, *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (*Neuroptera: Chrysopidae*) üzerindeki cezbedici etkilerinin araştırılması hedeflenmiştir. Çalışma, bu amaca uygun olarak tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak, 2017 ve 2018 yıllarında, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Osmanbey Kampüsü deneme alanında, mısır tarlalarında yürütülmüştür. Predatör *C. carnea* ergin türünün populasyon takibi her hafta yenilenen sarı yapışkan tuzaklar + göz + atrap aracılığıyla yapılmıştır. Buna göre, çalışmada yapılan değerlendirme sonucunda; her iki yılda da *L. acidophilus* içerikli bitki aktivatörü ile oluşturulan ekstrakt uygulamasının, kontrol uygulamaya göre istatistiki olarak önemli ölçüde daha fazla sayıda *C. carnea* ergin bireyleri çektiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Lactobacillus acidophilus*, Dolaylı dayanıklılık, Cezbedici etki, Biyolojik mücadele, Alternatif mücadele, Mısır

## **Determination of Attractant Effect of a Plant Activator Containing *Lactobacillus acidophilus* Probiotic Bacteria on *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae)**

### **Abstract**

*Lactobacillus acidophilus* (Moro, 1900) Hansen & Mocquot, 1970 (*Lactobacillales: Lactobacillaceae*) is a probiotic species of bacteria that has an important potential for suppression of unwanted microflora in humans and animals. Studies on the effect of this bacterium on pest insects in agriculture are very limited. In this study, Pioneer corn variety was applied foliar with an extract produced by an environmentally friendly-botanical plant activator (Grain-Set (IMPROCROP, USA) (SL; 960.96 g/l *L. acidophilus*)) which contained bacteria *L. acidophilus*. This study is aimed to investigate the attractant effects of the applied extract on the natural enemy *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (*Neuroptera: Chrysopidae*). The study was conducted in 2017 and 2018, with 4 repetitions, according to the randomized blocks trial design, in line with this purpose also the study was carried out in the experimental area of Harran University Faculty of Agriculture Osmanbey Campus in the corn fields. The population tracking of predator *C. carnea* adult species was done by yellow sticky traps, atrap, and by eyes every week. Accordingly, as a result of the evaluation made in the study, in both years, it was determined that the extract application formed with plant activator which containing *L. acidophilus* attracted statistically significantly more *C. carnea* adults than the control application.

**Anahtar Kelimeler:** *Lactobacillus acidophilus*, Indirect resistance, Attractant effect, Biological control, Alternative control, Corn

## 1. Giriş

Günümüzde, üreticilerin yetiştirdiği kültür bitkilerinde ekonomik yönde kayba neden olan çeşitli hastalık, zararlı ve yabancı ot etmenleriyle mücadelede yaygın olarak kullanılan tarımsal mücadele yöntemlerinden birisi de ‘Kimyasal mücadele’dir. Ancak bu mücadele yönteminde tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi aşamasında kullanılan ‘Pestisitler’ ne yazık ki başta insanlar olmak üzere tüm canlılar ve onların yaşadıkları çevre üzerinde geri dönüşümü mümkün olmayan önemli hastalıklara ve ağır tahribatlara neden olabilmektedir (Yıldırım, 2008). Bu nedenle yetiştirilen tarımsal ürünlerin üretiminden hasat ve pazarlanmasına kadar geçen süreçte çevreyle dost yaklaşımların uygulanması ve doğal çevre üzerine olan olumsuz etkisinin olabildiğince en aza indirgenebildiği yaklaşımların seçimi, canlılar için ‘Güvenilir gıda’ kavramının önemli bir ölçütünü oluşturmaktadır (Godfray ve ark., 2010; Foley ve ark., 2011; Gregory ve George, 2011).

Güvenilir gıda kavramı esas alınarak, tarımsal ürünlerin yetiştirildiği birim alanlardan daha fazla verim elde etmenin önemli seçeneklerinden birisi de günümüzde tarımsal üretimde hastalık, zararlı ve yabancı ot etmenlerinin neden olduğu ürün kayıplarının azaltılması olmalıdır. Üreticiler, yetiştirdiği kültür bitkilerini bu etmenlerden korumak amacıyla yeni ve her şeyden önce sürdürülebilir ve çevre ile dost stratejiler geliştirilmelidirler. Bu amaca uygun olarak, kültür bitkilerinde ekonomik kayba neden olan zararlılara karşı ‘Biyolojik mücadele’, tarımsal üretimde verim kayıplarını azaltmada sürdürülebilir ve ekolojik açıdan emniyetli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Buna göre, tarımsal mücadele yöntemlerinden birisi olan ve faydalı doğal düşmanların (ajanların) kullanıldığı biyolojik mücadelede başarılı olmak için mutlaka bu ajanların etkinliğinin artırılma yoluna gidilmesi su götürmez bir gerçektir. Bununla beraber, ajanların etkinliğinin artırılması onların agro-ekosistemlerdeki sayılarını artırmanın yanında, doğal düşmanların konukçu arama başarısını artırmak da son derece önemli bir konudur (Sobhy ve ark., 2014).

### 1.1. Bitkilerde Dolaylı Dayanıklılık

Bazı bitkiler, zararlı otçul böceklerle karşı bünyelerinde bulunan madde veya bileşikler vasıtasıyla ‘Doğal dayanıklılık’ gösterebilirken, dışarıdan bitkiye uygulanan (eksojen) bazı bitkisel ve çevre dostu maddelerle doğal düşmanları bitki

çevresine çekerek ‘Dolaylı dayanıklılık’ oluşturulabilmektedir. Buna göre, adeta ‘Bitkilerin çılgılığı’na yanıt veren dolaylı dayanıklılık durumunda, bitki çevresine faydalı böceklerin çekilmesiyle bitkiler için hayat kurtarıcı bir rol üstlenmenin yanında (Dicke, 1999a; Dicke, 1999b; Kessler ve Baldwin, 2001) zararlı otçul böceklerin olumsuz etkilerinin azaltılmasıyla bitki verimi artırılabilir (Van Loon ve ark., 2000; Fritzsche-Hoballah ve Turlings, 2001).

### 1.2. *Lactobacillus acidophilus* Probiyotik Bakterisi ve Bu Bakteri İçerikli Bitki Aktivatörleri

Birtakım önemli patojen veya mikrobiyal etmenlere karşı, bitkilerde doğrudan dayanıklılığı tetikleyebilen ürünler ‘Bitki aktivatörleri’ olarak adlandırılmaktadır. Son zamanlarda kullanımları giderek artan spesifik bitki aktivatörleri, bazı önemli etmenlere karşı direnç oluşturmalarının yanı sıra, içeriklerinde bulunan bileşenlerin ‘Güvenilir gıda’ ölçütüne uygun olarak çevreyle dost bir yapıda olması veya çoğunlukla bu yapıya yakın olması, bu ürünlerin tercihleri konusunda iki önemli faktörü oluşturmaktadır. Nitekim bu ürünlerden birisi de, Türkiye’de Grain-Set (IMPROCROP, USA) (SL; 960.96 g/l *Lactobacillus acidophilus*) gibi bazı ticari isimlerle pazarlanan, *Lactobacillus acidophilus* (Moro, 1900) Hansen & Møgelgaard, 1970 (*Lactobacillales: Lactobacillaceae*) içerikli bitki aktivatörüdür (Pradhanang ve ark., 2005).

‘Dünya Sağlık Örgütü’nce, ‘Probiyotik bakteriler’, insanlar ve hayvanlarda bağırsak sağlığını-iyiliğini artıran ve konakçısına sağlıklı faydalar sunan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (Muriana ve Klaenhammer, 1991). En yaygın kullanılan probiyotik bakteriler arasında *Lactobacillus* spp., Beijerinck, 1901 (*Bacilli: Lactobacillales*) ve *Bifidobacterium* spp., Orla-Jensen, 1924 (*Actinobacteria: Bifidobacteriales*) cinsleri ve bu cinslere ait önemli türler bulunmaktadır (Kos ve ark., 2003). Buna göre, laktik asit bakterileri cinslerinden biri olan *Lactobacillus* spp.’lar; bitkiler, mide-bağırsak sistemleri ve çevresel ortamlar gibi geniş çaplı habitatlarda bulunmaktadır (Naidu ve ark., 1999; Soomro ve ark., 2002). Bu cinse ait önemli türlerden birisi olan *L. acidophilus*; gram (+), çubuk şekilli, spor oluşturmeyen bir laktik asit bakterisidir (Sanders ve Klaenhammer, 2001; Sui ve ark., 2002; Klaenhammer ve ark., 2008; Suraporn ve ark., 2015; Urmann ve ark., 2016). Bu

bakteri türü, insan ve hayvanlara ait mide-bağırsak sisteminin doğal bir üyesidir (Kailasapathy ve Rybka, 1997; Parodi, 1999; Davidson ve ark., 2000; Russell ve Klaenhammer, 2001; Ouwehand ve ark., 2002; Mohamadzadeh ve ark., 2008) ve bu sistemde istenmeyen mikrofloranın baskılanması ve kontrolünde önemli bir potansiyele sahiptir (Gill ve Guaner, 2004; Choi ve ark., 2006; Nguyen ve ark., 2007; Acosta ve ark., 2008; De Vrese ve Schrezenmeir, 2008; Kawashima ve ark., 2011; Suraporn ve ark., 2015).

### 1.3. *Chrysoperla carnea* Doğal Düşmanı

*Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (*Neuroptera: Chrysopidae*), genellikle zararlı yaprak bitlerinin avcısı olmakla birlikte; zararlı akarlar, thripsler, beyaz sineklerin ergin öncesi dönemleri ve yaprak pireleri gibi pek çok böcek grubu üzerinde beslenmekte ve dünyanın çoğu bölgesinde olduğu gibi ülkemizde de yaygın olarak görülmektedir (Stark ve Whitford, 1987). Bu predatörün; doğal ekosistemlerde oldukça yaygın olarak görülmesi, kitle üretimlerinin kolaylığı, zararlı böcekleri tüketme güçlerinin ve konukçu arama kapasitelerinin yüksek olması, pestisitlerin kullanımı sonrası arazilerde daha erken ortaya çıkmaları gibi avantajlı özellikleri, çevreyle dost mücadelede bu avcıya ilgiyi artırmaktadır (Bozsik, 1995).

Açık alanda yapılan bu çalışmada, Pioneer mısır çeşidinin çevre dostu-bitkisel *L. acidophilus* içerikli bir bitki aktivatörü ile oluşturulan ekstrakt ile yaprak uygulaması şeklinde muamele edilmesi aracılığıyla, bu bitkide çeşitli yollarla (tuzaklar, göz ve atrap yardımıyla) tespit edilen *C. carnea* doğal düşman türü üzerindeki cezbedici etkilerin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Mısır Üretimi

‘Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Osmanbey Kampüsü’ne ait dört farklı tekerrür alanda 2017 ve 2018 yıllarında yürütülen bu çalışmada, toplam deneme alanı 84 m<sup>2</sup> olup, bitkisel materyal olarak ise ‘Pioneer’ mısır çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada, *C. carnea* türünün yaşam döngüsüne uygun olarak, bölgede ikinci ürün olarak yetiştirilen mısırdaki üretim şeması 1 Temmuz- 1 Ekim tarihleri arasında gerçekleşmiştir. Buna göre, 1 Temmuz-14 Temmuz tarihleri arasında, karakter parselleri, her parselde ait parsel uzunluğu ya da sıra uzunluğu 5

m ve parsel boyu 2.1 m (her parsel alanı 10.5 m<sup>2</sup> (5×2.1)) olacak biçimde ayarlanmış olup, 4 farklı tekerrür alandaki 2 farklı karakter parsellerinin (toplam 8 parsel) her biri 2 sraya ayrılmıştır. Buna göre, her bir sraya 25 tohumun ekildiği çalışmada, ekim 70 cm sıra arası ve 20 cm sıra üzeri olacak şekilde, her iki yılda da 15 Temmuz tarihinde el yardımıyla yapılmış olup; mısır hasadı ise 1 Ekim tarihinde gerçekleşmiştir. Çalışma, aralarında 100 m’lik belli bir izolasyon mesafesi bırakılan deneme alanlarında 4 tekerrürlü ve 2 karakterli [A (kontrol uygulama) ve B (*L. acidophilus* içerikli bir bitki aktivatörü ile oluşturulan ekstrakt uygulaması)] olacak şekilde, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak yapılmıştır. Çalışmada, damlama sulama şeklinde yapılan sulama ise 16 Temmuz tarihinde başlamış olup, sulamalar iklim de göz önünde bulundurularak, bitki ihtiyacına göre uygun şekilde yapılmıştır. Çalışmada ayrıca, mısırın yetiştirilmesi esnasında belirli uygun zamanlarda gübreleme ve çapalama işlemleri de yapılmıştır.

### 2.2. *Lactobacillus acidophilus* İçerikli Ekstraktın Uygulanması

Çalışmada, B parseli, çıkışlar başladıktan 10 gün sonra (6 Ağustos tarihinde), belirli bir doza sahip (1 lt’lik çözücüde (su) çözünen 0.9 ml’lik konsantrasyonlar şeklinde hazırlanan) *L. acidophilus* içerikli bir bitki aktivatörü (Grain-Set (IMPROCROP, USA) (SL; 960.96 g/l *L. acidophilus*)) ile oluşturulan ekstraktla, yaprak uygulaması şeklinde, sırt pülverizatörü (1.5 litrelik) aracılığıyla muamele edilmiştir.

### 2.3. Tuzak ve Göz-Atrap Kullanımı

Çalışmada, tüm tekerrür alanlara, 6 Ağustos tarihinde, her parselde 1 adet olacak biçimde toplam 8 adet sarı yapışkan tuzaklar (BKS sarı yapışkan tuzak, 20-40 cm boyutlu) yerleştirilmiştir. Buna göre, çalışmada kullanılan tüm tuzaklar, tekerrür alanlara yerleştirildikten itibaren aynı sayılarda, haftada bir (13 Ağustos, 20 Ağustos, 27 Ağustos, 3 Eylül, 10 Eylül, 17 Eylül, 24 Eylül ve 1 Ekim tarihlerinde) olarak yenisiyle değiştirilmiştir. Çalışmada ayrıca, haftada bir olarak aynı tarihlerde toplam 8 adet atrap sayımı ve yine sekiz hafta süresince haftada bir olarak 10 dakika göz ile sayım yapılmıştır.

## 2.4. Sayım ve Teşhis

Çalışmada, her hafta yenilenen tuzaklar + göz-atrapla tespit edilen tüm *C. carnea* erginleri, aynı hafta toplanıp laboratuvara getirilip, stereo mikroskop ve göz yardımıyla belirlenerek, tüm sayılar not edilmiştir. Buna göre, bu ergin türün teşhisi ise ilgili mercilere danışılarak yapılmıştır.

## 2.5. İstatistik

Dört tekerrürlü ve 2 karakterli olarak tasarlanmış bu deneme deseninde, parsellerde 8 hafta süresince genel toplam sayı (adet) ve tekerrür başına haftalık olarak ortalama sayı (adet) olarak tespit edilen *C. carnea* ergin sayılarına ait tüm verilerin istatistiksel analizi SPSS programı kullanılarak yapılmıştır. Buna göre, genel toplam sayı, haftalık ortalama sayı ve gruplar arasındaki karşılaştırmalar, bağımsız örneklem t-testi (independent two samples t-test) ile analiz edilmiştir. Analizlerde anlamlılık seviyesi olarak ise 0.05 kullanılmış olup,  $t_{\text{cetvel}}$  değerinin  $t_{\text{hesap}}$  değerinden küçük olması durumunda anlamlı farklılığın olduğu;  $t_{\text{cetvel}}$  değerinin  $t_{\text{hesap}}$  değerinden büyük olması durumunda ise anlamlı farklılığın olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca tüm hesaplamalar 4 farklı tekerrür değerlerine göre yapılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Sekiz Haftalık Toplam Ortalama Sayı Olarak Tespit Edilen *Chrysoperla Carnea* Erginleri

2017 ve 2018 yıllarında *L. acidophilus* içerikli bitki aktivatörü ile oluşturulan ekstraktın uygulandığı B parseli ile kontrol parselinde, tuzak + göz + atrap aracılığıyla tespit edilen mısırdaki önemli bir doğal düşman türü olan *C. carnea* ergin sayıları, sekiz hafta süresince genel toplam sayı (adet) olarak Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’e göre, Pioneer mısır çeşidinde 2017 yılında sayımların yapıldığı sekiz hafta sonunda, B (24 adet) parseli, kontrol (6 adet) parseline göre istatistiki açıdan önemli olarak daha fazla sayıda *C. carnea* ergin bireyleri çekmiştir (SE: 1.09;  $t_{\text{cetvel}}$  (6; 0.05): 2.447;  $t_{\text{hesap}}$ : 4.13;  $P < 0.05$ ). Buna göre kontrol parseline göre; B parselinde 4 kat daha fazla sayıda *C. carnea* ergin bireyleri tespit edilmiştir. 2018 yılında ise sekiz hafta sonunda, B (47 adet) parseli, kontrol (20 adet) parseline göre

istatistiki açıdan önemli olarak daha fazla sayıda *C. carnea* ergin bireyleri çekmiştir (SE: 2.56;  $t_{\text{cetvel}}$  (6; 0.05): 2.447;  $t_{\text{hesap}}$ : 2.64;  $P < 0.05$ ). Buna göre kontrol parseline göre; B parselinde yaklaşık olarak 2.35 kat daha fazla sayıda *C. carnea* ergin bireyleri tespit edilmiştir.

### 3.2. Haftalık Ortalama Sayı Olarak Tespit Edilen *Chrysoperla carnea* Erginleri

2017 ve 2018 yıllarında *L. acidophilus* içerikli bitki aktivatörü ile oluşturulan ekstraktın uygulandığı B parseli ile kontrol parselinde, yine tuzak + göz + atrap aracılığıyla tespit edilen *C. carnea* ergin sayıları, haftalık ortalama sayı (adet) olarak Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1’e göre, uygulamalar arasındaki haftalık farklılıklar incelendiğinde, 2017 yılında, sayım yapılan sekiz hafta süresince, kontrol parseline göre, B parselinde toplam 2 haftada (7. ve 8. haftalar; sırasıyla 1.5, 3 adet/tekerrür) istatistiki olarak anlamlı derecede daha fazla ergin sayısı elde edilmiştir (7. hafta;  $t_{\text{cetvel}}$  (6; 0.05): 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 3.49, SE: 0.43,  $P < 0.05$ ; 8. hafta;  $t_{\text{cetvel}}$  (6; 0.05): 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 3.19, SE: 0.94,  $P < 0.05$ ). 2018 yılında ise yine sayım yapılan sekiz hafta süresince, kontrol parseline göre, B parselinde toplam 3 haftada (1, 3. ve 4. haftalar; sırasıyla 2.5, 4, 3 adet/tekerrür) istatistiki olarak anlamlı derecede daha fazla ergin sayısı elde edilmiştir (1. hafta;  $t_{\text{cetvel}}$  (6; 0.05): 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 3.28, SE: 0.61; 3. hafta;  $t_{\text{cetvel}}$  (6; 0.05): 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 2.70, SE: 1.02; 4. hafta;  $t_{\text{cetvel}}$  (6; 0.05): 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 3.35, SE: 0.82; tüm haftalar için  $P < 0.05$ ).

### 3.3. İklim Verileri

Çalışmaya ilişkin Şanlıurfa ili 2017 ve 2018 yıllarına ait iklim verileri ise Çizelge 2 ve 3’te verilmiştir. Çizelge 1’de hem A hem de B parsellerinin her ikisinde de 2017 yılında daha az sayıda *C. carnea* ergin sayılarının tespit edildiği ayrıca Şekil 1’de 2018 yılında her iki parselde de tüm haftalarda *C. carnea* ergin sayısının tespit edildiği, 2017 yılında ise her iki parselde en az 3 haftada herhangi bir ergin sayısının tespit edilmediği gözlenmiştir. Buna göre, 2017 yılında bir diğer yıla göre tespit edilen bu farkların, bu yılda, canlılar üzerinde önemli bir abiyotik faktör olan sıcaklığa ait haftalık sıcaklık ortalamalarının, son hafta haricinde, diğer tüm haftalarda 30°C ve üzeri derecelerde seyretmesi kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.



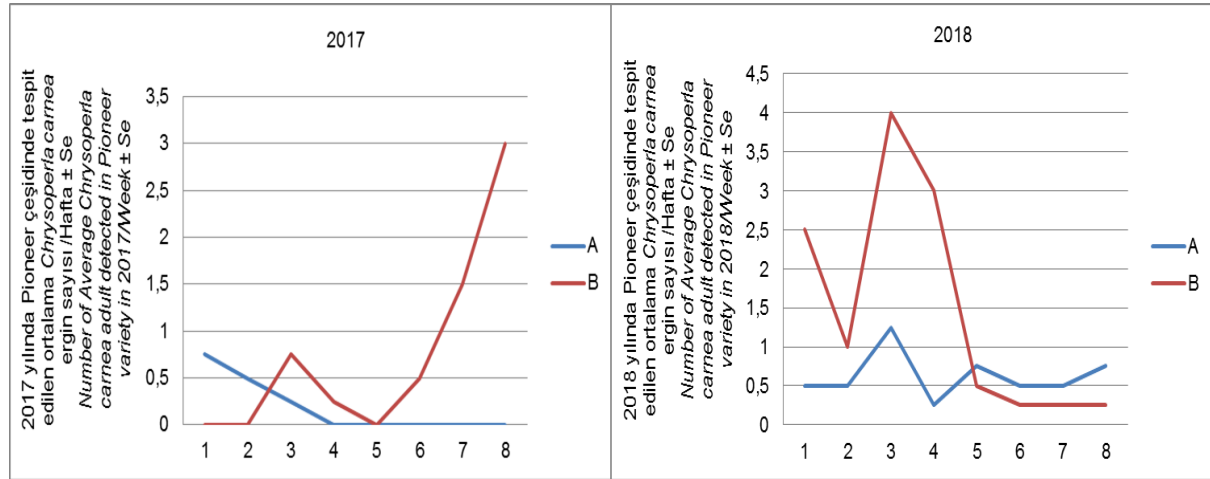
**Çizelge 1.** Pioneer Mısır Çeşidinde 2017 ve 2018 Yıllarında Tespit Edilen Sekiz Haftalık Genel Toplam *Chrysoperla carnea* Ergin Sayıları (Adet)

**Table 1.** Adult Numbers of Eight-Week General Total *Chrysoperla carnea* Detected in Pioneer Corn Variety in 2017 and 2018 (Number)

Tür ve Yıl <i>Species and Year</i>	Parsellerde (Karakter) Tespit Edilen Genel Toplam Sayı <i>General Total Number Detected in Parcels (Characters)</i>		SE (Standart Hata) <i>SE (Standard Error)</i>	$t_{\text{cetvel}} (6; 0.05)$ $t_{\text{scale}} (6; 0.05)$	$t_{\text{hesap}}$ $t_{\text{calculation}}$
	A	B			
<i>Chrysoperla carnea</i> 2017	6	24	1.09	2.447	4.13*
<i>Chrysoperla carnea</i> 2018	20	47	2.56	2.447	2.64*

(Hesaplamalarda 4 Farklı Tekerrür Değerleri Baz Alınmıştır) (Toplam Sayıların Gruplandırılmasında Bağımsız Örneklem t-Testi Kullanılmıştır) (SE: Standart Hata), \*:  $P < 0.05$

(Calculations Based on 4 Different Replication Values) (Independent Two Samples t-Test was Used for Grouping of Total Numbers) (SE: Standard Error), \*:  $P < 0.05$



**Şekil 1.** Pioneer Mısır Çeşidinde 2017 ve 2018 Yıllarında İstatistiki Olarak Anlamlı Derecede Kontrol Göre Daha Fazla Tespit Edilen Ortalama *Chrysoperla carnea* Ergin Türüne Ait Sayıların (Adet) Haftalara Göre Karşılaştırılması (Hesaplamalarda 4 Farklı Tekerrür Ortalaması Baz Alınmıştır) (Ortalamaların Gruplandırılmasında Bağımsız Örneklem t-Testi Kullanılmıştır) (2017; 7. hafta;  $t_{\text{cetvel}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 3.49, SE: 0.43; 8. hafta;  $t_{\text{cetvel}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 3.19, SE: 0.94; 2018; 1. hafta;  $t_{\text{cetvel}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 3.28, SE: 0.61; 3. hafta;  $t_{\text{cetvel}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 2.70, SE: 1.02; 4. hafta;  $t_{\text{cetvel}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{hesap}}$ : 3.35, SE: 0.82; tüm haftalar için  $P < 0.05$ )

**Figure 1.** Comparison According to Weeks of Numbers of the Average *Chrysoperla carnea* Adult Species (Numbers) Detected More Compared to Controls Statistically Significant in Pioneer Corn Variety in 2017 and 2018 (Calculations Based on 4 Different Replication Averages) (Independent Two Samples t-Test was Used for Grouping Means) (2017; 7th week;  $t_{\text{scale}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{calculation}}$ : 3.49, SE: 0.43; 8th week;  $t_{\text{scale}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{calculation}}$ : 3.19, SE: 0.94; 2018; 1th week;  $t_{\text{scale}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{calculation}}$ : 3.28, SE: 0.61; 3th week;  $t_{\text{scale}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{calculation}}$ : 2.70, SE: 1.02; 4th week;  $t_{\text{scale}} (6; 0.05)$ : 2.447,  $t_{\text{calculation}}$ : 3.35, SE: 0.82; for all weeks  $P < 0.05$ )

**Çizelge 2.** Çalışmaya İlişkin Şanlıurfa ili 2017 Yılı İklim Verileri (Anonim, 2018)**Table 2.** 2017 Climate Data of Sanliurfa Province Regarding the Study (Anonymous, 2018)

Meteorolojik veriler Meteorological data								
Haftalar Weeks	6 Ağustos- 12 Ağustos August 6 - August 12	13 Ağustos- 19 Ağustos August 13- August 19	20 Ağustos 26 Ağustos August 20 August 26	27 Ağustos- 2 Eylül August 27 - September 2	3 Eylül 9 Eylül September 3 September 9	10 Eylül- 16 Eylül September 10 September 16	17 Eylül- 23 Eylül September 17- September 23	24 Eylül- 30 Eylül September 24 September 30
En Yüksek Sıcaklık Ortalaması (°C) Highest Average Temperature (°C)	41.2	38.9	38.9	38.2	37.7	39.4	36.3	33.5
En Düşük Sıcaklık Ortalaması (°C) Lowest Average Temperature (°C)	26.9	24.4	24.2	23.7	23.3	24.4	23.7	19.9
Haftalık Sıcaklık Ortalaması (°C) Weekly Average Temperature (°C)	34.1	31.7	31.6	31.0	31.0	32.0	30.0	26.7
Haftalık Nispi Nem Ortalaması (%) Weekly Relative Humidity Average (%)	29.3	49.2	45.2	40.2	31.2	26.5	33.3	24.3

Yapılan detaylı literatür araştırmalarında, *L. acidophilus* bakterisinin, insan ve hayvan mide-bağırsak sisteminde bulunan *Escherichia coli* (Migula, 1895) Castellani ve Chalmers, 1919 (*Enterobacteriales: Enterobacteriaceae*) ve *Yersinia pseudotuberculosis* (Pfeiffer, 1889) Smith ve Thal, 1965 (*Enterobacteriales: Yersiniaceae*) gibi enteropatojenik bakterilere karşı konakçısını koruduğu bildirilmiştir (Bernet ve ark., 1994). Ayrıca, bazı *L. acidophilus* suşlarının büyük çoğunluğunun (% 63'ünün) bakteriyosin ürettiği (Vincent ve ark., 1959; Barefoot ve Klaenhammer, 1983) ve insan bağırsağında bulunan epitel hücrelere bağlanabildiği-yapışabildiği bilinmektedir (Chauvi~re ve ark., 1992; Elo ve Salminen, 1992;

Greene ve Klaenhammer, 1994; Sanders ve Klaenhammer, 2001; Ahn ve ark., 2002; Saito, 2004).

Bakteri; yoğurt, süt, diyet ürünleri gibi fermente ürünlerde bolca bulunan (Klaenhammer, 1982; Conway, 1996; Holzapfel ve ark., 1998; Katz, 2001; Sanders ve Klaenhammer, 2001; Saito, 2004; Tannock, 2005; Azcarate-Peril ve ark., 2006; Ziarno, 2008) ve bu ürünlerde yaygın olarak kullanılan probiyotik bakterilerden (Kailasapathy ve Chin, 2000; Ivonne ve ark., 2001; Altermann ve ark., 2005) birisidir. Ayrıca, bakterinin bu ürünlerden başka balda da bulunduğu ve balın bazı yararlı özelliklerinin bu bakteriden kaynaklandığı da öne sürülmektedir (Aween ve ark., 2012).

**Çizelge 3.** Çalışmaya ilişkin Şanlıurfa ili 2018 yılı iklim verileri (Anonim, 2018)**Table 3.** 2018 Climate Data of Sanliurfa Province Regarding the Study (Anonymous, 2018)

Meteorolojik veriler Meteorological data								
Haftalar Weeks	6 Ağustos 12 Ağustos August 6 - August 12	13 Ağustos- 19 Ağustos August 13 August 19	20 Ağustos- 26 Ağustos August 20 August 26	27 Ağustos- 2 Eylül August 27 - September 2	3 Eylül- 9 Eylül September 3 September 9	10 Eylül- 16 Eylül September 10 September 16	17 Eylül- 23 Eylül September 17 September 23	24 Eylül- 30 Eylül September 24 September 30
En yüksek sıcaklık ortalaması (°C) Highest Average Temperature (°C)	38.1	39.1	39.3	38.3	35.4	33.2	34.9	34.0
En düşük sıcaklık ortalaması (°C) Lowest Average Temperature (°C)	22.7	23.1	23.7	21.8	20.8	19.7	19.4	17.7
Haftalık sıcaklık ortalaması (°C) Weekly Average Temperature (°C)	30.4	31.1	31.5	30.1	28.1	26.5	27.2	25.9
Haftalık nispi nem ortalaması (%) Weekly Relative Humidity Average (%)	38.4	33.3	42.4	40.0	40.6	41.2	27.6	32.6

*Lactobacillus acidophilus* gibi probiyotik bakterilerin, memeli olmayan konukçuları (Invertebrata, eklem bacaklılar) ve bu konukçulardaki işlevleri konusunda yapılan araştırmalar oldukça sınırlıdır (Grounta ve ark., 2016). Bir çalışmada, *Drosophila* spp., Fallén, 1823 (*Diptera: Drosophilidae*) sineği bağırsağına ait mikrobiyotada *Lactobacillus* spp., cinslerinin de bulunduğu (Wong ve ark., 2011; Broderick ve Lemaitre, 2012; Staubach ve ark., 2013) ve bazı *Lactobacillus* spp.,'ye ait türlerin bu sinek türünde çiftleşme tercihlerini etkileyebileceği (Mwamburi ve ark., 2010) bildirilmiştir. Bir başka araştırmada, meyve sinekleri bağırsağına ait mikrobiyotada *Lactobacillus* spp., cinslerinin bulunduğu (Chandler ve ark., 2011; Wong ve ark., 2011; Erkosar ve ark., 2013; Wong ve ark., 2013) ve bu bakterinin bu sineklerin bağırsak gelişiminde rol oynadığı (Jones ve ark., 2013) bildirilmiştir. Bu türlerden başka, *Lactobacillus* spp.,'ların; karıncalar Latreille, 1809 (*Hymenoptera: Formicidae*) (McFrederick ve

ark., 2013), bal arıları (*Apis* spp., Linnaeus, 1758 (*Hymenoptera: Apidae*)) (Evans ve Lopez 2004; Vásquez ve Olofsson, 2009; Audisio ve ark., 2011; Tajabadi ve ark., 2011; McFrederick ve ark., 2012; Tajabadi ve ark., 2013; Techo ve ark., 2016), eşek arıları (*Vespa* spp., Latreille, 1802 (*Hymenoptera: Vespidae*)) (McFrederick ve ark., 2013), iğnesiz arılar (*Meliponini* spp., Lepeletier, 1836 (*Hymenoptera: Apidae*)) (Vasquez ve ark., 2012), bombus arıları (*Bombus* spp., Latreille, 1802 (*Hymenoptera: Apidae*)) (Techo ve ark., 2016), lahana kelebekleri (*Pieris brassicae* Linnaeus, 1758 (*Lepidoptera: Pieridae*)) (Terenius ve ark., 2008; Van der Hoeven ve ark., 2008; Geib ve ark., 2009), sivrisinekler Meigen, 1830 (*Diptera: Culicidae*) (Rani ve ark., 2009; Wang ve ark., 2011) ve bazı termit türlerine ait (*Macrotermes subhyalinus* (Rambur, 1842) (*Dictyoptera: Termitidae*) ve *Macrotermes bellicosus* (Smeathman, 1781) (*Isoptera: Termitidae*)) (Yoro ve ark., 2013) mide-bağırsak mikrobiyotasında bulunduğunu belirten

çalışmalar da vardır. Buna göre, belirli bu çalışmalarda, *Lactobacillus* spp., bakterisinin, çeşitli canlıların mide-bağırsak sistemlerini bakteri veya fungus kaynaklı enfeksiyonlara karşı koruyarak, konukçularının bağışıklıklarına katkı sağladığı belirtilmektedir. Bir çalışmada, *Caenorhabditis elegans* (Maupas, 1900) (*Rhabditida: Rhabditidae*) adlı bir nematodun, *L. acidophilus* ile beslendiğinde, *Enterococcus faecalis* (Andrewes ve Horder, 1906) Schleifer ve Kilpper-Bälz, 1984 (*Bacilli: Enterococcaceae*) ve *Staphylococcus aureus* Rosenbach, 1884 (*Bacilli: Staphylococcaceae*) enfeksiyonlarına karşı daha iyi korunduğu bildirilmiştir (Kim ve Mylonakis, 2012).

Bir başka çalışmada ise, *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (*Lepidoptera: Pyralidae*) bağırsağında bulunan *L. acidophilus*'un konakçısını *Candida albicans* (C.-P. Robin) Berkhout (1923) (*Saccharomycetales: Saccharomycetaceae*) enfeksiyonundan koruduğu bildirilmiştir (Vilela ve ark., 2015).

Sonuç olarak; tüm bu örneklerle rağmen, bu bakterinin bitkilerde ekonomik kayıplara ve çeşitli zararlara neden olan zararlı otçul böceklerin doğal düşmanları üzerinde kullanımlarına ilişkin herhangi bir literatür çalışmasına rastlanılmamıştır.

#### 4.Sonuç

Bu çalışmada, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Osmanbey Kampüsü deneme alanında, 2017 ve 2018 yılları arasında, Pioneer mısır çeşidinin çevre dostu-bitkisel *L. acidophilus* içerikli bitki aktivatörü ile oluşturulan ekstrakt ile yaprak uygulaması şeklinde muamele edilmesi aracılığıyla, bu bitkide çeşitli yollarla tespit edilen *C. carnea* doğal düşman türü üzerindeki cezbedici etkiler değerlendirilmiştir. Çalışmada, buna göre, her iki yılda da, *L. acidophilus* içerikli bitki aktivatörü ile oluşturulan ekstrakt uygulamasının, kontrol uygulamaya göre istatistiki olarak önemli ölçüde daha fazla sayıda *C. carnea* ergin bireyleri çektiği tespit edilmiştir.

Buna göre, bu çalışmada elde edilen tüm sonuçların açık alan koşullarında *C. carnea* doğal düşmanının mısırlara çekiminde *L. acidophilus* bakterisi aracılı olarak yapılabilecek çeşitli çalışmalara ışık tutabileceği, böylelikle zararlı böceklerle mücadelede biyolojik mücadeleye katkı sağlayabilecek, gelecekte tarımsal savaşta kimyasal mücadele kullanımını en aza indirgeyen çevreyle dost alternatif mücadele yöntemlerinin

geliştirilmesinde faydalı olabileceği düşünülmektedir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi 18163 Nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

#### Kaynaklar

- Acosta, M. P., Palomino, M. M., Allievi, M. C., Rivas, C. S., Ruzal, S. M., 2008. Murein hydrolase activity in the surface layer of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356. *Applied and Environmental Microbiology*, 74 (24): 7824-7827.
- Ahn, Y. T., Lim, K. L., Ryu, J. C., Kang, D. K., Ham, J. S., Jang, Y. H., Kim, H. U., 2002. Characterization of *Lactobacillus acidophilus* isolated from piglets and chicken. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15: 1790-1797.
- Altermann, E., Russell, W. M., Azcarate-Peril, M. A., Barrangou, R., Buck, B. L., Mcauliffe, O., Souther, N., et al., 2005. Complete genome sequence of the probiotic lactic acid bacterium *Lactobacillus acidophilus* NCFM. *Pnas*, 102 (11): 3906-3912.
- Anonim, 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 1 Kasım 2018).
- Audisio, M. C., Torres, M. J., Sabaté, D. S., Ibarguren, C., Apella, M. C., 2011. Properties of different lactic acid bacteria isolated from *Apis mellifera* L. bee-gut. *Microbiological Research*, 166 (1): 1-13.
- Aween, M. M., Hassan, Z., Muhiadin, B. J., Eljamel, Y. A., Almabrok, A. S. W., Lani, M. N., 2012. Antibacterial activity of *Lactobacillus acidophilus* strains isolated from honey marketed in Malaysia against selected multiple antibiotic resistant (MAR) gram-positive bacteria. *Journal of Food Science*, 77: 364-371
- Azcarate-Peril, M. A., Bruno-Ba'rcena, J. M., Hassan, H. M., Klaenhammer, T. R., 2006. Transcriptional and functional analysis of oxalyl-coenzyme A (CoA) decarboxylase and formyl-coa transferase genes from *Lactobacillus acidophilus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 72 (3): 1891-1899.
- Barefoot, S. F., Klaenhammer, T. R., 1983. Detection and activity of lactacin B, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus*. *Applied Environmental Microbiology*, 45: 1808-1815.
- Bernet, M. F., Brassart, D., Neeser, J. R., Servin, A. L., 1994. *Lactobacillus acidophilus* LA 1 binds to

- cultured human intestinal cell lines and inhibits cell attachment and cell invasion by enterovirulent bacteria. *Gut*, 35: 483–489.
- Bozsik, A., 1995. Effect of some zoocides on *Chrysoperla carnea* adults (Planipennia, Chrysopidae) in the laboratory. *Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 68: 58-59.
- Broderick, N. A., Lemaitre, B., 2012. Gut-associated microbes of *Drosophila melanogaster*. *Gut Microbes*, 3 (4): 307-321.
- Chandler, J. A., Lang, J. M., Bhatnagar, S., Jonathan, A. E., Artyom, K., 2011. Bacterial communities of diverse *Drosophila* species: Ecological context of a hostmicrobe model system. *Plos Genet*, 7: e1002272.
- Chauvi-Re, G., Coconnier, M. H., Kerngis, S., Fourniat, J., Servin, A. L., 1992. Adhesion of human *Lactobacillus acidophilus* strain LB to human enterocyte-like Caco-2 cells. *Journal of General Microbiology*, 138: 1689-1696.
- Choi, S. S., Kim, Y., Han, K. S., You, S., Oh, S., Kim, S. H., 2006. Effects of *Lactobacillus* strains on cancer cell proliferation and oxidative stress in vitro. *Letters in Applied Microbiology*, 42: 452–458.
- Conway, P. L., 1996. Selection criteria for probiotic microorganisms. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, pp: 10–14.
- Davidson, R. H., Duncan, S. E., et al., 2000. Probiotic culture survival and implications in fermented frozen yogurt characteristics. *J. of Dairy Sci.*, 83 (4): 666-673.
- De Vrese, M., Schrezenmeir, J., 2008. Probiotics, prebiotics, and synbiotics. *Food Biotechnology*, 111: 1-66.
- Dicke, M., 1999a. Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods?. *Ento. Experi. et App.*, 92: 131–142.
- Dicke, M., 1999b. Evolution of induced indirect defence of plants. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA, pp: 62–88.
- Elo, S., Salminen, S., 1992. Attachment of *L. casei* strain GG to human colon carcinoma cell line Caco-2: Comparison with other dairy strains. *Lett. in App. Micro.*, 13: 154-156.
- Erkosar, B., Storelli, G., Defaye, A., Leulier, F., 2013. Host-intestinal microbiota mutualism: Learning on the fly. *Cell Host Microbe*, 13: 8–14.
- Evans, J. D., Lopez, D. L., 2004. Bacterial probiotics induce immune response in the honey bee (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 97: 752-756.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., et al., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337–342.
- Fritzsche-Hoballah, M. E., Turlings, T. C. J., 2001. Experimental evidence that plants under caterpillar attack may benefit from attracting parasitoids. *Evolutionary Ecology Research*, 3: 553–565.
- Geib, S. M., Jimenez-Gasco, M. D. M., Carlson, J. E., Tien, M., Hoover, K., 2009. Effect of host tree species on cellulase activity and bacterial community composition in the gut of larval asian longhorned beetle. *Environmental Entomology*, 38: 686-699.
- Gill, H. S., Guaner, F., 2004. Probiotics and human health: A clinical perspective. *Postgraduate Medical Journal*, 80: 516–526.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., et al., 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812–818.
- Greene, J. D., Klaenhammer, T. R., 1994. Factors involved in adherence of *Lactobacilli* to human Caco-2 cells. *Applied Environmental Microbiology*, 60: 4487-4494.
- Gregory, P. J., George, T. S., 2011. Feeding nine billion: The challenge to sustainable crop production. *Journal of Experimental Botany*, 62: 5233–5239.
- Grounta, A., Harizanis, P., Mylonakis, E., Nychas, G-J. E., Panagou, E. Z., 2016. Investigating the effect of different treatments with lactic acid bacteria on the fate of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* infection in *Galleria mellonella* larvae. *Plos One*, 11 (9): e0161263.
- Holzappel, W. H., Haberer, P., Snel, J., Schillinger, U., Veld, J. H. J. H., 1998. Overview of gut flora and probiotics. *International Journal of Food Microbiology*, 41: 85-101.
- Ivonne, F. G., Guillermo, Q., Gerardo, R., et al., 2001. Probiotics and prebiotics-perspectives and challenges. *J. of the Sci. of Food and Agri.*, 91: 1341–1348.
- Jones, R. M., Luo, L., Ardita, C. S., Richardson, A. N., Kwon, Y. M., Mercante, J. W., Alam, A., Gates, C. L., Wu, H., Swanson, P. A., Lambeth, J. D., Denning, P. W., Neish, A. S., 2013. Symbiotic *Lactobacilli* stimulate gut epithelial proliferation via nox-mediated generation of reactive oxygen species. *The EMBO Journal*, 32: 3017–3028.
- Kailasapathy, K., Chin, J., 2000. Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. *Immunology & CellBiology*, 78 (1): 80-88.
- Kailasapathy, K., Rybka, S., 1997. *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. their therapeutic potential and survival in yogurt. *Australian Journal of Dairy Technology*, 52: 28-33.
- Katz, F., 2001. Active cultures add function to yogurt and other foods. *Food Technology*, 55: 46–49.
- Kawashima, T., Hayashi, K., Kosaka, A., Kawashima, M., Igarashi, T., Tsutsui, H., Tsuji, N. M.,

- Nishimura, I., Hayashi, T., Obata, A., 2011. *Lactobacillus plantarum* strain YU from fermented foods activates Th1 and protective immune responses. *International Immunopharmacology*, 11: 2017–2024.
- Kessler, A., Baldwin, I. T., 2001. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science*, 291: 2141–2144.
- Kim, Y., Mylonakis, E., 2012. *Caenorhabditis elegans* immune conditioning with the probiotic bacterium *L. acidophilus* strain NCFM enhances gram positive immune responses. *Infection and Immunity*, 80: 2500–2508.
- Klaenhammer, T. R., 1982. Microbiological considerations in selection and preparation of *Lactobacillus* strains for use as dietary adjuncts. *Journal of Dairy Science*, 65: 1339-1349.
- Klaenhammer, T. R., Altermann, E., Pfeiler, E., Buck, B. L., Goh, Y. J., O'flaherty, S., Barrangou, R., Duong, T., 2008. Functional genomics of probiotic *Lactobacilli*. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 42 (160).
- Kos, B., Šušković, J., Vuković, S., Šimpraga, M., Frece, J., Matošić, S., 2003. Adhesion and aggregation ability of probiotic strain *Lactobacillus acidophilus* M92. *Journal of Applied Microbiology*, 94 (6): 981-987.
- Mcfrederick, Q. S., Cannone, J. J., Gutell, R. R., Kellner, K., Plowes, R. M., Muellera, U. G., 2013. Specificity between *Lactobacilli* and Hymenopteran hosts is the exception rather than the rule. *Applied and Environmental Microbiology*, 79 (6): 1803-1812.
- Mcfrederick, Q. S., Wcislo, W. T., et al., 2012. From environment or kin: Whence do bees obtain acidophilic bacteria? *Molecular Ecology*, 21: 1754-1768.
- Mohamadzadeh, M., Duong, T., Hoover, T., Klaenhammer, T. R., 2008. Targeting mucosal dendritic cells with microbial antigens from probiotic lactic acid bacteria. *Expert Review of Vaccines*, 7: 163–174.
- Muriana, P. M., Klaenhammer, T. R., 1991. Purification and partial characterization of lactacin F, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* 11088. *Applied and Environmental Microbiology*, 57 (1): 114-121.
- Mwamburi, L. A., Laing, M. D., Miller, R., 2010. Interaction between *Beauveria bassiana* and *Bacillus thuringiensis israelensis* for the control of housefly larvae and adults in poultry houses. *Poultry Science*, 55 (11): 2307–2314.
- Naidu, A. S., Bidlack, W. R., Clemens, R. A., 1999. Probiotic spectra of lactic acid bacteria. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38: 113-126.
- Nguyen, T. D., Kang, J. H., Lee, M. S., 2007. Characterization of *Lactobacillus plantarum* PH04, a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects. *International Journal of Food Microbiology*, 113: 358–361.
- Ouwehand, A. C., Salminen, S., Isolauri, E., 2002. Probiotics: An overview of beneficial effects. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 82: 279–289.
- Parodi, P. W., 1999. The role of intestinal bacteria in the causation and prevention of cancer: Modulation by diet and probiotics. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 54: 103-121.
- Pradhanang, P. M., Ji, P., Momol, M. T., Olson, S. M., Mayfield, J. L., Jones, J. B., 2005. Application of acibenzolar-S-methyl enhances host resistance in tomato against *Ralstonia solanacearum*. *Plant Disease*, 89: 989-993.
- Rani, A., Sharma, A., Rajagopal, R., Adak, T., Bhatnagar, R. K., 2009. Bacterial diversity analysis of larvae and adult midgut microflora using culture-dependent and culture-independent methods in lab-reared and field-collected *Anopheles stephensi*-an Asian malarial vector. *BMC Microbiology*, 9 (96).
- Russell, W. M., Klaenhammer, T. R., 2001. Efficient system for directed integration into the *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus gasserii* chromosomes via homologous recombination. *Applied and Environmental Microbiology*, 67 (9): 4361-4364.
- Saito, T., 2004. Selection of useful probiotic lactic acid bacteria from the *L. acidophilus* group and their applications to functional foods. *Ani. Sci. J.*, 75 (1): 1-13.
- Sanders, M. E., Klaenhammer, T. R., 2001. Invited review: The scientific basis of *L. acidophilus* NCFM functionality as a probiotic. *Journal of Dairy Science*, 84: 319–331.
- Sobhy, I. S., Erb, M., Lou, Y., Turlings, T. C. J., 2014. The prospect of applying chemical elicitors and plant strengtheners to enhance the biological control of crop pests. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 369 (1639).
- Soomro, A. H., Masud, T., Anwaar, K., 2002. Role of lactic acid bacteria (LAB) in food preservation and human health. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1 (1): 20-24.
- Stark, S. B., Whitford, F., 1987. Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae feeding on *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs on cotton in field cages. *Entomophaga*, 12 (5): 521- 527.
- Staubach, F., Baines, J. F., Kunzel, S., Bik, E. M., Petrov, D. A., 2013. Host species and environmental effects on bacterial communities associated with *Drosophila* in the laboratory and in the natural environment. *Plos One*, 8 (8): e70749.
- Sui, J., Leighton, S., Busta, F., Brady, L., 2002. 16S ribosomal DNA analysis of the faecal *Lactobacilli* composition of human subjects

- consuming a probiotic strain *Lactobacillus acidophilus* NCFM. Journal of Applied Microbiology, 92: 907–912.
- Suraporn, S., Sangsuk, W., et al., 2015. Effects of probiotic bacteria on the growth parameters of the Thai silkworm, *B. mori*. Thai J. of Agri. Sci., 48 (1), 29-33.
- Tajabadi, N., Mardan, M., et al., 2011. Detection and identification of *Lactobacillus* bacteria found in the honey stomach of the giant honeybee *A. dorasta*. Apidologie, 42: 642-649.
- Tajabadi, N., Mardan, M., Manap, M. Y. A., Mustafa, S., 2013. Molecular identification of *Lactobacillus* spp. isolated from the honey comb of the honey bee (*Apis dorsata*) by 16S rRNA gene sequencing. Journal of Apicultural Research, 52: 235-241.
- Tannock, G. W., 2005. Probiotics and prebiotics: Scientific aspects. Wymordham, UK: Caister Academic Press, p.230.
- Techo, S., Miyashita, M., et al., 2016. *L. ixorae* sp. nov., isolated from a flower (West-Indian jasmine). Inter. J. of Sys. and Evo. Micro., 66: 5500–5505.
- Terenius, O., Dantas De Oliveira, C., Pinheiro, W. D., Tadei, W. P., James, A. A., Marinotti, O., 2008. 16S rRNA gene sequences from bacteria associated with adult *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) mosquitoes. Journal of Medical Entomology, 45: 172-175.
- Urmann, K., Arshavsky-Graham, S., Walter, J. G., Scheper, T., Segal, E., 2016. Whole-cell detection of live *Lactobacillus acidophilus* on aptamer-decorated porous silicon biosensors. Analyst, 141: 5432-5440.
- Van Der Hoeven, R., Betrabet, G., Forst, S., 2008. Characterization of the gut bacterial community in *Manduca sexta* and effect of antibiotics on bacterial diversity and nematode reproduction. FEMS Microbiology Letters, 286: 249-256.
- Van Loon, J. J. A., De Boer, J. G., Dicke, M., 2000. Parasitoid–plant mutualism: Parasitoid attack of herbivore increases plant reproduction. Entomologia Experimentalis et Applicata, 97: 219–227.
- Vasquez, A., Forsgren, E., Fries, et al., 2012. Symbionts as major modulators of insect health: Lactic acid bacteria and honeybees. Plos One, 7: e33188.
- Vásquez, A., Olofsson, T. C., 2009. The lactic acid bacteria involved in the production of bee pollen and bee bread. Journal of Apicultural Research, 48: 189-195.
- Vilela, S. F., Barbosa, J. O., et al., 2015. *L. acidophilus* ATCC 4356 inhibits biofilm formation by *C. albicans* and attenuates the experimental candidiasis in *G. mellonella*. Virulence, 6: 29–39.
- Vincent, J. G., Veomett, R. C., Riley, R. F., 1959. Antibacterial activity associated with *Lactobacillus acidophilus*. Journal of Bacteriology, 78: 477-484.
- Wang, Y., Gilbreath III, T. M., Kukutla, P., Yan, G., Xu, J., 2011. Dynamic gut microbiome across life history of the malaria mosquito *Anopheles gambiae* in Kenya. Plos One, 6 (9): e24767.
- Wong, A. C. N., Chaston, J. M., Douglas, A. E., 2013. The inconstant gut microbiota of *Drosophila* species revealed by 16S rRNA gene analysis. The ISME Journal, 7 (19): 22–32.
- Wong, A. C. N., Ng, P., Douglas, A. E., 2011. Low-diversity bacterial community in the gut of the fruitfly *Drosophila melanogaster*. Environmental Microbiology, 13 (1): 889–900.
- Yıldırım, E., 2008. Tarımsal zararlılarla mücadele yöntemleri ve kullanılan ilaçlar. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No: 219, Erzurum, 350 s.
- Yoro, D. T., Kouassi, N. K., Dabonné, S., Kouamé, L. P., Koffi-Nevry, R., 2013. Screening of fermentative symbiotic microorganisms from digestive tract of *Macrotermes subhyalinus* and *Macrotermes bellicosus*. International Journal of Biosciences, 3 (4): 27-35.
- Ziarno, M., 2008. In vitro cholesterol uptake by *Lactobacillus acidophilus* isolates. Technologia Alimentaria, 7 (3): 65-74

## Vitamin C Kaynağı Olarak Subtropik ve Tropik İklim Meyve Türleri

Zeynel DALKILIÇ

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Aydın, Türkiye  
[ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0946-1036>]

Sorumlu yazar: [zdalkilic@adu.edu.tr](mailto:zdalkilic@adu.edu.tr)

### Özet

Vitaminler insan beslenmesinde hayati öneme sahiptir. Bunlardan vitamin C eksikliği iskorbüt hastalığına neden olur. Kadınların en az 75 mg/kişi ve erkeklerin en az 90 mg/kişi ile en çok 2000 mg/kişi arasında günlük vitamin C alması tavsiye edilmektedir. Fazlası vücutta birikmez, atılır. İnsanlar vücutlarında doğal olarak askorbik asidi sentezleyemezler. Bu nedenle askorbik asit günlük olarak besin kaynaklarından alınmak zorundadır. Orta boy bir portakalda 70-83 mg ve altıntopta 88 mg vitamin C bulunur. Vitamin C mikroorganizmalara karşı vücudun direncini artırır; kan damarlarını sağlamlaştırır; kemikler, eklemler ve damarlardaki kollajen yapımı için gerekli olan 4-hidroxyproline amino asidini sentezler; vücutta noradrenalin sentezlenmesini sağlar; kolestrolden safra sentezlenmesini sağlar; kuvvetli antioksidandır; vitamin E (tokoferol) ve vitamin B9 (folik asit)'un kararlı hâle gelmesini sağlar; karnitin sentezini sağlar ve yağ asitlerinin taşınmasına katkıda bulunur. En fazla vitamin C (mg/100g) içeren subtropik ve tropik meyve türleri göreceli olarak şu şekilde gruplandırılabilir. 1.grup (>600 mg/100g): acerola (*Malpighia glabra*) 4500, kamu kamu (*Myrciaria dubia*) 2280, kivi (*Actidinia chinensis*) 1008; 2.grup (600-100 mg/100g): guava (*Psidium guajava*) 600, amla (*Phyllanthus emblica*) 600, kaju (*Anacardium occidentale*) 372, Trabzon hurması (*Diospyros kaki*) 210, demirhindi (*Tamarindus indica*) 202, siyah sapot (*Diospyros nigra*) 192, yıldız meyvesi (*Averrhoa bilimbi*) 183, ananas (*Ananas comosus*) 165; 3.grup (100-50 mg/100g): feijoa (*Acca sellowiana*) 93, longan (*Dimocarpus longan*) 84, liçi (*Litchi chinensis*) 72, papaya (*Carica papaya*) 82, mango (*Mangifera indica*) 80, nar (*Punica granatum*) 72, bel (*Aegle marmelos*) 60, portakal (*Citrus sinensis*) 53, limon (*Citrus limon*) 53, Java eriği (*Syzygium cumini*) 51, atemoya (*Annona squamosa* × *A.cherimola*) 50; 4.grup (<50 mg/100 g): rambutan (*Nephelium lappaceum*) 48, sugarapple (*Annona squamosa*) 42, muz (*Musa spp.*) 36, altıntop (*Citrus* × *paradisi*) 33, plantain (*Musa* × *paradisiaca*) 31, beyaz sapot (*Casimiroa edulis*) 30, çarkifelek meyvesi (*Passiflora edulis*) 30, ejder meyvesi (*Hylocerus undatus*) 30, graviola (*Annona muricata*) 30, ekmek meyvesi (*Artocarpus altilis*) 29, mandarin (*Citrus reticulata*) 27, durian (*Durio zibethinus*) 24, avokado (*Persea americana*) 21, cempedak (*Artocarpus polyphema*) 20, fil elması (*Feronia elephantum*) 18, çerimoya (*Annona cherimola*) 16, sapot (*Manilkara zapota*) 15, incir (*Ficus carica*) 15, jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) 14, keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua*) 8, Hindistan cevizi (*Cocos nucifera*) 3, mangostan (*Garcinia mangostana*) 3, yenidünya (*Eriobotrya japonica*) 3, langsat (*Lansium parasiticum*) 1, zeytin (*Olea europaea*) <1.

**Anahtar Kelimeler:** L-askorbik asit, İnsan sağlığı, Subtropik ve tropik iklim meyveleri

### Subtropical and Tropical Fruit Species as Vitamin C Source

#### Abstract

Vitamins have a vital importance in human nutrition. From these, vitamin C deficiency causes scurvy disease. It was suggested to be consumed between at least 75 mg/person in females and 90 mg/person in males, and the most 2000 mg/person daily. The excess of it does not accumulate, but discarded. The natural form of vitamin C is L-ascorbic acid (hexuronic acid, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, M.W.=176.12 g/L). It is a vitamin that water soluble, white, acidic, and sensitive to light. Humans cannot naturally synthesize ascorbic acid in their bodies. Therefore, ascorbic acid has to be taken daily by food sources. There is 70-83 mg in an orange and 88 mg in a grapefruit. Vitamin C has several health benefits as follows: increases body's resistance against to microorganisms; strengthen blood veins; synthesizes 4-hydroxyproline amino acid



required for making collagen in bones, joints, and veins; provides noradrenalin synthesis in the body; provides the synthesis of gall (bile) from cholesterol; is a strong antioxidant; provides the stabilization of vitamin E (tocopherol) and vitamin B9 (folic acid); provides carnitine synthesis, and contributes the transport of fatty acids. The highest amount of vitamin C containing subtropical and tropical fruit crops are relatively grouped in as follows (mg/100g): Group 1 (>600 mg/100g): acerola (*Malpighia glabra*) 4500, camu camu (*Myrciaria dubia*) 2280, kiwifruit (*Actinidia chinensis*) 1008; Group 2 (600-100 mg/100g): guava (*Psidium guajava*) 600, aonla (*Phyllanthus emblica*) 600, cashew apple (nut) (*Anacardium occidentale*) 372, persimmon (*Diospyros kaki*) 210, tamarind (*Tamarindus indica*) 202, black sapote (*Diospyros nigra*) 192, carambola (*Averrhoa bilimbi*) 183, pineapple (*Ananas comosus*) 165; Group 3 (100-50 mg/100g): feijoa (*Acca sellowiana*) 93, longan (*Dimocarpus longan*) 84, litchi (*Litchi chinensis*) 72, papaya (*Carica papaya*) 82, mango (*Mangifera indica*) 80, pomegranate (*Punica granatum*) 72, bael (*Aegle marmelos*) 60, orange (*Citrus sinensis*) 53, lemon (*Citrus limon*) 53, jamun (*Syzygium cumini*) 51, atemoya (*Annona squamosa* × *A.cherimola*) 50; Group 4 (<50 mg/100 g): rambutan (*Nephelium lappaceum*) 48, sugarapple (*Annona squamosa*) 42, banana (*Musa spp.*) 36, grapefruit (*Citrus* × *paradisi*) 33, plantain (*Musa* × *paradisiaca*) 31, white sapote (*Casimiroa spp.*) 30, passiflora (*Passiflora edulis*) 30, pitaya (*Hyloceris undatus*) 30, graviola (*Annona muricata*) 30, breadfruit (*Artocarpus altilis*) 29, mandarin (*Citrus reticulata*) 27, durian (*Durio zibethinus*) 24, avocado (*Persea americana*) 21, chempedak (*Artocarpus polyphema*) 20, woodapple (*Feronia elephantum*) 18, cherimoya (*Annona cherimola*) 16, sapodilla (*Manilkara zapota*) 15, fig (*Ficus carica*) 15, jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) 14, carob (*Ceratonia siliqua*) 8, coconut (*Cocos nucifera*) 3, mangosteen (*Garcinia mangostana*) 3, loquat (*Eriobotrya japonica*) 3, langsung (*Lansium parasiticum*) 1, olive (*Olea europaea*) <1.

**Keywords:** L-ascorbic acid, Human health, Subtropic and tropic climate fruit crops

## 1.Giriş

Meyveler insan beslenmesinde vitamin ve mineral madde kaynağı olarak önemli yere sahiptir (Karadeniz, 2004; Small, 2012). L-askorbik asit (AsA, AA) bazı önemli fizyolojik olaylarda rol oynayan bitkilerde en yaygın olarak bulunan suda çözünebilir antioksidan ve enzim kofaktörlerinden birisidir (Davey ve ark., 2000; Suekawa ve ark., 2017). Vitamin C eksikliğinin başlıca belirtisi iskorbüt hastalığına neden olmaktadır.

## 2.Tarihçe

Jacques Cartier 1536'da, vitamin C'ye dayanan bir diyet eksikliği hastalığının açık tarifini vermiştir. 1747-1753'te İngiliz doktor James Lind tarafından turuncu meyvesi ya da suyu tüketilerek tedavisi bulunmuştur (Berg ve ark., 2002). 1928'de ilk kez Albert Szent Györgi tarafından özütlenmiştir (Walji, 2005). Györgi bu çalışmasından dolayı 1937'de Nobel Fizyoloji ya da Tıp ödülüne layık görülmüştür. 1932'de limondan izole edilen iskorbüt karşıtı vitamin C, Latince *scorbutus* kelimesine atfen "askorbik asit" olarak isimlendirilmiştir. Günlük en az 75 mg/kişi (Özata, 2017), en çok 2000 mg/kişi (Jopp, 2014) alınması gerekir. Fazlası zararlı değildir. Ancak 1000 mg'dan fazlası idrarla atılmaktadır (Özata, 2017).

"Ne yiyorsan, onun."

"Yaşamak için ye ve yemek için yaşama."

(İngiliz atasözü, ~1410)

"Hastalık yok, hasta var." (Hippokrates, M.Ö. 460 Kos-M.Ö. 360 Larissa)

"Allah her derde bir deva yaratmıştır."

## 3.Vitamin C Sentezi ve İşlevi

Vitamin C'nin doğal formu L-askorbik asittir (hexuronic acid, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, M.A.=176.12 g/L). Suda çözünen, beyaz, asidik, ışıktan etkilenen bir vitamindir (Bingöl, 1977). Ayrıca bir oksidasyon ürünü olan L-dehidroaskorbik asit (DHA) de biyolojik aktivite sergiler. DHA insan vücudunda kolaylıkla askorbik aside dönüştürülebildiği için meyve ve sebzelerdeki vitamin C aktivitesi için hem askorbik asidin hem de DHA'nın toplamının ölçülmesi önemlidir. Ne var ki, pek çok araştırmada DHA değerleri dikkate alınmadan askorbik asit miktarı rapor edilmektedir. Çoğu bahçe bitkisindeki DHA, toplam vitamin C'nin %10'undan daha azını temsil etse de depolama süresince DHA artış eğilimi göstermektedir (Lee ve Kader, 2000). İnsanlar vücutlarında doğal olarak askorbik asidi sentezleyemezler (esansiyel). Bu nedenle askorbik asit günlük olarak besin kaynaklarından alınmak zorundadır. Orta boy bir portakalda 70-83 mg, altıtopta 88 mg, bir su bardağı portakal suyunda 124 mg vitamin C bulunur. Vitamin C mikroorganizmalara karşı vücudun direncini artırır; kan damarlarını sağlamlaştırır; kemikler, eklemler ve damarlardaki kollajen yapımı için gerekli olan 4-hydroxyproline amino asidini

sentezler (Berg ve ark., 2002); vücutta noradrenalin sentezlenmesini sağlar; kolestrolen safra sentezlenmesini sağlar; kuvvetli antioksidandır (Carr ve Maggini, 2017); vitamin E (tokoferol) ve vitamin B9 (folik asit)'un kararlı hâle gelmesini sağlar; karnitin sentezini sağlar ve yağ asitlerinin taşınmasına katkıda bulunur. Vitamin C kuşburnu, siyah üzüm, yeşil biber, mango, karnabahar, lahana, brokoli, portakal, mandarin, limon, altıntop, patates, domates, bezelye, pırasa, muz, çilek, şalgam ve yeşil yapraklı sebzelerde bulunur (Özata, 2017).

Diğer canlıların aksine, insanlar l-gulono- $\gamma$ -lactone oxidase (GLO) geninin mutasyona uğramasından dolayı, vücutlarında askorbik asidi doğal olarak sentezleyemezler. Kadınların en az 75 mg/gün (Anonim, 2000) ya da 80-95 mg/gün (Anonim, 2013) ve erkeklerin 90 mg/gün (Anonim, 2000) ya da 90-110 mg/gün (Anonim, 2013) vitamin C tüketmesi tavsiye edilmektedir (Chisnall ve Macknight, 2017; Fenech ve ark., 2019). Diğer vitaminlerin aksine işlevini yerine getirmeden önce vitamin C'nin biyokimyasal olarak değiştirilmesi şarttır (Berg ve ark., 2002). Askorbik asit bazı hidroksilaz enzimlerinin (prolil hidroksilaz) ve violakzantin de-epoksidaz gibi bazı enzimlerin yardımcı faktörüdür (Smirnov, 1996).

Askorbik asit biyosentezinde askorbat peroksidaz ile mono-dehidroaskorbat redüktaz enzimleri rol oynar. Bakteriler askorbik asidi sentezleyemezken, anaerobik solunumda karbon kaynağı olarak kullanarak fermente edebilir. Meyvelerde ve sebzelerde yabancı tiplerde askorbik asidi miktarı daha fazlayken, kültüre alınma ile birlikte azalmıştır. Askorbik asit miktarı genellikle meristematik dokularda, çiçekler ya da genç meyvelerde, kök ucunda ve stolon veya yumruların büyüme ucunda yüksek miktarda bulunur. Turunçgil meyveleri yüksek askorbik asit miktarı (3  $\mu$ mol/g taze ağırlık) ile ünlenmiştir. Kivideki askorbik asit miktarı 7  $\mu$ mol/g taze ağırlık) iken *Myrciaria dubia* meyvesinde 170  $\mu$ mol/g taze ağırlık)'e kadar çıkabilir (Gest ve ark., 2013).

Değişik bitki türlerinde yapılan çalışmalar ile L-galactono-1,4-lactone (L-GL)'un askorbik aside dönüştürüldüğü konusunda fikir birliğine varılmıştır. Bu reaksiyon mitokondrinin iç zarında bulunan L-galactone-1,4-lactone dehydrogenase (GLDHase) tarafından sentezlenir (Smirnov ve ark., 2001; Smirnov, 2018).

Askorbik asidin ilk kez bitkilerde başlıca Smirnov-Wheeler enzim biyosentez yoluyla sentezlendiği belirlenmiştir (Conklin ve ark.,

2000). Bunun yanında son yıllarda d-galacturonate, l-gulose ve myo-inositol yollarından da askorbik asit sentezlendiği ortaya çıkarılmıştır (Suekawa ve ark., 2017). Askorbik asit miktarı bitki türüne, bulunduğu organa ve bitkinin büyüme safhasına göre ve ayrıca ışık, sıcaklık, tuz ve kuraklık gibi çevresel şartlara bağlı olarak da değişebilmektedir.

#### 4.Subtropik ve Tropik Meyve Türlerinin Vitamin C Kapsamı

Son birkaç yıldır tropikal meyvelerin tüketimi aroma, tat ve besin değerleri yönünden zengin olmaları nedeniyle dünya çapında artmaktadır (Delva ve Goodrich Schneider, 2013). Bitkiler âlemi (Simpson, 2019) içinde yer alan bazı türler, içerdikleri değişik organik maddeler yönünden insan beslenmesinde öne çıkmaktadır. Bu maddelerden birisi de vitamin C'dir.

Çizelge 1'de taze subtropik ve tropik meyvelerin 100 g yenilebilir bölümündeki vitamin C miktarı azalan sırada verilmiştir (Anonim, 2019). Meyvelerin rapor edilen vitamin C miktarları kullanılan genotip, yetiştirilen yöre, çevresel şartlar, uygulanan kültürel işlemler ve analiz yöntemlerine göre değişiklik gösterebilmektedir. En fazla vitamin C (mg/100g) içeren subtropik ve tropik meyve türleri göreceli olarak aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

**1.grup (>600 mg/100g):** Acerola (*Malpighia glabra*) 4500, kamu kamu (*Myrciaria dubia*) 2280, kivi (*Actinidia chinensis*) 1008

**2.grup (600-100 mg/100g):** Guava (*Psidium guajava*) 600, amla (*Phyllanthus emblica*) 600, kaju (*Anacardium occidentale* L.) 372, Trabzon hurması (*Diospyros kaki*) 210, demirhindi (*Tamarindus indica*) 202, siyah sapot (*Diospyros nigra*) 192, yıldız meyvesi (*Averrhoa bilimbi*) 183, ananas (*Ananas comosus*) 165

**3.grup (100-50 mg/100g):** Feijoa (*Acca sellowiana*) 93, longan (*Dimocarpus longan*) 84, liçi (*Litchi chinensis*) 72, papaya (*Carica papaya*) 82, mango (*Mangifera indica*) 80, bel (*Aegle marmelos*) 60, portakal (*Citrus sinensis*) 53, limon (*Citrus limon*) 53, Java eriği (*Syzygium cumini*) 51, atemoya (*Annona squamosa* X *A.cherimola*) 50

**4.grup (<50 mg/100 g):** Rambutan (*Nephelium lappaceum*) 48, sugarapple (*Annona squamosa*) 42, muz (*Musa* spp.) 36, altıntop (*Citrus*  $\times$  *paradisi*) 33, plantain (*Musa*  $\times$  *paradisiaca*) 31, beyaz sapot (*Casimiroa edulis*) 30, çarkifelek meyvesi (*Passiflora edulis*) 30,

ejder meyvesi (*Hylocerus undatus*) 30, graviola (*Annona muricata*) 30, ekmek meyvesi (*Artocarpus altilis*) 29, mandarin (*Citrus reticulata*) 27, durian (*Durio zibethinus*) 24, avokado (*Persea americana*) 21, cempedak (*Artocarpus polyphema*) 20, fil elması (*Feronia elephantum*) 18, çerimoya (*Annona cherimola*) 16, sapot (*Manilkara zapota*) 15, jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) 14, keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua*) 8, Hindistan cevizi (*Cocos nucifera*) 3, mangostan (*Garcinia mangostana*) 3, langsat (*Lansium parasiticum*) 1, zeytin (*Olea europaea*) <1.

100 g yenilebilir meyvede bulunan vitamin C miktarı 100 mg'dan fazla olarak kaydedilen subtropik ve tropik meyveler hakkında derlenen kısa bilgiler aşağıda verilmiştir.

**1. Acerola (Barbados kirazı, *Malpighia glabra* L., *M.emarginata* DC.,  $2n=2x=20$ , *Malpigiaceae*):** Anavatanı Orta Amerika, Güney Amerika'nın kuzeyi ve Karayipler'dir (Nakasone ve Paull, 1998; Janick ve Paull, 2008). Brezilya acerola üretiminde 11,000 hektar alanda yaklaşık 3 t/ha verimle toplam 32,990 ton/yıl ile lider ülkedir (Pommer ve Barbosa, 2009). Ağacı 3-5 m boylanır. Çiçekler 2.0-2.5 cm genişliğinde 5 taç yapraklı, 10 erkek organlı, 3 karpelli 1 dişi organlı hermafrodittir (er-dişi, erselik) (Nakasone ve Paull, 1998). Meyveler eriksi (drupe) tipte, 1-4 cm çapında ve 2-15 g ağırlığındadır. Meyve büyümesi ve gelişmesi üç safhaya ayrılabilir: yeşil, turuncu ve parlak kırmızı. Meyvenin olgunlaşması ile birlikte raf ömrü ve yola dayanımı azalmaktadır (Delva ve Goodrich Schneider, 2013; Ergun ve ark., 2014; Prakash ve Baskaran, 2018). Vitamin C miktarı en yüksek (957-4827 mg/100 g) meyvedir. Ham meyvelerin vitamin C miktarı daha yüksekken, olgunlaşma sürecince miktar azalır (Santini ve Navarez, 1955; Ito ve ark., 1990; Vendramini ve Trugo, 2000; Righetto ve ark., 2005; Mezadri ve ark., 2006; Assis ve ark., 2008). Bazı eczacılık şirketleri acerola meyvelerini ticari ürünlerinde vitamin C kaynağı olarak kullanmaktadırlar. Taze meyvesinden elde edilen suyu, diğer meyve içecekleri karışımları ve şerbet yapımında vitamin C takviyesi olarak yararlanılmaktadır (Lim, 2012).

**2. Camu camu (*Myrciaria dubia* Kunth (McVaugh),  $2n=2x=22$ , *Myrtaceae*):** Anavatanı periyodik olarak su baskınına maruz kalan tropikal Amazon havzasının yağmur ormanlarıdır. Peru'nun Loreto bölgesinde yaklaşık 1345 ha doğal camu camu plantasyonu bulunurken, Loreto'da 6475 ha, San Martin'de

(110 ha) ve Ucayali'de 5930 ha alanda kültürü yapılmaktadır. Bitki 4-8 m boylanan çalı ya da küçük ağaççıklar oluşturur. Çiçekleri hermafrodit olmasına rağmen dişi ve erkek organların farklı zamanlarda olgunluğa gelmelerinden dolayı fakültatif allogami gözlenir. Meyveleri 1.0-5.0 cm çapında, 11.7 g ağırlığında, küresel üzümü (berry) ya da eriksidir (Castro ve ark., 2018). Camu camu, aceroladan sonra en yüksek vitamin C miktarına (1400-2280 mg/100 g) sahiptir (Justi ve ark., 2000; Chirinos ve ark., 2010; Castro ve ark., 2018).

**3. Kivi (kivi, *Actinidia arguta* (Sieb. and Zucc.) Planch. ex Miq.,  $2n=2x=58$ , *A.chinensis* L.,  $2n=4x=116$ , *A.deliciosa* (A. Chev.) A. Chev.,  $2n=6x=174$ ):** Anavatanı güneydoğu Asya ve Çin'dir. Çin 2,036,168 t ile üretimde birinci sıradadır (Anonim, 2018). Bitkisi 9 m'ye kadar yükselebilen sarılcı yapıdadır. Kışın yaprağını döker. Çiçekleri dioik, 5-6 petalli, 2.5-5.0 cm'dir. Meyveleri yaklaşık 6.3 cm uzunluğunda, yumurtamsı-eliptik, üzümüdür (Morton, 1987). Vitamin C miktarı 52-89 (Zhang ve ark., 2017), 23-430 (Nishiyama ve ark., 2004) ve 1008 mg/100 g'dır (Latocha ve ark., 2010).

**4. Guava (*Psidium guajava* L.,  $2n=2x=22$ , *Myrtaceae*):** Anavatanı Meksika'nın güneyi ve Orta Amerika'dır (Morton, 1987). Hindistan 1,700,000 t üretim ile birinci sıradadır. Çiçekleri hermafrodit, 5-6 çanak yapraklı, 4-5 taç yapraklı, 1.0-2.0 cm uzunluğundadır (Pommer ve Murakami, 2009). Meyveleri 5-10 cm uzunluğunda, yuvarlak ya da oval şekilli, olgunlaştığında kokulu (Morton, 1987) ve üzümü yapıdadır. Vitamin C miktarı 85.9-104.5 (Oliveira ve ark., 2010), 100.0-134.3 (Pommer ve Murakami, 2009), 56-600 mg/100 g'dır (Morton, 1987).

**5. Aonla (amla, Hint bektası üzümü, *Phyllanthus emblica*,  $2n=2x=98$ , 104, *Euphorbiaceae*):** Anavatanı güneydoğu Asya ve Hindistan'ın kuzeyidir. Hindistan 1,221,000 t üretim ile birinci sıradadır. Ağacı 10-30 m boylanabilir. Kışın yaprağını döker (Wali ve ark., 2015). Çiçekleri 1.5-2.5 cm uzunluğunda, monoik yapıdadır. Meyveleri eriksi yapıda, 2.5-5.0 cm çapındadır (Morton, 1987). Vitamin C miktarı 347 (taze), 197 (kuru) (Salunkhe ve Kadam 1995); 600 (taze), 2428-3470 (kuru) (Wali ve ark., 2015) ve 625 mg/100 g'dır (Morton, 1987).

**6. Cashew apple, cashew nut (kaju, *Anacardium occidentale* L.,  $2n=2x=42$ , *Anacardiaceae*):** Anavatanı Amazon havzasının

da içinde yer aldığı Latin Amerika'dır (Aliyu ve Awopetu, 2007). Brezilya 1,541,010 t taze meyve ve Vietnam 2,663,885 t tohum üretimi ile ilk sıradadır (Anonim, 2018). Ağacı 6-15 m boylanabilir. Çiçekleri 5 sepalli ve 5 petallidir. Popülasyonda ya hermafrodit, dişi ve erkek çiçekleriyle polimorfik (Aliyu ve Awopetu, 2007) ya da andomonoik (Paiva ve ark., 2009) bir türdür. Meyveleri yalancıdır. Armuda benzeyen meyveleri taze olarak tüketilmez. Böbrek ya da boks eldivenine benzeyen tohumları tüketilebilir (Morton, 1987; Aliyu ve Awopetu, 2007). Vitamin C miktarı 147-372 (Morton, 1987), 210-306 (Pommer ve Barbosa (2009), 268-356 mg/100 g'dır (Paiva ve ark., 2009).

**7. Persimmon (Trabzon hurması, *Diospyros kaki*,  $2n=6x=90$ , Ebenaceae):** Anavatanı Japonya, Çin, Burma ve Hindistan'ın kuzeyidir. Çin 3,084,458 t üretim ile birinci sıradadır (Anonim, 2018). Ağacı 4.5-18.0 m boylanabilir. Kışın yaprağını döker. Çiçekleri hermafrodit, dişi ya da erkek (poligam) yapıda olabilir. Meyvesi üzüksüdür. Taze iken yenebilen veya tanenli formları bulunur. Vitamin C miktarı 47-66 (Mukhtar ve ark., 2019) ve 210 mg/100 g (Lee ve Kader, 2000) arasındadır.

**8. Tamarind (demirhindi, *Tamarindus indica*,  $2n=2x=24, 26$ , Leguminosae):** Anavatanı tropikal Afrika ve Sudan'dır. Hindistan en çok demirhindi üreten ülkedir. Ağacı 24-30 m boya ve 7.5 m çapa ulaşabilir. Çiçekleri 5 petalli ve küçüktür. Meyveleri 2-3 cm uzunluğunda bakla (pod) tipindedir (Morton, 1987). Vitamin C miktarı 0.7-3.0 (Morton, 1987) ve 138-202 (Okello ve ark., 2018) arasında değişmektedir.

**9. Black sapote (kara sapot, *Diospyros digyna* Jacq., *D.nigra*, Ebenaceae):** Anavatanı Orta Amerika ve Meksika'dır. Ağacı 25 m'ye kadar boylanabilir. Çiçekleri 1.0-1.6 cm uzunluğunda, andromonoiktir. Meyveleri 4-5 cm genişliğinde üzüksüdür (Morton, 1987). Vitamin C miktarı 69.8-180.7 mg/100 g'dır (Arellano-Gómez ve ark., 2005).

**10. Carambola (yıldız meyvesi, *Averrhoa carambola* L., *A.bilimbi*,  $2n=2x=22$ , Oxalidaceae):** Anavatanı Güney Doğu Asya, Sri Lanka, Molucca'dır. Ağacı 6-9 m boya ulaşabilir. Çiçekleri yaprak koltuklarındaki salkımlarda pembemsi mor petallidir. Meyveleri 5-6 köşeli, 6-15 cm uzunluğundadır Vitamin C miktarı 15.5 (*A.bilimbi*)-26-53 (*A.carambola*) (Morton, 1987), 35 (Salunkhe ve Kadam, 1995; Nakasone ve Paull, 1998) ve 121 (*A.carambola*)-183 (*A.bilimbi*) mg/100 g'dır (Yan ve ark., 2013).

**11. Pineapple (ananas, *Ananas comosus* (L.) Merr.,  $2n=2x=50$ , Bromeliaceae):** Anavatanı Güney Amerika'dır. Costa Rica 3,418,155 t üretim ile birinci sıradadır (Anonim, 2018). Bitkisi 0.8-1.0 m boylanana rozet şeklinde yapraklıdır. Çiçekleri hermafroditir. Meyveleri birleşik meyve yapısındadır. Vitamin C miktarı 27.0-165.2 mg/100 g'dır (Morton, 1987).

Türkiye'de meyve ve sebze türlerindeki vitamin C miktarı ilk kez Hisar (1946) tarafından yapılmıştır. Limon, portakal, mandarin ve turunç meyvelerindeki vitamin C miktarları meyve suyunda (mg/100 ml) yerli limon 0.39-0.73, Suriye limonları 0.41-0.82, Dörtüyl portakalı 0.27-0.58, Yafa portakalı 0.41-0.53, Rize portakalı 0.52-0.73, mandarinler 0.29-0.39, turunçlar 0.26-0.36 bulunmuştur. Meyve kabuğunda yapılan analizlerde vitamin C miktarı meyve suyunda bulunandan yaklaşık 2.5-3.0 katı daha fazladır. Meyve kabuğu ve meyve suyunda sırasıyla limonlarda 175 ve 60, portakallarda 150 ve 47 mg/100 g'dır (Hisar, 1946).

Vitamin C miktarı meyvenin genotipi ile büyüme ve gelişme safhasına göre değişmektedir. Genellikle genç, olgunlaşmamış meyveler, hücre bölünmesini ve genişlemesini desteklemek amacıyla çok yüksek miktarda vitamin C içermektedir. Daha sonra olgunlaşma safhaları süresince vitamin C miktarı çilek, siyah frenk üzümü ve kivi gibi meyvelerde kısmen artar ya da sabit kalırken; elma ve acerola gibi türlerde önemli derecede azalmaktadır. Bu sonuçlara göre, askorbik asit biyosentezinde rol oynayan genlerin ifade edilmesinde farklı çeşitlerin, yetiştirilme şartlarının ve kültürel uygulamaların etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Mellidou ve ark., 2018).

Küresel iklim değişikliğinin yüksek sıcaklık ve kuraklık gibi çevresel şartlarda aşırı artışa yol açabileceği tahmin edilmektedir. Abiyotik stres etmenlerine tolerant bitki çeşitlerinin geliştirilmesi, artan dünya nüfusunun besin güvenliğini garanti altına almak için kritik öneme sahiptir. Stres şartlarına daha tolerant olduklarından dolayı vitamin C miktarı artırılmış bitkilerin elde edilmesi bu konudaki dayanıklılığı artırmanın bir yolu olabilecektir (Macknight ve ark., 2017).

## 5.Sonuç

Meyvelerdeki vitamin C tayini ile ilgili yapılan çalışmalarda değişik tayin yöntemleri ve meyve bölümleri kullanılmasından dolayı elde edilen bulgular farklılık göstermektedir. Aynı

türün yabancı genotiplerinde vitamin C miktarı daha yüksektir. Bunun nedeninin muhtemelen kültüre alınma sürecinde ise askorbik asit de dâhil diğer pek çok antioksidan maddenin aleyhine olacak şekilde meyve büyüklüğü ve verim lehine seçim yapılması olduğu düşünülmektedir. Son yıllarda moleküler biyolojik yöntemler kullanılarak yürütülen genomik, transkriptomik, proteomik, biyoinformatik ve gen aktarımı çalışmalarıyla bitki türlerindeki askorbik asit biosentezi yolları hakkında daha fazla bilgi elde edilmektedir. Bu bilgilerden yola çıkılarak ileride yapılacak ıslah çalışmalarında verim ile birlikte vitamin C miktarı da yüksek yeni çeşitlere sahip olunması insan beslenmesinde ve sağlığında önemli yer tutabilecektir.

### Ek 1

Bu makale, Covid-19 pandemisinde hayatını kaybedenler ile Prof. Dr. F. Ekmel TEKİNTAŞ'ın aziz hatırasına adanmıştır.

### Ek 2

Bu makale, 5-9 Mart 2020 tarihleri arasında Tunus Hammamet'te düzenlenen "III. International Agriculture Congress" adlı etkinlikte sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özeti kongre bildiri özet kitabında basılmış bildirinin tam metin halidir.

### Kaynaklar

- Aliyu, O.M., Awopetu, J.A. 2007. Chromosome studies in Cashew (*Anacardium occidentale* L.). African Journal of Biotechnology 6(2): 131-136.
- Amarante, do C.V.T. Souza, de A.G., Benincá, T.D.T., Steffens, C.A. 2017. Fruit quality of Brazilian genotypes of feijoa at harvest and after storage. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília 52(9):734-742. DOI: 10.1590/S0100-204X2017000900005
- Anonim, 2000. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Food and Nutrition Board Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds. National Academy Press. Washington, D.C. pp. 95-185.
- Anonim, 2013. Scientific opinion on dietary reference values for vitamin C. EFSA Panel on Dietetic Products and Nutrition and Allergies [NDA]. EFSA Journal 11(11):3418.

- Anonim, 2018. FAOSTAT. Food and Agriculture Organisation Database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Anonim, 2019. USDA FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov>
- Arellano-Gómez, L.A., Saucedo-Veloz, C., Arévalo-Galarza, L. 2005. Biochemical and physiological changes during ripening of black sapote fruit (*Diospyros digyna* Jacq.). Agrociencia 39: 173-181.
- Assis, S.A., Pedro Fernandes, F., Martins, A.B.G., Faria Oliveira, O.M.M. 2008. Acerola: importance, culture conditions, production and biochemical aspects. Fruits 63(2):93-101.
- Bingöl, G. 1977. Vitaminler ve Enzimler. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları Ders Kitabı Serisi No:10, Ankara, 88 s.
- Brandão, T.S.de O., Sena, A.R. de, Teshima, E., David, J.M., Assis, S.A. 2011. Changes in enzymes, phenolic compounds, tannins, and vitamin C in various stages of jambolan (*Syzygium cumini* Lamark) development. Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas 31(4):849-855.
- Berg, J.M., Tymoczko, J.L., Stryer, L. 2002. Biochemistry. 5<sup>th</sup> Ed. W.H. Freeman, New York, NY, USA.
- Carr, A.C., Maggini, S. 2017. Vitamin C and immune function. Nutrients 9:1211.
- Castro, J.C., Madox, J.D., Cobos, M., Imán, S.A. 2018. *Myrciaria dubia* "Camu Camu" fruit: Health-promoting phytochemicals and functional genomic characteristics. Ch 5, pp. 85-116. In: *Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops*. IntechOpen.
- Chisnall, M., Macknight, R. 2017. Importance of vitamin C in human health and disease. pp: 491-501. In: *Ascorbic Acid in Plant Growth, Development and Stress Tolerance* (Eds: M.A. Hossain, S. Munne-Bosch, D.J. Burritt, P. Diaz-Vivancos, M. Fujita, A. Lorence). Springer, 511 p. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74057-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74057-7_19)
- Chirinos, R., Galarza, J., Betalleuz-Pallardel, I., Pedreschi, R., Campos, D. 2010. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. Food Chemistry 120(4):1019-1024.
- Conklin, P.L., Saracco, S.A., Norris, S.R., Last, R.L. 2000. Identification of ascorbic acid-deficient *Arabidopsis thaliana* mutants. Genetics 154(2):847-856.
- Davey, M.W., Van Montagu, M., Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I.J.J., Strain, J.J., Favell, D., Fletcher, J. 2000. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. J. Sci. Food Agri. 80(7):825-860.

- Delva, L., Goodrich Schneider, R. 2013. Acerola (*Malpighia emarginata* DC): Production, postharvest handling, nutrition, and biological activity. *Food Reviews International* 29(2):107-126.
- Dos Santos, W.N.L., Sauthier, M.C.S., Cavalcante, D.D., Benevides, C.M.J., Dias, F.S., Santos, D.C.M.B. 2016. Mineral composition, nutritional properties, total phenolics and flavonoids compounds of the atemoya fruit (*Annona squamosa* L. x *Annona cherimola* Mill.) and evaluation using multivariate analysis techniques. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 88(3):1243-1252.
- Ergun, M., Çakır, A., Osmanoğlu, A., Özbay, N. 2014. Barbados kirazı (*Malpighia emarginata* D.C.). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(2):180-187.
- Fenech, M., Amaya, I., Valpuesta, V., Botella, M.A. 2019. Vitamin C content in fruits: biosynthesis and regulation. *Frontiers in Plant Science* 9:2006.
- Gest, N., Gautier, H., Stevens, R. 2013. Ascorbate as seen through plant evolution: the rise of a successful molecule? *Journal of Experimental Botany* 64(1):33-53.
- Hamacek, E.R., Santos, P.R.G., Cardoso, L.de M., Pinheiro-Sant'Ana. 2013. Nutritional composition of tamarind (*Tamarindus indica* L.) from the Cerrado of Minas Gerais, Brazil. *Fruits* 68(5):381-395.
- Hisar, R. 1946. Sebze ve meyvelerimizde C vitamini miktarının tayini. *Türk İjiyen ve Tecrübi Biyoloji Dergisi* 6:5-71.
- Ito, S., Mitsuco, A., Ishihata, K. 1990. Chemical composition of ascorbic acid in acerola fruit from different production regions depend on degree of maturity and stability by processing. *Nippon Shokuhin Kogyu Gakkaishi* 37:726-729.
- Janick, J., Paull, R.E. 2008. *The Encyclopedia of Fruit and Nuts*. CABI, Wallingford, OX, UK.
- Jopp, A. 2014. Hayatın Doğal Mucizeleri Vitaminler-Risk Faktörü: Vitamin Eksikliği. Çev: F. Erdoğan. *Elma Yayınevi Toplumsal ve Bireysel Gelişim Serisi*: 48, Ankara, 214 s.
- Justi, K.C., Visentainer, J.V., Souze, de N.E., Matsushita, M. 2000. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 50(4):450-453.
- Karadeniz, T. 2004. Şifalı Meyveler: Meyvelerle Beslenme ve Tedavi Şekilleri. *Burcan Ofset Matbaacılık Sanayii*, Ordu, 208 s.
- Lanza, B., Ninfali, P. 2020. Antioxidants in extra virgin olive oil and table olives: connections between agriculture and processing for health choices. *Antioxidants* 9:41.
- Latocha, P., Krupa, T., Wołosiak, R., Worobiej, E., Wilczak, R. 2010. Antioxidant activity and chemical difference in fruit of different *Actinidia* sp. *International Journal of Food Science and Nutrition* 61(4):381-394.
- Lee, S.K., Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20:207-220.
- Lim, T.K. 2012. *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants: Volume 3, Fruits*. Springer, pp. 153-159.
- Macknight, R.C., Laing, W.A., Bulley, A.M., Broad, R.C., Johnson, A.A.T., Hellens, R.P. 2017. Increasing ascorbate levels in crops to enhance human nutrition and plant abiotic stress tolerance. *Current Opinion in Biotechnology* 44:153-160.
- Mellidou, I., Koukounaras, A., Chatzopoulou, F., Kostas, S., Kanellis, A.K. 2018. Plant vitamin C: One single molecule with a plethora of roles. pp. 463, Ch:22, In: *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*, Vol:1, 2<sup>nd</sup> Ed. E.M. Yahia (ed.). John Wiley and Sons, Ltd.
- Mezadri, T., Fernández-Pachón, S., Villaño, D., García-Parilla, M.C., Troncoso, A.M. 2006. El fruto de la acerola: composición y posibles usos alimenticios [Acerola fruit: Composition and possible food uses]. *Arch. Latinoam. Nutr.* 56(2):101-109 [in Spanish with English abstract].
- Morton, J. 1987. *Fruits of Warm Climates*. Julia F. Morton Publish., Miami, FL, USA. <https://hort.purdue.edu/newcrop/morton/index.html>
- Mukhtar, Z.G., Ibrahim, M.S., Ibrahim, Y.I., Karatas, F. 2019. Amounts of vitamin A, vitamin E, vitamin C,  $\beta$ -carotene, lycopene, gherelin, glutathione and MDA in fruits of *Diospyros kaki* L. *GIDA* 44(4):585-592.
- Nakasone, H.Y., Paull, R.E. 1998. *Tropical Fruits*. BCABI, Wallingford, UK, pp.377-389. 445 p.
- Nishiyama, I., Yamashita, Y., Yamanaka, M., Shimohashi, A., Fukuda, T., Oota, T. 2004. Varietal difference in vitamin C content in the fruit of kiwifruit and other *Actinidia* species. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 52:5472-5475.
- Okello, J., Okullo, J.B.L., Eilu, G., Nyeko, P., Obua, J. 2018. Physicochemical composition of *Tamarindus indica* L. (tamarind) fruits in the agro-ecological zones of Uganda. *Food Science and Nutrition* 6:1179-1189. DOI: 10.1002/fsn3.627
- Oliveira, D. da S., Lobato, A.L., Ribeiro, S.M.R., Santana, A.M.C., Chaves, J.B.P., Pinheiro-Sant'Ana, H.M. 2010. Carotenoids and vitamin C during handling and distribution of guava (*Psidium guajava* L.), mango (*Mangifera indica* L.), and papaya (*Carica papaya* L.) at

- commercial restaurants. Journal of Agricultural Food Chemistry 58:6166-6172.
- Opara, L., Al-Ani, M.R., Al-Shuaibi, Y.S. 2009. Physico-chemical properties, vitamin C content, and antimicrobial properties of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.). Food and Bioprocess Technology 2:315-321.
- Özata, M. 2017. Hayat Kurtaran Vitamin ve Mineraller: Bilinçli Kullanım İçin En Güvenilir Rehber. Hayykitap: 267, Hayat Güzeldir:39, İstanbul, 136 s.
- Özen, M. 2007. İncir Yetiştiriciliği. TAGEM Erbeyli İncir Arş. Ens. Aydın, 145 s.
- Paiva, J.R., Barros, M., Cavalcanti, J.J.V. 2009. Cashew (*Anacardium occidentale* L.) breeding: a global perspective. Ch.9, p. 287-324. In: *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*, Eds: S.M. Jain, P.M. Priyadarshan, Springer.
- Pandey, S., Satpathy, G., Gupta, R.K. 2014. Evaluation of nutritional, phytochemical, antioxidant and antibacterial activity of exotic fruit "*Limonia acidissima*". Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 3(2):81-88.
- Pommer, C.V., Barbosa, W. 2009. The impact of breeding on fruit production in warm climates of Brazil. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, 31(2): 612-634.
- Pommer, C.V., Murakami, K.R.N. 2009. Breeding guava (*Psidium guajava* L.). Ch.3, p. 83-120. In: *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*, Eds: S.M. Jain, P.M. Priyadarshan, Springer.
- Pui, L.P., Karim, R., Yusof, Y.A., Wong, C.W., Ghazali, H.M. 2018. Physicochemical and sensory properties of selected 'cempedak' (*Artocarpus integer* L.) fruit varieties. International Food Research Journal 25(2): 861-869.
- Prakash, A., Baskaran, R. 2018. Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. Journal of Food Science and Technology 55(9):3373-3384.
- Ranasinghe, R.A.S.N., Maduwanthi, S.D.T., Marapana, R.A.U.J. 2019. Nutritional and health benefits of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.): a review. International Journal of Food Science 2019:4327183 <https://doi.org/10.1155/2019/4327183>.
- Righetto, A.M., Netto, F.M., Carraro, F. 2005. Chemical composition and antioxidant activity of juices from mature and immature acerola (*Malpighia emarginata* DC). Food Science and Technology International 11:315-321.
- Salunkhe, D.K., Kadam, S.S. 1995. Handbook of Fruit Science and Technology: Production, Composition, Storage, and Processing. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA, 611 p.
- Simpson, M.G. 2019. Plant Systematics. 3<sup>rd</sup> Ed. Academic Press, Burlington, MA, USA
- Smirnoff, N. 1996. The function and metabolism of ascorbic acid in plants. Annuals of Botany 78:661-669.
- Smirnoff, N. 2018. Ascorbic acid metabolism and function\_a comparison of plants and mammals. Free Radical Biology and Medicine 122:116-129.
- Smirnoff, N., Conklin, P.L., Loewus, F.A. 2001. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 52:437-467.
- Santini, R. Jr., Navarez, J. 1955. Extraction of ascorbic acid from acerolas (*Malpighia puniceifolia* L.). J. Agr. U. Puerto Rico 39 (4):184-189.
- Small, E. 2012. Top 100 Exotic Food Plants. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA, 637 p.
- Suekawa, M., Kondo, T., Fujikawa, Y., Esaka, M., 2017. Regulation of ascorbic acid biosynthesis in plants. pp: 157-176. In: Ascorbic Acid in Plant Growth, Development and Stress Tolerance (Eds: M.A. Hossain, S. Munne-Bosch, D.J. Burritt, P. Diaz-Vivancos, M. Fujita, A. Lorence, A). Springer, 511 p.
- Sumaryani, N.P., Dharmadewi, A.A.I.M. 2018. Analysis of vitamin c content of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) and white dragon fruit (*Hylocereus undatus*) in storage with different temperatures and times. Jurnal Metamorfosa 2:249-253.
- Vendramini, A.L., Trugo, L.C. 2000. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. Food Chemistry 71:195-198.
- Visentainer, J.V., Vieira, O., Matsushita, M., Souza, N.E. 1997. Caracterização físico-química da acerola *Malpighia glabra* L. produzida na região de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. Archivos Latinoamericanos de Nutricion 47(1):43-45.
- Walji, H. 2005. Vitaminler: sağlıklı yaşam için gerekli besinler. Çev: N. Duransoy. Dost Kitabevi, Ankara, 182 s.
- Wali, V.K., Bakshi, P., Jarotia, A., Bhushan, B., Bakshi, M. 2015. Aonla. SKUAST-Lammu, (J and K), 30 p.
- Wall, M.M. 2006. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. Journal of Food Composition and Analysis 19:655-663.
- Yan, S.W., Ramasamy, R., Alitheen, N.B.M., Rahmat, A. 2013. A comparative assessment of nutritional composition, total phenolic, total flavonoid, antioxidant capacity, and antioxidant vitamins of two types of Malaysian

underutilized fruits (*Averrhoa bilimbi* and *Averrhoa carambola*). International Journal of Food Properties 16(3):1231-1244.

Youssef, M.K.E., El-Manfaloty, M.A., Ali, H.M. 2013. Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob

(*Ceratonia siliqua* L.). Food and Public Health 3(6):304-308.

Zhang, Y., Zhong, C., Liu, Y., Zhang, Q., Sun, X., Li, D. 2017. Agronomic trait variations and ploidy differentiation of kiwiberries in northwest China: implication for breeding. Frontiers in Plant Science 8: 711.

**Çizelge 1.** Taze meyve ve sebzelerdeki vitamin C miktarı (mg/100 g yenilebilir bölüm)

**Table 1.** The amount of vitamin C in fresh fruits and vegetables (mg/100 g in edible portion)

Türkçe ismi Turkish name	İngilizce ismi English name	Tür Species	Familiya Family	Vitamin C (mg/100 g) Vitamin C	Kaynak Source
Barbados kirazı	Acerola, Barbados cherry, Surinam cherry, West Indian cherry	<i>Malpighia glabra</i>	Malpighiaceae	1300-2700	Santini ve Navarez (1955)
				4500 (yeşil) 3300 (orta olgun) 2000 (çok olgun)	Morton (1987)
				1445-3200	Ito ve ark. (1990)
				2329	Salunkhe ve Kadam (1995)
				1790	Visentainer ve ark. (1997)
				1065-2164	Vendramini ve Trugo (2000)
				970-1900	Righetto ve ark. (2005)
				695-4827	Mezadrini ve ark. (2006)
				957-2424	Assis ve ark. (2008)
1600-1678 (meyve suyu)	Anonim (2019), Prakash ve Baskaran (2018)				
Camu camu	Camu camu	<i>Myrciaria dubia</i>	Myrtaceae	1490 (ham) 1400 (yarı olgun) 1380 (olgun)	Justi ve ark. (2000)
				2280 (yeşil) 1910 (yeşil-kırmızı) 2010 (kırmızı)	Chirinos ve ark. (2010)
				2210	Castro ve ark. (2018)
Kivi	Kiwifruit	<i>Actidinia kolomikta</i>	Actidiniaceae	1008.3	Latocha ve ark. (2010)
		<i>Actidinia</i> spp.	Actidiniaceae	22.8-430.0	Nishiyama ve ark. (2004)
				51.8-88.9	Zhang ve ark. (2017)
				64.9	Lee ve Kader (2000)
		<i>Actidinia chinensis</i>	Actidiniaceae	92.7 (yeşil) 161.3 (ham)	Anonim (2019)
Guava	Guava	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaeae	56-600	Morton (1987)
				100.0-134.3	Pommer ve Murakami (2009)
				85.9-104.5	Oliveira ve ark. (2010)
				228.3 (ham)	Anonim (2019)
Amla, Hint beктаşı üzümü	Aonla	<i>Phyllanthus emblica</i> Sin: <i>Emblica officinalis</i>	Euphorbiaceae	625.0	Morton (1987)
				347.0 (taze) 197.0 (kuru)	Salunkhe ve Kadam (1995)
				600.0 (taze) 2428-3470 (kuru)	Wali ve ark. (2015)
Kaju	Cashew apple, cashew nut	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae	146.6-372.0	Morton (1987)
				210.0-305.5	Pommer ve Barbosa (2009)
				267.8-356.1	Paiva ve ark. (2009)
				0.5	Anonim (2019)
Trabzon hurması	Persimmon	<i>Diospyros kaki</i>	Ebenaceae	210.0	Lee ve Kader (2000)
				47.0-65.6	Mukhtar ve ark. (2019)
Demirhindi	Tamarind	<i>Tamarindus indica</i>	Leguminosae	138.4-201.7 (meyve eti) 85.1-104.8 (tohum)	Okello ve ark. (2018)
				0.7-3.0	Morton (1987)
				4.8	Hamacek ve ark. (2013)
				3.5 (ham)	Anonim (2019)
Siyah sapot	Black sapote	<i>Diospyros digyna</i>	Ebenaceae	191.7	Anonim (2019)
				69.8-180.7	Arellano-Gómez ve ark. (2005)
Yıldız meyvesi	Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>	Oxalidaceae	35.0	Salunkhe ve Kadam (1995)
				26.0-53.1	Morton (1987)
				120.7	Yan vd. (2013)
		183.0	Yan vd. (2013)		
		15.5	Morton (1987)		
		<i>Averrhoa bilimbi</i>	Oxalidaceae	34.4 (ham)	Anonim (2019)



Çizelge 1. Devamı  
Table 1. Continues

Türkçe ismi Turkish name	İngilizce ismi English name	Tür Species	Familya Family	Vitamin C (mg/100 g) Vitamin C	Kaynak Source
Ananas	Pineapple	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae	47.8 (ham)	Anonim (2019)
				27.0- <b>165.2</b>	Morton (1987)
Kaymak ağacı	Feijoa	<i>Acca sellowiana</i> Sin: <i>Feijoa sellowiana</i>	Myrtaceae	38.7- <b>92.5</b>	Amarante ve ark. (2017)
				28.0-35.0	Morton (1987)
				32.9 (ham)	Anonim (2019)
Longan	Longan	<i>Dimocarpus longan</i>	Sapindaceae	8.0	Salunkhe ve Kadam (1995)
				44.7-79.2	Wall (2006)
				<b>84.0</b> (ham)	Anonim (2019)
Liçi	Lychee	<i>Litchi chinensis</i>	Sapindaceae	21.0-36.0	Wall (2006)
				<b>71.5</b> (ham)	Anonim (2019)
Rambutan	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	Sapindaceae	31.0	Salunkhe ve Kadam (1995)
				22.0- <b>47.8</b>	Wall (2006)
				4.9 (konserve)	Anonim (2019)
Portakal	Orange	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	<b>83.2</b>	Lee ve Kader (2000)
Limon	Lemon	<i>Citrus limon</i>	Rutaceae	53.2	Anonim (2019)
				<b>74.3</b>	Lee ve Kader (2000)
Altıntop	Grapefruit	<i>Citrus × paradisi</i>	Rutaceae	53.0	Anonim (2019)
				23.6	Lee ve Kader (2000)
Mandarin	Mandarin	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	<b>33.3</b>	Anonim (2019)
				<b>37.7</b>	Lee ve Kader (2000)
Papaya	Papaya	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae	26.7	Anonim (2019)
				56.1- <b>82.2</b>	Oliveira vd. (2010)
				35.5-71.3	Morton (1987)
Mango	Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	60.9 (ham)	Anonim (2019)
				17.5-23.6	Oliveira vd. (2010)
				53.0	Morton (1987)
				<b>80.0</b>	Walji (2005)
				60.0 (yeşil) 50.0 (yarı olgun) 14.0 (olgun)	Lee ve Kader (2000)
Nar	Pomegranate	<i>Punica granatum</i>	Lythraceae	36.4 (ham)	Anonim (2019)
				52.8- <b>72.0</b>	Opara ve ark. (2009)
Bel	Bael	<i>Aegle marmelos</i>	Rutaceae	10.2	Anonim (2019)
				8.0- <b>60.0</b>	Morton (1987)
Java eriği	Jamun Jambolan	<i>Syzygium cumini</i>	Myrtaceae	2.5 (bitkisel çay)	Anonim (2019)
				<b>50.8</b> (I-yeşil) 18.6 (II-yeşil/mor) 14.4 (III-mor/yeşil) 10.8 (IV-yarı olgun) 6.6 (V-olgun)	Brandão ve ark. (2011)
				5.7-18.0	Morton (1987)
Atemoya	Atemoya	<i>Annona squamosa</i> × <i>Annona cherimola</i>	Annonaceae	2.4 (karışım)	Anonim (2019)
				22.4	Dos Santos ve ark. (2016)
Şeker elması	Sugar apple (Sweetsop)	<i>Annona squamosa</i>	Annonaceae	<b>50.0</b>	Morton (1987)
				34.7- <b>42.2</b>	Morton (1987)
Graviola	Soursop	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	36.3 (ham)	Anonim (2019)
				<b>29.6</b>	Morton (1987)
Muz	Banana	<i>Musa spp.</i>	Musaceae	20.6 (ham)	Anonim (2019)
				18.6	Lee ve Kader (2000)
				10.0	Walji (2005)
				5.6- <b>36.4</b>	Morton (1987)
Plantain	Plantain	<i>Musa × paradisiaca</i>	Musaceae	8.7 (ham)	Anonim (2019)
				18.0- <b>31.2</b>	Morton (1987)
				20.2 (ham, yeşil) 18.4 (ham, sarı)	Anonim (2019)
Ejder meyvesi	Pitaya Dragon fruit	<i>Hylocereus undatus</i> <i>Hylocereus polyrhizus</i>	Cactaceae	4.5-21.3	Morton (1987)
				17.4-22.7 (beyaz) 22.1- <b>29.6</b> (kırmızı)	Sumaryani ve Dharmadewi (2018)
				6.4(ham) 2.0 (meyve suyu)	Anonim (2019)
Beyaz sapot	White sapote (Mamey)	<i>Casimiroa edulis</i>	Rutaceae	<b>30.3</b>	Morton (1987)
				23.0	Anonim (2019)

**Çizelge 1. Devamı**  
**Table 1. Continues**

Türkçe ismi <i>Turkish name</i>	İngilizce ismi <i>English name</i>	Tür <i>Species</i>	Familya <i>Family</i>	Vitamin C (mg/100 g) <i>Vitamin C</i>	Kaynak <i>Source</i>
Çarkıfelek	Passion fruit	<i>Passiflora edulis</i>	Passifloraceae	<b>30.0</b> (ham)	Anonim (2019)
Büyük çarkıfelek	Giant granadilla	<i>Passiflora quadrangularis</i>	Passifloraceae	14.3	Morton (1987)
				<b>30.0</b> (ham)	Anonim (2019)
Tatlı çarkıfelek	Sweet granadilla	<i>Passiflora ligularis</i>	Passifloraceae	10.8- <b>28.1</b>	Morton (1987)
Ekmek meyvesi	Breadfruit	<i>Artocarpus altilis</i>	Moraceae	15.3	Morton (1987)
		<i>Artocarpus communis</i>	Moraceae	<b>29.0</b>	Anonim (2019)
Durian	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	Bombacaceae	<b>8.7</b> (taze) 1.9 (kavrulmuş)	Salunkhe ve Kadam (1995)
				<b>24.0</b>	Salunkhe ve Kadam (1995)
Avokado	Avocado	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	23.9-25.0	Morton (1987)
				19.7 (ham)	Anonim (2019)
Cempedak	Chempedak	<i>Artocarpus polyphema</i> Sin: <i>Artocarpus integer</i>	Moraceae	10.0 (ham)	Anonim (2019)
				4.5- <b>21.3</b>	Morton (1987)
				10.0- <b>20.0</b>	Pui ve ark. (2018)
Fil elması	Woodapple	<i>Limonia acidissima</i> <i>Feronia elephantum</i> <i>Schinus limonia</i>	Rutaceae	18.0	Pandey ve ark. (2014)
Çerimoya	Cherimoya	<i>Annona cherimola</i>	Annonaceae	<b>16.8</b>	Morton (1987)
				12.6 (ham)	Anonim (2019)
Sapote	Sapodilla	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	<b>14.7</b> (ham)	Anonim (2019)
İncir	Fig	<i>Ficus carica</i>	Moraceae	0.6- <b>15.0</b>	Mezadri ve ark (2006)
				2 (taze) 1 (kuru)	Özen (2007), Anonim (2019)
Jack meyvesi	Jackfruit	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	12.0- <b>14.0</b> (genç) 7.0-10.0 (olgun)	Ranasinghe ve ark. (2019)
				8.0-10.0	Morton (1987)
				13.7 (ham)	Anonim (2019)
Keçiboynuzu	Carob	<i>Ceratonia siliqua</i>	Leguminosae	<b>8.3</b>	Youssef ve ark (2013)
				7.1 (baharat)	Anonim (2019)
Hindistan cevizi	Coconut	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae	<b>3.3</b> (ham)	Anonim (2019)
Mangostan	Mangosteen	<i>Garcinia mangostana</i>	Guttiferae	1.0-2.0	Morton (1987)
				<b>2.9</b> (konserve)	Anonim (2019)
Yenidünya	Loquat	<i>Eriobotrya japonica</i>	Rosaceae	<b>3.0</b>	Morton (1987)
				1.0	Anonim (2019)
Langsat	Langsat	<i>Lansium parasiticum</i> Sin: <i>Lansium domesticum</i>	Meliaceae	1.0	Morton (1987)
Zeytin	Olive	<i>Olea europaea</i>	Oleaceae	<1.0	Lanza ve Ninfali (2020)

\*: Farklı kaynaklarda bildirilen en yüksek değer koyu yazılmıştır

## Kapalı Bitkisel Üretim Sistemleri

Şafak KARADAĞ<sup>1</sup>, Mehmet Ufuk KASIM<sup>2\*</sup>, Rezzan KASIM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalı,  
Kocaeli, Türkiye

[ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1944-2063> (Ş. KARADAĞ)]

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
[ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2976-7320> (M.U. KASIM), [0000-0002-2279-4767](https://orcid.org/0000-0002-2279-4767) (R. KASIM)]

\*Sorumlu yazar: mukasim@kocaeli.edu.tr

### Özet

İnsanlar binlerce yıldan beri, farklı tarım teknikleri kullanarak besin ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Ancak insan nüfusunun artmasına paralel olarak besin ihtiyacında da sürekli bir artış meydana gelmiştir. Bu artışı karşılamak amacı ile yoğun tarımsal üretime rağmen, gelecekte gıda temininde sorunlar yaşanabileceği düşünülmektedir. - Tarımsal üretimdeki artışa paralel olarak, mevcut kaynakların son limitlerine kadar kullanılması, iklim değişikliği, mevcut toprak ve su kaynaklarının azalması ve tarım ilacı kullanımının artması tarımsal üretimi tehdit etmektedir. Bu tehditleri azaltmak amacıyla sürdürülebilir tarım teknikleri kullanılmakta, fakat doğa ve çevre koşullarına bağımlılık tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Bu nedenle tam kontrollü bir üretim yapma arayışları sonucunda “kapalı bitkisel üretim sistemi” ortaya çıkmıştır. Bu sistemde üretim, tamamen izolasyonlu, doğal ışığın olmadığı yapılar içerisinde, tüm iklim elemanlarının hassas bir şekilde kontrol edildiği, çok katlı topraksız tarım tekniği ile yapılmaktadır. Bitki besin maddeleri ve suda, kapalı bir sirkülasyon sistemi ile bitki köklerine verilmekte, su ve gübre kullanımında da %90'a yakın tasarruf sağlanmaktadır. Böylece tamamen steril bir ortam sağlandığından tarım ilacı ve bitki büyüme düzenleyici kullanımına gereksinim de kalmamaktadır. Kapalı bitkisel üretim birçok avantajına rağmen bugüne kadar gelişmemesinin en önemli nedenlerinden biri aydınlatma maliyetinin yüksek olmasıdır. Ancak günümüzde LED teknolojisinin gelişimiyle beraber, daha düşük maliyetli bir aydınlatma yapılabilen ve hatta farklı dalga boylarında ışıklar kullanılarak, bitkinin daha yüksek fotosentez yapması ve hızlı büyümesi de sağlanabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kapalı tarım, Dikey tarım, İklimlendirme, Sulama-beslenme, Yapay aydınlatma

## Closed Plant Production System

### Abstract

People have met their nutritional needs using different agricultural techniques for thousands of years. However, there has been a continuous increase in the need for food in parallel with the increase in the human population. In order to meet this increase, it is thought that there may be problems in food supply in the future, despite intensive agricultural production. Parallel to the increase in agricultural production, the use of existing resources to the limit, climate change, decrease in existing soil and water resources and increase in the use of pesticides threaten agricultural production. Sustainable agriculture techniques are used to reduce these threats, but dependence on nature and environmental conditions cannot be completely eliminated. Therefore, as a result of the search for a fully controlled production, a “closed plant production system” has emerged. In this system, production is carried out with multi-storey soilless farming technique in which all climate elements are precisely controlled in fully insulated structures without natural light. Plant nutrients and water are also given to plant roots through a closed circulation system. Thus, savings of nearly 90% are achieved in the use of water and fertilizers. Thus, as a completely sterile environment is provided, there is no need for pesticides and plant growth regulators. One of the most important reasons why closed plant production has not developed until today despite its many advantages is the high cost of lighting. However, today, with the development of LED technology, a lower cost illumination can be made and even higher photosynthesis and rapid growth of the plant can be achieved by using lights of different wavelengths.

**Keywords:** Closed agriculture, Vertical farm, Climatization, Irrigation-nutrition, Artificial light

## 1.Giriş

Tarımsal üretim yüzyıllardır çiftçiler tarafından geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır. Fakat son yıllarda artan nüfus, kentleşme, azalan tarım arazileri, kullanılabilir su kaynaklarında azalma, elverişsiz hava koşulları, artan lojistik maliyetler, şehir merkezlerine yakın olan arazilerin maliyetlerinin yüksek olması, besin güvenliği, gıda erişebilirliği, aracılık ve depolama maliyetleri gibi küresel zorluklar nedeniyle geleneksel tarıma alternatif olarak akıllı tarım, yani tamamen kapalı mekanlarda topraksız tarım sistemleri gündeme gelmiştir (Cho, 2011; Laouchez, 2016; Al-Kodmany, 2018). Şimdiye kadar toprakta yetişmesine alıştığımız bitkileri, sürdürülebilir tarım teknikleriyle yüksek verimli üretebilmek için her bitki için uygun şartların sağlanması gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle; ısıtma, soğutma, hava nemi, aydınlanma şiddeti ve süresi, havalandırma, O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> kontrolü, sulama süresi ve miktarı, pH ve EC, gübre türü ve miktarı gibi bilgilerin belirlenmesi gerekmektedir (Nicole, 2017).

Günümüz teknolojisi sayesinde bu verilere göre geliştirilen yazılım sistemleriyle bitkileri kontrollü şartlarda, kapalı alanlarda yetiştirilmek mümkündür. Tam kontrol ile hem dışsal koşulların verim ve üretim üzerindeki sınırlandırıcı etkileri minimize edilmekte, hem de toprağa bağımlılık ortadan kaldırılmaktadır. Bu sayede insan beslenmesi için yeterli ve kaliteli üretim yapmakta mümkün olmaktadır.

Günümüzde dünya nüfusu 7,3 milyar iken, yapılan araştırmalar 2050 yılında bu rakamın 9,1 milyar olacağını göstermektedir. Dünya nüfusunun %49'u kentsel alanlarda yaşarken, 2050 yılında bu oranın %70'ten fazla olması beklenmektedir (Bingöl, 2015). Dünya'da son 40 yıl boyunca ekilebilir tarım arazilerinin üçte birini değişik nedenlerle kaybedilmiştir (Dockrill, 2015). Türkiye'nin ise 2080 yılında, bugün üretebildiği tarımsal ürünün %15 daha azını üretebileceği tahmin edilmektedir (Birişik, 2019). Artan nüfus, gıda talebinin de artmasına neden olmakta, bu durum da doğal kaynakların daha yoğun kullanılması üzerinde baskı yapmaktadır. Yani her geçen gün kitlesel nüfusu beslemek amacıyla gerekli gıda üretimi için daha büyük çaba harcanması gerekmektedir (Anonim, 2020a). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün verilerine göre 2016 yılında dünyada kişi başına düşen ekilebilir tarım alanı 0,210 hektar iken (Anonim 2020b), 2050 yılında bu rakamın 0,181 hektara düşeceği tahmin edilmektedir

(Alexandratos ve Bruinsma, 2012). Bu nedenle insanoğlu, artan gıda ihtiyacını karşılamaya yönelik yeni arayışlara girmek zorundadır. Bunlardan birisi de kapalı bitkisel üretim sistemidir.

Kapalı bitkisel üretim sistemi, çevresi ile etkileşimi bulunmayan, doğal ışığı olmayan, tamamen yapay yöntemlerle kontrol edilen bir bitkisel üretim sistemidir. Kentler genişledikçe tarımsal üretimi geliştirmek isteyen araştırmacılar, üretimi artırmak ve geliştirmek amacıyla, yeni dikey çiftlikler oluşturmak ve ihtiyaç duyulan taze ürünleri yetiştirmek için, konteynirlarda, boş binalarda ve değerlendirilebilecek boş alanların kullanılabilirliğini araştırmışlardır.

Kapalı bitkisel üretim sistemi şehirlerde gıda üretimi için tasarlanmış bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır (Laouchez, 2016). Bu sistemde tarım, topraksız olarak ve daha fazla ürün elde etmek için çok katlı dikey yöntemlerle yapılmaktadır. Küresel zorluklar karşısında dikey tarım ile etkili alan kullanımı, etkili çiftçilik ve yüksek verim, %90 oranında su tasarrufu, yerel büyüme ve tarım ilaçlarının kullanılmaması gibi olağanüsü avantajlar getirilmiştir (Nicole, 2017; Al-Kodmany, 2018).

Kapalı bitkisel üretim sistemlerinin çok fazla avantajının olmasına rağmen, tüm bitkilerde kullanımı mümkün değildir. Özellikle boyutlarının büyüklüğünden dolayı meyve ağaçlarında ve kullanılan topraksız tarım tekniğine uygun olmaması nedeni ile patates ve havuç gibi toprak altı organları tüketilen bitkilerde şimdilik kullanılmamaktadır. Günümüzde marul, roka, maydanoz, ıspanak gibi yeşil sebze türleri yetiştirilmesinde bu sistemler yaygın olarak tercih edilmektedir.

Çilek gibi küçük bitki yapısına sahip meyvelerde bu sistem kullanılabilir görünse de kapalı ortamda ve farklı renkteki ışıkta, en önemli tozlayıcı olan arıların tepkisi günümüzde halen araştırılmaktadır. Böceklerle alternatif olarak bilim insanları, mini tozlaşma dronları geliştirmek için çalışmalarını halen sürdürmektedirler (Van Der Schaft, 2018; Potts ve ark., 2018; Ohi ve ark., 2018).

Kıt ve verimsiz toprakların yerine kullanılması amacıyla, Amerika, Çin ve Japonya gibi ülkeler uzayda topraksız tarım denemelerine başlamıştır. Uzayda düşük kütle çekimi, farklı toprak yapısı, yapay ışıklandırma ve kısıtlı alanlarda bitki yetiştiriciliği yapılmıştır. NASA'nın uzayda bitki yetiştirmek amacıyla öncülük ettiği çalışmalar sonucu ortaya çıkan hidroponik üretim tekniğinde, dünyada geniş bir kullanım alanına ulaşılmıştır.

Ayrıca insanların uzayda veya başka bir gezegende (öncelikle ay ve Mars) uzun süre kalmasını sağlamak için yürütülen döngüsel bitki üretiminin amaçlandığı 'Mars Lunar Greenhouse' isimli projede, kapalı bir tüp içerisinde hem besin hem oksijen üretilirken, hem de karbondioksitin bertaraf edilmesi de mümkün olmaktadır. Ayrıca bu sistem su ve atık geri dönüşümü sağlamak üzere tasarlanmıştır (Granath, 2017). Bu gibi çalışmalardan esinlenilerek; Amerika, Hollanda, Japonya, Singapur, İngiltere ve İsviçre gibi ülkelerde kurulan kapalı bitkisel üretim çiftliklerinde amaç; çevreye duyarlı dost tesislerin kurulması ve işletilmesi, bölgesel tüketici taleplerine cevap verecek üretim yapılması, üretim miktarının artırılması ile toplumun kontrollü, güvenli, besleyici ve lezzetli yiyeceklerle beslenmesidir (Al-Kodmany, 2018).

Bu çalışmada sürdürülebilir gıda üretimine katkıda bulunmak için geliştirilen kapalı ve dikey tarım sisteminin çalışma prensibi anlatılarak, kapalı sistemde bitki üretim yöntemleri ve yetiştiricilikte kullanılan iklimlendirme, sulama ve beslenme gibi uygulamalar araştırılmış olup, uygulanan farklı LED aydınlatmalar ile ışık kalitesinin bitki üzerindeki verim ve kaliteye etkilerine değinilecektir.

## 2. Üretim Tekniği

Kapalı bitkisel üretim sisteminde üretim topraksız tarım tekniği ile çok katlı dikey çiftliklerde yapılmaktadır. Topraksız tarımda, bitkiler hidroponik (su-çözelti) ve katı ortam (agregat-substrat) kültüründe yetiştirilmektedir. Her iki kültürde de temel olarak yetiştirme ortamında toprağın olmaması ve suyun çok az miktarda kullanılması prensibine dayanmaktadır. Hidroponik kültürde bitkiler ihtiyaç duydukları besinleri içinde minerallerin olduğu besin çözeltisinden alırlar. Bu üretim tekniğinde, filtreden geçirilen besin çözeltisi, kılcal borular yardımıyla bitkinin açıkta bulunan köklerine alttan uygulanmakta veya püskürtme yoluyla doğrudan verilmektedir. Kullanılan bitki besleme tekniği sayesinde herhangi bir atık çözeltisi oluşmamaktadır. Katı ortam kültürünün çalışma prensibinde ise; bitkiler besin eriyikleriyle zenginleştirilmiş organik (torf, kokopit, saman, mantar kompostu gibi) ve inorganik (kayayünü, strafor, kum, çakıl, perlit gibi) ortamlarda yetiştirilmekte, kökler bu ortamlarda gelişmektedir. Suya karıştırılmış besin eriyiği damlama sulama ile bitkiye verilmektedir (Sevgican, 1999b; Kasım ve Kasım 2004).

Hidroponik kültürün bir diğer yetiştiricilik türü olan akuaponik sistemin çalışma prensibinde; bitkilerin üretimi, balık yetiştirilen havuzlardaki su ve içinde erimiş halde bulunan besin maddeleri ile birlikte yapılmaktadır (Demir ve Çakırer, 2014). Balık ile bitkilerin beslenme ve açığa çıkardığı atıklar ters fonksiyonludur. Yani balıkların atıkları içinde bulunan azotlu bileşikler bitkiler için gübre olurken, balıklar için toksik olan bu bileşiklerde bitkiler tarafından sudan uzaklaştırılarak suyun temizlenmesi, balıklar için temiz bir ortam oluşturmasını sağlamaktadır. Böylelikle aynı yerde iki farklı canlı türünün kısmen ortak yaşayabildikleri bir ortam oluşturmaları sözkonusudur (Kargın ve Bilgüven, 2018). Akuaponik sistem için, aquakültür ile hidroponik kültürün birlikte yürütüldüğü sistemler topluluğu denebilir.

## 3. Kapalı Bitkisel Üretim Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

### 3.1. Avantajları:

Kapalı sistem yetiştiriciliğin avantajları aşağıda sıralanmıştır:

a) Kapalı bitkisel üretim sistemlerinin en büyük avantajı, atık çözelti oluşturmadığı için su ve gübre tasarrufu sağlaması ve çevreyi kirletmemesidir (Meriç ve Öztekin, 2008). Bu bağlamda çevre dostu bir tarımdır. Biyo-çeşitlilik ve çevre üzerinde bilinen olumsuz etkisinin olmaması çevre dostu kavramının kanıtı niteliğindedir.

b) Yüksek verimli LED aydınlatma teknolojisinin kullanılması, maksimum büyüme için minimum güç kullanımı sağlamaktadır. Fotosentetik dalga boylarının bilgisayar kontrollü yönetimlerle büyüme dönemine uygun olarak ayarlanması sayesinde, optimize edilmiş üretim ve enerji kullanımında da maksimum tasarruf sağlanmaktadır (Al-Kodmany, 2018).

c) Kentlerde kullanılmayan bina, depo gibi alanların gıda üretim merkezlerine dönüştürülmesi ile uzun mesafe taşımacılığı ortadan kaldırılmaktadır.

ç) Toprağa bağlı olunmadığı için her yerde tarımsal üretim olanağı sağlamaktadır.

d) Kontrol edilebilir iklim nedeniyle erkencilik sağlanmaktadır. Bu sayede çiçeklenme kontrol edilmekte ve ekim nöbetine gerek kalmamaktadır.

e) Besin maddelerinin dozları ayarlanarak bitkilerin vegetatif veya generatif devrede tutulmaları sağlanmaktadır. Bu sayede her mevsim üretim yapmaya olanak sağlamaktadır.

f) Toprakta görülen tuzluluk ve yorgunluk problemi görülmemektedir. Hastalık, zararlı ve yabancı ot kontrolü uygulanan hijyenik önlemler ile sağlanmakta ve bu sayede pestisit kullanımı azalmakta, fumigant kullanımına gerek kalmamaktadır. Ayrıca yabancı ot oluşmamaktadır.

g) Enerji ve iş gücünün azaltılması ile temiz ürün eldesine olanak sağlamaktadır.

h) Tesisin ilk kurulumundaki bilgisayar işletim sistemi, sulama sistemi gibi başlangıç masraflarının pahalı olması dezavantaj gibi görünmekte; fakat fazla ürün üretilmesinin getirdiği kazançla bu durum avantaja dönüşmektedir.

### 3.2. Dezavantajları:

Kapalı bitkisel üretim sistemlerinin dezavantajları aşağıda sıralanmıştır:

a) Bu sistemlerin en önemli dezavantajı, tesiste kullanılan yapay aydınlatma maliyetinin yüksek olmasıdır.

b) Bilgisayar işletim sistemiyle kontrol edilen tesiste kalifiye elemanların bulunmaması sorun oluşturmaktadır.

c) Temiz çalışma gerektiren bu sistemde gerekli özenin gösterilmemesi halinde ortaya çıkabilecek kök hastalıkları besin çözeltisi ile hızla diğer bitkilere yayılabilmektedir (Sevgican, 1999b; Kasım ve Kasım 2004).

## 4. Kapalı Bitkisel Üretim Sistemlerinde Kullanılan Uygulamalar

Çeşitli yazılım firmalarının akıllı teknoloji sistemleri ile kapalı alanlar kontrol edilebilir, ölçülebilir ve raporlanabilir hale getirilmektedirler. Bu otomasyon sistemleri ile iklimlendirme ve sulama-beslenme işlemleri bir bilgisayar ünitesi ve üzerinde yüklü bir yazılım aracılığıyla istenilen yerden internete bağlanarak kontrol edilebilmektedir. Bu sistem sayesinde aşağıda açıklanan ve bitkinin ihtiyacı olan tüm istekleri mükemmel yakın düzeyde sağlanabilmektedir.

### 4.1. İklimlendirme

İklimlendirme ile kapalı alanın ısıtma, soğutma, nem, aydınlatma-karartma, O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> kontrolü yapılmaktadır.

Ortamdaki bu iklimsel parametrelerdeki değişimler, birbirlerini etkileyebilirler. Örneğin ortam nemi ve sıcaklık çift taraflı etkiye sahiptir.

Çünkü ısıtma ile sıcaklığın her birim artışında, ortamdaki nem oransal olarak azalmaktadır. Nem azalmasını teşvik eden havalandırmanın artışı aynı şekilde ısıtma havalandırma rekabetini ortaya çıkararak ortamın soğumasına neden olmaktadır (Kürklü ve Çağlayan, 2005).

Bitkilerin terleme yapmak için kullandıkları stomalar ortamın bağıl nem seviyesi ile ilişkilidir. Nem kontrol sistemleri ile bitkilerin stoma hareketleri izlenmekte ve bitkinin ideal şeker üretimi ve gelişimi için gerekli nem-sıcaklık seviyeleri tespit edilmektedir. Soğutma ve nem için nemlendirme pedi, pedlerin karşısına da hava hareketi sağlayan fanlar kullanılmaktadır. İdeal nem seviyesine ulaşmış olan ortamda bu sayede fotosentez hızı artmakta, bakteri-fungus gibi hastalıklar önlenmekte ve optimum enerji verimliliği sağlanmaktadır (Kürklü ve Çağlayan, 2005).

Fotosentez hareketinin başlaması için ortamda bulunan CO<sub>2</sub> miktarı bitkiler için önem arz etmektedir. Seralarda karbondioksit düzeyi, optimal bir fotosentez için 1200 ppm olmalıdır. Ancak CO<sub>2</sub> miktarı 1200 ppm'den yukarı çıktıkça bitkiler için tekrar öldürücü olmaya başlar. 10000 ppm dolaylarında ise bitkiler fotosentez yapamayacak duruma gelirler ve ölürlür. Bu nedenle yeterli miktarlarda CO<sub>2</sub> bitkilere verilmelidir. Bitki yetiştirilen ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarının artırılması, bitkinin yapraklarında depolanan fazla suyu ve enerjiyi kullanmasını sağlamakta ve bu büyümenin artmasına neden olmaktadır. Bu durum bitkilerde gübre etkisi yaratmaktadır (Tezcan ve ark., 2011).

Kapalı bitkisel üretim sistemlerinde, üretim alanı ile dış ortam arasında oldukça kalın (seralara göre) ve izolasyonlu bir duvar bulunması sayesinde ekstrem iklim değişiklikleri meydana gelmez. Bu durumda iklimlendirme masrafları seralara nazaran çok düşüktür. Böylece sıcaklık-nem, hava hareketi-nem, nem-hastalık ilişkileri daha sınırlı ve kontrol edilebilir seviyede olacaktır.

### 4.2. Aydınlatma-Karartma

Enerji, bitki üretiminde en büyük sınırlayıcı faktördür. Bütün canlılar gibi bitkilerin de yaşamlarını normal sürdürebilmeleri için enerjiye ihtiyaçları vardır. Bu enerjiyi bitkiler doğal olarak güneşten sağlarlar (Sevgican, 1999a). Fakat kapalı alanlarda bitki yetiştirmek için güneş ışığının yerini tutan ve verimli ışıklar olan LED ışıklar yani yapay aydınlatmalar kullanılmaktadır. LED lambalar ısınmadığı için, bitkilerin yakınına yerleştirilebilmekte ve böylece sık yerleştirilen

bitki katmanları oluşturulabilmektedir (Laouchez, 2016).

Işık bitki büyümesini ve gelişimini etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Bu nedenle, kapalı bitkisel üretim sistemlerinde en uygun ışık kaynağının seçilmesi gerekmektedir. Işık yoğunluğunun yanı sıra, bitkilerin büyüme ve gelişmesi için ışık kalitesi veya ışık spektrumu da önemlidir. Güneş ışığı ve geleneksel aydınlatmalarda bitkiler kırmızı, mavi ışık dalga boylarını soğururken, mor, yeşil ve sarı ışığın bir kısmını kullanmayıp yansıtmaktadırlar; fakat LED aydınlatmalarda bitkilerin fotosentez için ihtiyaç duydukları mavi, kırmızı ve uzun dalga kırmızı (far-red) ışık doğrudan verilmektedir.

Bitki aydınlatması için kullanılmak üzere LED modüller seçilirken ve aydınlatma tasarlanırken; kullanılan ışığın dalga boyu, günlük aydınlanma süresi, ışık şiddeti, LED modüllerin konumu ve miktarı dikkate alınmalıdır (Anonim, 2019). Bitkinin türünün yeşil yapraklı veya çiçekli olması kullanılacak LED modüllerin seçimini etkilemektedir. Bu nedenle her bitki türüne uygun seçimlerin yapılması gerekmektedir. Doğru aydınlatma projesi ve LED modül seçimiyle etkin ve verimli sonuca ulaşılabilmektedir.

Bitkiler, ultraviyole-B, ultraviyole-A, mavi, kırmızı ve uzak kırmızı ışığı algılayan farklı fotoreseptörlere sahiptir (Ouzounis ve ark., 2015). Bu ışıkların bitkilerde farklı etkileri bulunmaktadır. Mavi ışığın, klorofil oluşumu, stoma açılması, fototropizm ve aynı zamanda fotomorfojeniz için önemli olduğu bilinmektedir. (de Carbonnel ve ark., 2010; Usami ve ark., 2004). Kırmızı ışık bitki gelişiminde tek başına yeterli değildir. Optimum gelişme, fotosentez ve biyokütle üretimi için mavi ve uzak kırmızıya da ihtiyaç duyarlar (Ouzounis ve ark., 2015). Stoma faaliyeti hem kırmızı hem de mavi ışık tarafından tetiklenir ve bu işlevin Fotosentetik Foton Akısı Yoğunluğu (PPFD) ile doğrudan ilişkilidir. Düşük PPFD'de ( $15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  civarı), mavi ışık stomaların açılmasına neden olurken kırmızı ışık etkisizdir. Daha yüksek PPFD'de, kırmızı ışıkta etkilidir. Ancak mavi ışık kırmızı ışığa göre tutarlıdır (Briggs ve Huala, 1999).

Kapalı bitkisel üretim sisteminde bitki için gereken farklı dalga boylarının tek tek kullanımı fiyolojik bazı sorunlara neden olabilmektedir. Bu nedenle kırmızı, mavi, beyaz ve uzak kırmızı kombinasyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Kim ve You (2013) kapalı bitkisel üretim sisteminde yetiştirilen japon turplarında (*Wasabia japonica*), kırmızı-mavi LED kombinasyonunun kullanılması gerektiğini ve bu kombinasyonda

kırmızı ışık oranının maviye göre oldukça yüksek seviyelerde olması gerektiğini belirlemişlerdir.

Yine kırmızı ve yeşil yapraklı marulda (*Lactuca sativa* L.) farklı RGB (kırmızı-yeşil-mavi) kombinasyonları (RGB oranları; 1:4:5, 5:0:5, 5:2:3, 7:0:3, 7:1:2) karşılaştırılmıştır. Deneme sonucunda, kapalı bitkisel üretim sisteminde marul yetiştirmek için RGB oranının 5-7:0-2:1-3 olduğu belirlenmiştir (Cha ve ark., 2013).

Farklı renklerin etkisinin yanı sıra kullanılabilir ışık yoğunluğunun ve fotoperiyodizitenin de önemi vardır. Işık yoğunluğunu ifade etmede yaygın olarak kullanılan lux ve kandela, bitki gelişimi üzerine doğrudan etki etmemektedir. Bunun yerine fotosentez üzerine etkili olan ışık birimleri olan PAR (Photosynthetically Active Radiation: Fotosentetik Aktif Radyasyon) ya da PPF (Photosynthetic Photon Flux Density: Fotosentetik Foton Akısı Yoğunluğu) birimlerinin kullanılması daha doğrudur. Bunlar içinde en yaygın kullanılan PPF, belirli bir yüzeye saniyede düşen fotosentetik aktif foton sayısını ifade eder ve birimi  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'dir (Anonim, 2020c).

Yine kapalı bitkisel üretim sisteminde marul yetiştiriciliğinde dört farklı ışık yoğunluğu (200, 230, 260 ve  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PPF) ve üç farklı fotoperiyodun [18/6 (1 döngü) 9/3 (2 döngü) veya 6/2 (3 döngü)] kombinasyonu incelenmiştir. Deneme sonucunda, yüksek ışık yoğunluklarında ( $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PPF) daha kısa bir fotoperiyot ile (6/2'lik), düşük ışık yoğunluklarında (230 veya  $260 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PPF) ise daha uzun bir fotoperiyot (18/6 ve 9/3) ile daha iyi büyüme ve daha yüksek fotosentetik kapasite elde edilmiştir (Kang ve ark., 2013).

#### 4.3. Sulama-Beslenme

Kapalı bitkisel üretim sistemlerinde sulama ve bitki besleme, topraksız tarım tekniklerinden biri olan hidroponik kültürde kullanılan yöntemlerin aynısıdır. Bu teknikte bitkiler, besin ilave edilmiş suda büyütülmektedir (Al-Kodmany 2018). Hidroponik sistemde, geleneksel tarıma göre yüzde 70 daha az su kullanırken (Cho, 2011), kapalı bitkisel üretim sisteminde bu oran çok daha düşüktür (geleneksel tarımda kullanılan suyun yaklaşık 1 / 10'u). Bu denli düşük olmasının en büyük nedeni, hem suyun doğrudan buharlaşması, hem de bitkide meydana gelen terlemenin çok daha düşük olmasıdır (Al-Kodmany 2018). Bu

sistemde, bitkiler tarafından alınmayan tüm su ve besin maddeleri geri kazanılır (Cho, 2011).

Kapalı bitkisel üretim sisteminde daha çok derin akış su kültürü kullanılmaktadır (Heo ve ark., 2013; Kang ve ark., 2013). Sistem içerisinde sulu besin çözeltisinin eksilmesi durumunda takviye edilmekte ve besin içeriği elektriksel iletkenlik (EC) ölçümü ile kontrol edilmektedir. Genellikle EC seviyesinin  $2,0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 'in altında olması istenir (Sevgican, 1999b). Burada önemli olan, yetiştirilen bitkinin fizyolojik aşaması (vegetatif ya da generatif gibi) ve pH istekleridir. Kang ve ark. (2013), marul yetiştiriciliğinde, derin akış sisteminde  $6.0 \pm 0.5 \text{ pH}$  ve  $1,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  EC seviyesini su+besin çözeltisi kullanmışlardır.

## 5.Kapalı Bitkisel Üretim Sisteminin Bazı Özellikleri

### 5.1.Bitki - Işık Etkileşimi

Bitkiler hayatta kalmak için ışığa gereksinim duyan canlılardır. Bitki büyümesini ve gelişimini ışıklı periyotta ve ışık kalitesine göre ayarlamaktadır. Işığın etkilediği, bitkinin şeklini meydana getiren olayların tümü 'fotomorfogenez' olarak adlandırılır. Fotomorfogenez ışığın etkin olduğu durumdaki bir gelişim ifadesidir. Işıklı ortamda fidelerde klorofil oluşur, gövde uzaması baskı altında tutulur, gövde genişlemesi sağlanır, yan köklerin gelişimi hızlanır, yaprak büyümesi teşvik edilir (Padem ve Özdamar, 2016).

Kırmızı mavi ışığın dalga boyları fotosentetik biyosentez ve fotomorfojeniz üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Çünkü yaprak hücrelerindeki klorofil a ve b, fotosentez için hem kırmızı hem de mavi ışığı etkili bir şekilde absorbe etmektedir. Kırmızı ve mavi ışıkların bitki büyümesi üzerinde farklı etkileri vardır.

Kapalı bitkisel üretim sisteminde yetiştirilen *Ipomoea aquatica* Forsk (Su Ispanağı) bitkisinde ışık kalitesinin büyüme ve ikincil metabolit içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Buna göre; kırmızı ışığın bitki biyokütlesini arttırmada etkili olduğu, mavi ışığın ise klorofil biyosentezi ve stoma açıklığında önemli olduğu tespit edilmiştir (Kitayama ve ark., 2019).

Yine kapalı bitkisel üretim sistemlerinde yetiştirilen domates bitkilerinde, küçük siğil benzeri tümör oluşumu görülebilmektedir. Bu oluşumlar esas olarak yaprak yüzeyinde, bazen yaprak saplarında ve gövdelerde gelişebilmektedir. Işık kalitesi bu fizyolojik bozukluk üzerinde önemli rol oynamaktadır. Ultraviyole (UV) radyasyonunun, özellikle UV-

B'nin (280-320 nm), tümör benzeri gelişimleri engellediği bilinmektedir. UV-B'ye ek olarak uzak-kırmızı, mavi ve yeşil ışığın da şişmeye karşı önleyici etkisi vardır (Eguchi ve ark., 2016).

### 5.2.Bitkilerde Renklenme

Bitkilerde renklenme, birçok pigmentin klorofilin parçalanmasıyla baskın hale gelmesi ile oluşmaktadır.

Bu pigmentlerden en önemlisi antosiyanin olup, ışık ve sıcaklık etkileşimiyle ortaya çıkmaktadır. Antosiyaninler meyve, sebze, çiçek, kök ve diğer bitki depolama organlarında bulunan, bitkilere pembeden mora kadar değişen renkler veren, suda çözünebilir doğal pigmentlerdir. Hücre sitoplazmasında glikozit formda bulunmakta olup bazı şekerler ve şeker olmayan (aglikon) maddelerden meydana gelmiştir (Koca ve ark., 2006).

Her bitki hücresi özelleşmiş yapılara gereksinim duymadan antosiyanin üretme yeteneğine sahiptir. Hücre içerisinde antosiyaninler vakuolde depolanır. Bazı türlerde antosiyaninler oldukça yüksek seviyelerde birikebilir. Antosiyaninler asidik koşullarda 520 nm civarındaki görünür ışığı soğururlar (Keleş, 2015). Antosiyanin oluşumunda gece-gündüz sıcaklık farkından doğan sıcaklık stresi ve mavi - UV ışığa karşı olan ışık stresi en büyük etkendir. Nitekim, "lollo rosso", "red salanova" ve "red oak" marul çeşitlerinde maviye yakın UV ışığa maruz bırakılma sonucunda, antosiyanin sentezi teşvik edilmiş ve bitkiler kırmızı-bordo renk alırken, diğer dalga boyları bitkilerin yeşil kalmasına neden olmuştur (Nicole, 2017).

Bitkilerde tüm pigmentlerin oluşmasında ışık, sıcaklık ve diğer ekolojik faktörlerin etkisi önemlidir. Kapalı bitkisel üretim sistemlerinin tüm ekolojik koşulları optimum seviyede kontrol etmesi, pigment sentezini de kontrol etmekte, dolayısıyla en ideal renklenme sağlanabilmektedir. Shoji ve ark. (2010), kırmızı yapraklı kıvırcıkta mavi ışığın antosiyanin sentezini arttırmada etkili olduğunu, ancak tek başına kullanıldığında bu etkisinin geçici olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada en etkili büyüme, gelişme ve antosiyanin sentezinin %80 mavi, %20 kırmızı ya da %50 mavi, %50 kırmızı kombinasyonu ile elde edilmiştir.

Yine marulda yapılan başka bir çalışmada, kırmızı/mavi ışık karışımının (%57 kırmızı: %43 mavi) toplam antosiyanin içeriği, kırmızı LED ve floresan ışığa kıyasla sırasıyla 4,1 kat ve 6,9 kat artmıştır. Ancak mavi ışık oranının sürekli yüksek



tutulmasının büyümeyi önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Bu nedenle araştırmacılar, büyüme gelişme döneminde kırmızı ışığın yoğunluğunun yüksek tutulması, renklenme döneminde ise mavi ışığın artırılması gerektiğini tespit etmişlerdir (Lee ve ark., 2010)

Sebzeler hasat öncesi veya sonrasında kontrollü şartlar altında stres koşulları oluşturarak antosiyanin miktarının artırılması sağlanabilmektedir (Kasım ve Kasım 2017).

### 5.3.Sağlık

Koyu yeşil yapraklı sebzelerin (roka, maydanoz, ıspanak) nitrat içeriğinin köklü, soğanlı, yumrulu sebzelerden daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bitkinin çeşitli kısımlarında nitrat miktarı farklılık göstermektedir. Yaprak sapı ve gövdede nitrat miktarı yüksek düzeyde, yaprak ve kökte orta düzeyde, meyve ve çiçeklerde ise çok düşük düzeylerde bulunmaktadır. Bitkide nitratin bulunduğu iki yer vardır. Bunlar; sitoplazmada yer alan metabolik kısım ve vakuolde yer alan depo kısmıdır. Vakuollerde nitrat akümüasyonu artan ışık yoğunluğuna bağlı olarak düşmektedir. Filizlerde nitrat kullanımı için güneş ışığı gerekli olduğundan, öğleden sonra nitrat konsantrasyonu sabaha oranla daha düşük bulunmuştur (Blom-Zandstra, 1989).

Sebzelerin nitrat ve nitrit içeriklerine etki eden faktörler üzerine yapılan çalışmalarda, kısa büyüme periyodundaki sebzelerde, kışın üretilen sebzelerin yaz aylarından daha fazla nitrat biriktirdiği tespit edilmiştir (Santamaria ve ark 1999). Nitrat birikimindeki bu farklılığın sıcaklık, ışık ve gün uzunluğundaki azalmadan kaynaklandığı bilinmektedir. Işık yoğunluğunun azalması ve azotlu gübre kullanımındaki artış ile sebzelerde nitrat birikimi arasında direkt bir ilişki olduğu saptanmıştır. Kapalı bitkisel üretim sistemlerinde güneş ışığı yerine kullanılan yapay aydınlatmaların ışık yoğunluğunun ayarlanmasıyla nitrat miktarı ayarlanabilmektedir. Yapılan araştırmalara dayanarak marul, ıspanak ve roka gibi yapraklı sebzelere yüksek ışık yoğunluklarının uygulanmasıyla nitrat içeriğinin az miktarlarda olduğu, ışık seviyesinin nitrat birikimiyle zıt ilişkili hareket ettiği söylenebilir (Cantliffe, 1972). Sağlık açısından düşük dozlarda bünyeye alınan nitratin insan bünyesi üzerinde olumsuz etkileri olmadığı; fakat çeşitli yollarla fazla miktarlarda vücuda alındığında insan sağlığı için zararlı olabileceği tespit edilmiştir (Ayaz ve Yurttagül, 2006).

### 5.4.Tat

Basit şekerler, asitler ve uçucu bileşiklerin oluşumunu artırmak veya azaltmak ışığın dalga boylarını değiştirerek mümkün olmaktadır. Işık, ikincil metabolitlerin/uçucu maddelerin üretimini etkilemektedir. UV-B dalga boyundaki ışık, uçucu biyosentezini hızlandırmaktadır. Hollanda'nın Philips şirketi, farklı ışık şartları altında yetiştirilen roka bitkisinin tat algı farkları üzerine yaptığı aydınlatma araştırmasında sarı ışığın tatlılığı, mavi ve kırmızı ışığın lezzeti, yeşil ışığın acılığı artırdığı tespit edilmiştir (Nicole, 2017). Ayrıca UV-B ışığının depolama sırasında domateste glikoz, fruktoz ve suda çözünebilir kuru madde miktarını artırmıştır (Kasım ve Kasım 2015).

### 5.5. Raf Ömrü

Günümüzde tüketicilerde artan bilinçle birlikte, mikrobiyolojik açıdan güvenilir gıdaları tercih etmeleri, güvenli gıda kavramının önemini daha da arttırmıştır (Koca ve ark., 2018). Gıdaların taşınması, depolanması ve satışa sunulması aşamasında kullanılan ışık kaynağı ve ışık şiddeti önemlidir. Özellikle depolarda gereğinden fazla aydınlatmadan kaçınılmalıdır. Çünkü ışık oksidasyon reaksiyonları için gerekli olan enerjiyi sağlamaktadır. Işık altında saklanan gıdalarda tadın bozulması hızlanmaktadır. Raf ömrü testlerinde bitkinin, hasat öncesi ve hasattaki ışık durumu ile hasat sonrası ışık kullanımına bağlı olarak bazı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum raf ömrü ve genel görsel kalite için çok önemlidir (Gökmen ve Öztan, 1995).

### 6.Sonuç

Kapalı bitkisel üretim sistem dikey bitki üretimi, dünya ülkelerinde hızla gelişim göstermekle beraber ülkemizde de azda olsa örnekleri görülmeye başlamıştır. Bu sistemlerde kontrollü üretim yapılabildiği için verim ve kalitesi yüksek ürünler elde edilmektedir. Dünyamızdaki olumsuz koşullar göz önüne alındığında "Tarım"da ve "Gıda"da sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi, güvenli gıda üretimi için kapalı bitkisel üretim sistem bir alternatif olabilir. Dolayısıyla bu alandaki çalışmaların artırılması gerekmektedir.

## Kaynaklar

- Al-Kodmany, K., 2018. The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City. *Buildings*, 8(2):24. DOI: 10.3390/buildings8020024.
- Alexandratos, N., Bruinsma, J., 2012. World agriculture towards 2030/2050, The 2012 Revision. ESA Working Paper No. 12-03. <http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf>.
- Anonim, 2019. Yapay bitki aydınlatması. <http://www.forfarming.co/yapay-bitki-aydinlatmasi/> (Erişim tarihi: 18.05.2019).
- Anonim, 2020a. Dikey çiftçilik hakkında dikkat edilecek hususlar 2020. <https://tr.routestofinance.com/what-you-should-know-about-vertical-farming> (Erişim tarihi: 20.06.2020)
- Anonim, 2020b. Land use in agriculture by the numbers. <http://www.fao.org/sustainability/news/detail/en/c/1274219> (Erişim tarihi: 21/08/2020).
- Anonim, 2020c. Horticulture lighting metrics light measuring, spectral photometry. <https://gossen-photo.de/en/horticulture-lighting-metrics/> (Erişim tarihi: 23.08.2020).
- Ayaz, A., Yurttagül, M., 2006. Sebzelelerin nitrat ve nitrit içeriklerine etki eden faktörler. *Beslenme ve Diyet Dergisi / J Nutr and Diet* 34(2):51-64.
- Birişik, N., 2019. Küresel ve Ulusal Ölçekte Tarım ve Gıda Politikaları “Gerçekler, Sorunlar ve Çözüm Önerileri” Memur-Sen Konfederasyonu Toç Bir-Sen Tarım-Orman Çalışanları Birliği Sendikası Yayınları, ISBN 978-605-85250-2-3. 303 s.
- Bingöl, B., 2015. Dikey Tarım. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi* 11(2): 92-99.
- Blom-Zandstra, M., 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Annals of Applied Biology*, 115(3), 553-561.
- Briggs, W. R., Huala, E., 1999. Blue-light photoreceptors in higher plants. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 15(1): 33-62.
- Cha, M.K., Cho, J.H., Cho, Y.Y., 2013. Growth of leaf lettuce as affected by light quality of LED in closed-type plant factory system. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 22(4):291-297.
- Cho, R., 2011. Vertical Farms: From Vision to Reality. *State of the Planet, Blogs from the Earth Institute*, <http://blogs.ei.columbia.edu/2011/10/13/vertical-farms-from-vision-to-reality/comment-page-1/> (Erişim Tarihi 23/08/2020).
- Demir, K., Çakırer, G., 2014. Akuaponik Kültür. *Tarım Gündem Dergisi*, 23: 32-34.
- de Carbonnel, M., Davis, P., Roelfsema, M.R.G., Inoue, S.I., Schepens, I., Lariguet, P., Fankhauser, C., 2010. The Arabidopsis phytochrome kinase substrate2 protein is a phototropin signaling element that regulates leaf flattening and leaf positioning. *Plant Physiology*, 152(3): 1391-1405.
- Dockrill, P., 2015. The world has lost a third of its farmable land in the last 40 years. <https://www.sciencealert.com/the-world-has-lost-a-third-of-its-farmable-land-in-the-last-40-years>. (Erişim tarihi: 11.08.2020).
- Eguchi, T., Hernandez, R., Kubota, C., 2016. Far-red and blue light synergistically mitigate intumescence injury of tomato plants grown under ultraviolet-deficit light environment. *HortScience*, 51: 712-719.
- Gökmen, V., Öztan, A., 1995. Gıdaların Raf Ömrünün Etkileyen Faktörler ve Raf Ömrünün Belirlenmesi. *Gıda* 20(5):265-271.
- Granath, B., 2017. Lunar, Martian Greenhouses Designed to Mimic Those on Earth. NASA's Kennedy Space Center, Florida. <https://www.nasa.gov/feature/lunar-martian-greenhouses-designed-to-mimic-those-on-earth> (Erişim tarihi: 20.05.2019).
- Heo, J.W., Kim, D.E., Han, K.S., Kim, S.J., 2013. Effect of light-quality control on growth of *Ledebouriella seseloides* grown in plant factory of an artificial light type. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 32(3):193-200.
- Kang, J.H., KrishnaKumar, S., Atulba, S.L.S., Jeong, B.R., Hwang, S.J., 2013. Light intensity and photoperiod influence the growth and development of hydroponically grown leaf lettuce in a closed-type plant factory system. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 54(6); 501-509.
- Kargin, H., Bilgüven, M., 2018. Akuakültürde Akuaponik Sistemler ve Önemi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2):159-173.
- Kasım, R., Kasım, M.U., 2004. Topraksız Yetiştiricilik. *Kocaeli Üniversitesi Yayınları*.
- Kasım, M.U., Kasım, R., 2015. Postharvest UV-B treatments increased fructose content of tomato (*Solanum lycopersicon* L. cv. Tayfun F1) harvested at different ripening stages. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(4):742-749.
- Kasım, R., Kasım M.U., 2017. Işık Yayan Diyot (LED) Teknolojisinin Meyve ve Sebzelelerin Hasat Sonrası Dönemindeki Uygulamaları. *Meyve Bilimi*, Cilt 1 (Özel) s:86-93.
- Keleş, Y., 2015. Antosiyenin Pigmentlerin Biyokimyası ve Analizi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 8 (1): 19-25.
- Kim, H., You, Y., 2013. Effects of red, blue, white, and far-red LED source on growth responses of *Wasabia japonica* seedlings in plant factory. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 31(4):415-422.
- Kitayama, M., Nguyen, D. T. P., Takagaki, M., 2019. Effect of Light Quality on Physiological

- Disorder, Growth, and Secondary Metabolite Content of Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk) Cultivated in a Closed-type Plant Production System. 37(2):207-212.
- Koca, İ., Karadeniz, B., Tural, S., 2006. Antosiyaninlerin antioksidan aktivitesi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, 24-26 Mayıs, 133.
- Koca, N., Saatli, T.E., Urgan, M., 2018. Gıda Sanayisinde Ultraviyole Işığın Yüzey Uygulamaları. Akademik Gıda 16(1):88-100.
- Kürklü, A., Çağlayan, N., 2005. Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1), 25-34.
- Laouchez, M., 2016. As arable land disappears, here come the vertical farmers. <https://phys.org/news/2016-10-arable-vertical-farmers.html> (Erişim tarihi: 20.05.2019).
- Lee, J.G., Oh, S.S., Cha, S.H., Jang, Y.A., Kim, S.Y., Um, Y.C., Cheong, S.R., 2010. Effects of red/blue light ratio and short-term light quality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce. Protected Horticulture and Plant Factory, 19(4): 351-359.
- Meriç, M.K., Öztekin, G.B., 2008. Topraksız Tarımda Kapilar Sistemler. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 45(2):145-152.
- Nicole, C., 2017. Vertical farming: a revolution in food production enabled by LED lighting. Philips Lighting Research Vertical Farming Conference, Venlo, Hollanda, 28 June.
- Ohi, N., Lassak, K., Watson, R., Strader, J., Du, Y., Yang, C., Kilic, C. 2018. Design of an autonomous precision pollination robot. In 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) pp. 7711-7718.
- Ouzounis, T., Rosenqvist, E., Ottosen, C.O., 2015. Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: a review. HortScience, 50(8):1128-1135.
- Padem, H., Özdamar, H., 2016. Sebze büyüme ve gelişiminde fotoreseptörler. Derim, 19(2):2-8.
- Potts, S.G., Neumann, P., Vaissière, B., Vereecken, N.J., 2018. Robotic bees for crop pollination: Why drones cannot replace biodiversity. Science of the total environment, 642: 665-667.
- Santamaria, P., Elia, A., Serio, F., Todaro, E., 1999. A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79(13):1882-1888.
- Sevgican, A., 1999a. Örtüaltı Sebzeçiliği Cilt I (Topraklı Tarım). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 528, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Sevgican, A., 1999b. Örtüaltı Sebzeçiliği Cilt II (Topraksız Tarım). Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 526, Bornova, İzmir.
- Shoji, K., Goto, E., Hashida, S.N., Goto, F., Yoshihara, T., 2010. Effect of red light and blue light on the anthocyanin accumulation and expression of anthocyanin biosynthesis genes in red-leaf lettuce. Journal of Science and High Technology in Agriculture, 22(2):107-113.
- Tezcan, A., Atılgan, A., Öz, H., 2011. Seralarda Karbondioksit Düzeyi, Karbondioksit Gübrelemesi ve Olası Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 6(1):44-51.
- Usami, T., Mochizuki, N., Kondo, M., Nishimura, M., Nagatani, A., 2004. Cryptochromes and phytochromes synergistically regulate Arabidopsis root greening under blue light. Plant and Cell Physiology, 45(12):1798-1808.
- Van Der Schaft, P., 2018. Pollination drones deen as assistants for ailing bees. <https://www.roboticsbusinessreview.com/agriculture/pollination-drones-assist-ailing-bees/> (Erişim tarihi: 18.05.2020).

## Sekonder Metabolitler ve Roller

Özlem BAKIR

Bartın Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, Bartın, Türkiye  
[ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1964-3271> (Ö. BAKIR)]

Sorumlu yazar: obakir@bartin.edu.tr

### Özet

Sekonder metabolitler, bitkinin normal büyüme ve gelişmesi için ihtiyaç duymadığı ancak hücre metabolizmasının yan ürünü olarak bitkilerde üretilen kimyasal bileşiklerdir. Sekonder metabolitler, bitki yaşamı için elzem olmamakla birlikte bitki herhangi bir stres faktörü ile karşı karşıya kaldığında savunma mekanizması olarak sentezlenmeye başlarlar. Bazı sekonder metabolitler ilaçlar, tatlar, kokular, böcek öldürücüler ve boyalar gibi kimyasal olarak kullanılmaktadır ve bu nedenle büyük bir ekonomik değere sahiptir. Bu yeni teknolojiler, özellikle tıbbi bileşikler olmak üzere kimyasalların yenilenme kaynakları olarak yüksek bitkilerin sürekli kullanılabilirliğini genişletmeye ve geliştirmeye hizmet edecektir. Bu alandaki yoğunlaştırma çabalarının spesifik, değerli ve henüz bilinmeyen bitki kimyasallarının biyoteknolojik üretimine katkı sağlaması beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoteknoloji, İlaçlar, Savunma mekanizmaları, Sekonder metabolitler

## Secondary Metabolites and Their Roles

### Abstract

Secondary metabolites are chemical compounds that the plant does not need for normal growth and development, but are produced in plants as by-products of cell metabolism. Although secondary metabolites are not essential for plant life, they start to be synthesized as a defense mechanism when the plant is exposed to any stress factor. A few secondary metabolites are used chemically, especially drugs, flavors, fragrances, insecticides and dyes, and therefore have a great economic value. These new technologies will serve to expand and improve the continuous usefulness of high plants as sources of chemicals regeneration, especially medical compounds. Concentration efforts in this area are expected to contribute to the biotechnological production of specific, valuable and unknown plant chemicals.

**Keywords:** Biotechnology, Drugs, Defense mechanism, Secondary metabolites

### 1. Giriş

Bitkiler sekonder metabolitler adı verilen farklı organik molekülleri sentezleme kapasitesine sahiptirler. Bitki sekonder metabolitlerinin temel özelliklerinden biri benzersiz karbon iskelet yapılarının olmasıdır. Sekonder metabolitler, bitkinin normal büyüme ve gelişmesi için ihtiyaç duymadığı ancak hücre metabolizmasının yan ürünü olarak bitkilerde üretilen kimyasal bileşiklerdir. Sekonder metabolitlerin oluşumu genellikle organ, doku ve hücreye özgüdür ve bunlar düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerdir. Bu bileşikler genellikle miktarları ve türleri

bakımından aynı bitki popülasyonu arasında farklılık göstermektedir. Bitkileri hem biyotik (bakteri, mantarlar, nematodlar, böcekler veya hayvanlar tarafından olatma) hem de abiyotik (daha yüksek sıcaklık ve nem, yaralanma veya ağır metallerin varlığına) streslere karşı korumaktadırlar. Sekonder metabolitler, ekonomik değerlerinin yüksekliği nedeniyle özellikle ilaç, tat, koku, böcek öldürücü ve boya gibi kimyasallar olarak kullanılmaktadır. Bitkilerde, sekonder metabolitler biyosentez kökenlerine göre üç gruba (Terpenoidler, Polyketidler ve Fenipropanoidler) ayrılmaktadır (Verpoorte ve Alfermann, 2013). Alkaloidler, esas

olarak amino asitlerden, örneğin triptofan, tirozin, fenilalanin, lizin ve arginin'den birçok benzersiz enzim kullanılarak biyosentezlenen azotlu organik moleküller olan sekonder metabolit sınıfıdır (Croteau ve ark., 2000). En önemli terapötik ajanların çoğu alkaloidlerdir. Biyosentez bölgeleri hücrenel veya alt hücrenel düzeyde bölümlere ayrılmıştır.

## 2. Primer ve Sekonder Metabolitler

Primer metabolitler tüm bitkilerde bulunup, beslenme ve üremeye katılarak metabolik faaliyetleri yerine getirmektedirler (Croteau ve ark., 2000). Bazen primer ve sekonder metabolitleri ayırt etmek zordur. Örneğin, hem primer hem de sekonder metabolitler arasında terpenoidler bulunmaktadır ve aynı bileşik hem primer hem de sekonder rollere sahip olabilmektedir. Sekonder metabolitler, stres koşullarında yüksek oranda indüklenabilen farklı metabolit ailelerinin geniş bir yelpazesidir. Karotenoidler ve flavonoidler tozlaştırıcıları çeken çiçek ve tohumdaki hücre pigmentasyonunda rol oynamaktadır. Bu nedenle, bitki üremesine de katılmaktadırlar (Winkel-Shirley, 2001).

Bitki primer metabolitleri nükleik asitler, proteinler, karbonhidratlar, yağlar ve lipitlerin bileşiklerini ifade etmektedir ve bitki gelişiminde hayati rolleri bulunmaktadır. Aksine, sekonder metabolitler genellikle düşük konsantrasyonlarda küçük bileşikler olarak yer almaktadır. Primer metabolizma, Krebs döngüsünün karboksilik asitlerini üreten süreçleri ifade etmektedir. Diğer yandan sekonder metabolitler yaşam için gerekli değildir, ancak türün hayatta kalma sürecine katkıda bulunmaktadır. Aslında, belirli bir türdeki spesifik bileşenler sistematik belirlemeye yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Sekonder metabolit grupları da kemotaksonomi için belirteç olarak görev almaktadır. Terpenler, Fenolikler, N (Azot) ve S (Sülfür) içeren bileşikler olarak bitki sekonder metabolitleri kimyasal olarak üç farklı gruba ayrılabilir (Pagare ve ark., 2015).

## 3. Terpenler

Terpenler en büyük sekonder metabolit grubunu içermektedirler. Terpenler monoterpenler, seskiterpenler, diterpenler, triterpenler ve politerpenler olarak beş gruba ayrılmaktadır. Krizantem türlerinin yapraklarında ve çiçeklerinde ortaya çıkan pretroid (monoterpenes esterleri) adlı terpen eşek arısı,

güve, arı, vb. gibi böceklere karşı ticari böcek öldürücülerde popüler bir bileşen olarak yer almaktadır. Açık tohumlu bitkilerde (kozalıklı ağaçlar)  $\alpha$ -pinalin,  $\beta$ -pineanin, limonin ve merin olarak bulunmaktadır. Beş üyeli bir lakton halkası (bir siklik ester) ile karakterize edilen ve birçok otçul, böcek ve memelilere karşı güçlü besleme iticiliğine sahip antiherbivor ajanları gibi davranan bitki savunmasında rol alan birçok seskiterpen tanımlanmıştır. ABA (Absisik asit) bir seskiterpendir, esas olarak tohum ve tomurcuk dinlenmesinin başlatılması ve sürdürülmesinde düzenleyici rol oynamaktadır ve membran özelliklerini değiştirerek transkripsiyonel bir aktivatör olarak hareket ederek bitkilerin su stresine tepki vermesinde rol almaktadır (Berli ve ark., 2010). Abietik asit, çamlarda ve baklagillerde bulunan bir diterpendir. Bu diterpen ağaç gövdesinin reçine kanallarında, reçinelerin içinde veya yanında bulunmaktadır. *Euphorbiaceae* bitkilerinde bulunan ve memelilerde cilt tahriş edici ve iç toksin olarak çalışan başka bir bileşik forboldur (Diterpene ester). İpek otu (*Asclepias*), çoğu böcek ve sığır gibi otçullara karşı onları koruyan daha iyi tada sahip birkaç glikoziti (sterol) üretmektedir. Başlıca tetraterpenlere ise, karotenoid pigment ailesi örnek verilebilir (Brooker ve ark., 2008). Turuncu, kırmızı, sarı karotenoidler fotosentezde ve fotooksidasyondan fotosentez dokularını korumaktadırlar. Bazı bitkiler ise esansiyel yağlar olarak adlandırılan monoterpenleri ve seskiterpenleri içermektedirler. Nane, limon, fesleğen, adaçayı gibi bitkilerin içerdiği yağlar en güzel örnekleridir (Ünay, 2004).

## 4. Fenolik Bileşikler

Bitkiler, fenol grubu kimyasal olarak heterojen bir grup olan Fenol adı verilen ve aromatik halka üzerinde bir hidroksil fonksiyonel grup içeren çok çeşitli sekonder ürünler üretmektedirler. Kök parazitik nematodlar da dahil olmak üzere zararlılara ve hastalıklara karşı bitki savunma sisteminin önemli bir parçası olabilmektedirler (Wuyts ve ark., 2006). Kumarin, vasküler bitkilerde yaygın olarak bulunan basit fenolik bileşiklerdendir. Kumarinin böcek otçullarına ve mantarlara karşı çeşitli bitki savunma mekanizmalarında farklı kapasitelerde işlev gördüğü bilinmektedir. Bakteri, mantar ve bitkilerde yaygın olan ancak hayvanlarda bulunmayan şikimik asit yolundan türetilmişlerdir. Bazı kumarin türevleri, çeşitli toprak kaynaklı bitki patojenik mantarlarına karşı daha yüksek antifungal aktiviteye sahiptir ve tek

başına orijinal kumarin bileşiklerine kıyasla daha fazla stabilite sergilemektedirler (Brooker ve ark., 2008). Furano kereviz, yaban havucu ve maydanoz da dahil olmak üzere *umbelliferae* aile üyelerinde bol miktarda bulunan, özellikle fitotoksititeye ilgi duyan bir kumarindir. Psoralin, temel lineer furokumarin, mantar savunmasının tedavisinde kullanımı ile bilinir ve SO<sub>2</sub> ile muamele edilen bitkilerde çok nadir bulunmaktadır (Ali ve ark., 2008). Ligin, üç farklı alkolden, koniferil, kumaril ve sinapilden oluşan, her yerde bulunan bir bitki enzimi-peroksidisi ile serbest radikallere oksitlenen, eş zamanlı ve rastgele reaksiyona girerek lignin oluşturan, oldukça dallanmış bir fenil-propanoid grup polimeridir. Flavonoidler; kırmızı, mavi ve pembe bitki pigmentleri, antosiyaninler, sarı antonsaktinlerin genel adıdır. Flavonoidler bitki sisteminde pigmentasyon ve savunma da dahil olmak üzere çok farklı işlevler yerine getirmektedir. Çiçeklerde bulunan diğer iki flavonoid grubu, flavononlar ve flavonoller, hücreyi UV-B radyasyonundan korumaktadırlar. Bunlar yaprakların ve gövdelerin epidermal katmanlarında birikmektedir ve UV-B bölgesinde ışığı güçlü bir şekilde emerek, aynı zamanda UV (B) dalga boylarına izin vermektedirler (Lake ve ark., 2009). Ayrıca, bitkilerin UV-B ışığının artmasına maruz kalmasıyla birlikte flavononların ve flavonollerin sentezinin arttırdığı gösterilmiştir, bu da flavonoidlerin zararlı UV-B radyasyonuna karşı koruma önlemleri sunabileceğini düşündürmektedir (Saviranta ve ark., 2001). İzoflavonoidler ve naringeninler her yerde bulunan bir flavanondan üretilmektedir, ayrıca bitki gelişim ve savunma tepkisinde kritik bir rol almaktadırlar. Baklagiller tarafından salgılanırlar ve simbiyotik rizobi ile azot tespit nodüllerinin oluşumunda önemli bir rol oynamaktadırlar (Sreevidya ve ark., 2006). Ayrıca, bu flavonoidlerin sentezinin reaktif oksijen türlerine (ROT) karşı etkili bir strateji olduğu düşünülmektedir (Posmyk ve ark., 2009).

Tanenler, savunma özelliklerine sahip ikinci bitki fenolik polimer kategorisine dahil edilmiştir. Tanenler, birçok otoburun büyümesini ve hayatta kalmasını önemli ölçüde azaltmaktadır. Aynı zamanda tanenler bazı hayvanlarda yem tüketimi, yem sindirimi ve üretim etkinliği üzerine ciddi etkileri olan genel toksinlerdendir.

## 5. Sülfür İçeren Sekonder Metabolitler

Sülfür içeren sekonder metabolitler, bitkilerin mikrobiyal patojenlere karşı savunması ile

doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılı GSH (glutatyon), GSL (glukosinolat), Fitoaleksinler, Tiyoninler, defensinler ve allininleri içermesidir (Saito, 2004; Grubb ve Abel, 2006; Halkier ve Gershenzon, 2006). GSH (glutatyon), bitkilerin çözünür fraksiyonundaki başlıca organik kükürt formlarından biridir, bitki büyüme ve gelişiminin düzenlenmesinde, stres yanıtlarında hücresele antioksidan olarak önemli bir role sahiptir (Kang ve Kim, 2007). GSL (glukosinolat), yırtıcıların ve parazitlerin olumsuz etkilerine karşı yüksek bitkilerin dirençlerini arttırmak için ürettikleri düşük moleküler ağırlıklı N (Azot) ve S (Sülfür) içeren bitki glikozitleri grubudur. Fitoaleksinler, enfeksiyon bölgesi çevresinde birikerek istilacı patojenlerin yayılmasını sınırlamaya yardımcı olan bakteriyel veya fungal enfeksiyona ve diğer stres formlarına yanıt olarak sentezlenmektedir. Ayrıca çok çeşitli bitkilerde patojenik mikroplara karşı ortak bir direnç mekanizması gibi görünmektedir. Bu değişikliklerin çoğu, aşırı duyarlı tepki (HR) olarak bilinen bir veya birkaç istilacı bitki hücresinin ölümüyle sonuçlanan hızlı bir apoptotik yanıtla bağlıdır. Çoğu bitki ailesi organik fitoaleksinleri üretmektedir; bu gruplar genellikle bir aileyle, örneğin *Solanaceae*'nin seskiterpenoidleri, *Leguminosae* izoflavonoidleri ile ilişkilendirilirken, *Brassica*'dan fitoaleksinler bir indol veya ilgili halka grubuyla ilişkilendirilir ve ortak yapısal özellikleri bir S (kükürt) atomuna sahip olmalarıdır. *Cruciferae*, S metabolitlerini üreten diğer iyi bilinen GSL (glukosinolat)'den açıkça farklı olan tek bitki ailesi gibi görünmektedir. Son derece değerli olan turpgiller familyasına ait olan bitkiler dünya çapında yetiştirilmektedir ve son yıllarda çeşitli araştırma grupları, biyolojik fitoaleksinleri ve biyolojik aktivitelerini araştırmışlardır. Tipik olarak, *Vicia fava*'da dokuz wyeron (Furano-asetilenik türevler) formu ve *Phaseolus vulgaris*'te çeşitli phaseollin formları, orkide yumrularında orchinol, kırmızı yoncada trifolirhizin gibi çeşitli ilişkili türevleri içeren birçok yanıt vardır. Defensinler, tiyoninler ve lektinler, mikrobiyal saldırı ve benzeri durumlardan sonra sentezlenen ve S metabolitleri bakımından zengin, depolanmayan bitki proteinleridir. Çok çeşitli mantarların büyümesini engellemektedirler. Defensinler kısmen patojenle indüklenebilmektedir ve dirençle ilgili olanları yapısal olarak ifade edilmektedir. Lektinler ise bazı bitki türlerinde karbonhidratlara veya protein içeren karbonhidratlara bağlanan savunma proteinleri olarak üretilmektedir (Han ve ark., 2001).

## 6. Azot İçeren Sekonder Metabolitler

Azot içeren sekonder metabolitler alkaloidleri, siyanogenik glikozitleri ve protein olmayan amino asitleri içermektedir. Çoğu yaygın aminoasitlerden biyosentezlenmektedir. Alkaloidler, vasküler bitki türlerinin yaklaşık % 20 'sinde, en çok otsu dikotta ve nispeten az sayıda monokot ve gymnospermde bulunmaktadır. Genellikle, pirolizidin alkaloidleri (PA) dahil çoğu, bir dereceye kadar toksiktir ve öncelikle mikrobiyal enfeksiyona karşı savunmada görev almaktadır. Siyanogenik glikozitler genellikle *Graminae*, *Rosaceae*, *Leguminosae* aile üyelerinde görülmektedir ve N (azot) içeren koruyucu bir grup oluşturarak alkaloidler dışındaki bileşiklerde HCN (hidrojen siyanür) zehirini salgılamaktadır. Kendileri toksik değildirler, ancak bitki hasar gördüğünde HCN ve uçucu H<sub>2</sub>S gibi uçucu zehirli maddeleri açığa çıkarmak için kolayca parçalanmaktadır ve bunların varlığı böcekler, salyangozlar gibi diğer otçulların beslenmelerini engellemektedir. Bunlardan kinogenik glikozit olan amigdalin badem, kayısı, kiraz ve şeftali tohumlarında yaygın görülürken, dhurrin ise *Sorghum bicolor*'da görülmüştür (Pagare ve ark., 2015).

Birçok bitki, serbest formlar halinde bulunan ve koruyucu savunma maddesi olarak işlev gören protein olmayan olağandışı amino asitlerde içermektedir. Örneğin, kanavanin ve azetid-2 karboksilik asit, sırasıyla arginin ve prolinin yakın analoglarıdır. Bunlar toksisitesini çeşitli şekillerde göstermektedirler. Bazıları protein amino asidinin sentezini veya alımını bloke ederken diğerleri proteinlere yanlışlıkla dahil olabilmektedir. Protein olmayan amino asidi sentezleyen bitkiler, bu bileşiklerin toksisitesine duyarlı değildir. Ancak otçul hayvanlara, böceklerle ve patojenik mikroplara karşı savunma kazanmaktadır (Olivira ve ark.,2001).

## 7. Taşıma ve Depolama

Sekonder metabolitler suda çözünür (hidrofilik) bileşikler veya lipofilik (organik çözücülere ihtiyaç duyabilir) olabilmektedir, bu nedenle taşınmaları ve depolanmaları için farklı hücrel mekanizmalara ihtiyaç duymaktadırlar. Çoğu madde sitoplazmada, endoplazmik retikulumda veya organellerde sentezlenmektedir. Hidrofilik sekonder metabolitler genellikle sitoplazmada oluştuktan sonra vakuolde depolanırken lipofilik maddeler reçine kanallarında, latikiferlerde, glandüler killarda,

trikomlarda, tilakoid membranlarda veya kütikulada depo edilmektedir. Hidrofilik sekonder metabolitler, birçok polar sekonder metabolit için geçirimsiz olan tonoplastı geçmek zorundadır. Bazı alkaloidler ve flavonoidler için, bileşikleri vakuole pompalayan spesifik bir taşıyıcı bilinmektedir (Wink, 2009). Ototoksiteden kaçınmak için, bitkiler bu bileşikleri vakuolde saklayamazlar, ancak genellikle kütikula üzerinde, ölü reçine kanallarında veya biyomembranla kaplı geçirimsiz bir katı bariyerde bulunan hücrelerde dizilirler. Birçok durumda, biyosentez bölgeleri kökler, yapraklar veya meyveler gibi tek bir organla sınırlı iken, diğer ürünlerin birikimi birçok bitki dokusunda tespit edilebilmektedir. Bu durumlarda uzun mesafe taşımacılığı gerçekleştirilmelidir. Ksilem veya floem muhtemel taşıma yollarıdır, ancak bunlara apoplastik bir taşıma da dahil edilebilir. Depolama, bitkilere sağlanan korumaya bağlı olarak doku ve hücreye özgü de olabilmektedir. Bazı bitkilerde tanenler, alkaloidler veya glukosinolatlar içeren spesifik idioblastlar tespit edilmiştir. Çok yıllık türlerde, köklerde, rizomlarda ve kök ve gövdelerin kabuğunda yüksek miktarda sekonder metabolit bulunmaktadır. Sekonder metabolit profillerinin zamana, mekana ve gelişim aşamasına göre değiştiği iyi bilinmektedir. İlgili bitki türleri genellikle sekonder metabolitlerinin profillerinde benzerlikler gösterdiklerinden, bitki sistematüğinde taksonomik bir araç olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte, yakından ilişkili bitkilerin profilleri oldukça sık farklılık göstermektedir veya ilgisiz bitki grubu profilleri güçlü benzerlikler göstermektedir; bu açıkça sekonder metabolit modellerinin kesin olan sistematik belirteçler olmadığını, fakat yakınsak evrimin ve seçici gen ifadesinin ortak temalar olduğunu açıkça göstermektedir (Wink, 2009).

## 8. Başlıca Sekonder Metabolit Yolakları

Bitkilerde, özellikle üç yol çoğu sekonder metabolitin kaynağıdır: Şikimat yolağı, İzoprenoid yolağı ve Poliketid yolağı. Ana temel taslak oluşumundan sonra, başka değişikliklerle birlikte bitki türüne özgü bileşiklerle sonuçlanmaktadır. Şikimat yolağı aromatik bileşiklerin ana kaynağıdır (Tolonen, 2003). Mikroorganizmalarda ve bitkilerde bulunmaktadır, ancak memelilerde bulunmamaktadır, bu da herbisit ve antibiyotikler için ilginç bir hedef haline gelmektedir, çünkü bu bileşiklerin memeli sistemi üzerinde herhangi bir

etkisi olmaması beklenmektedir. Glifosat iyi bilinen bir örnektir. Koromatı aromatik amino asit yollarına kanalize eden enzimler, koromat mutaz ve antranilate sentazdır. Her iki koromat mutaz ve antranilate sentaz için birkaç bitki türünde birden fazla gen klonlanmış olmasına rağmen, sadece koromat mutaz için bir plastidial ve sitosolik bir enzim bulunmuştur. Fenilpropanoid yolu, bitkilerdeki karbon akışı açısından en önemli metabolik yollardan biridir. Bir hücrede toplam metabolizmanın % 20'sinden fazlası bu yoldan geçebilmektedir. Bu yolun önemi, diğerlerinin yanı sıra lignin, lignans, flavonoidler ve antosiyaninlere yol açmasıdır. Bu ürünlerin anahtarı, fenilalanini oksidatif olmayan bir deaminasyonla trans-sinnamik aside dönüştüren fenilalanin amonyak liyazdır (PAL). Bu enzim tüm bitkilerde bulunabilir, bazı bitkilerde tek bir enzim bulunurken, diğerleri birkaç izo-enzime sahip olabilmektedir. Bitkilerdeki diğer önemli yol, izoprenoid yolağı olarak da bilinen terpenoidlerdir. Terpenoidler, bilinen tüm sekonder metabolitlerin üçte birinden fazlasını içermektedir (Kurkin, 2003; Iriti ve Faoro, 2009).

## 9. Sekonder Metabolitlerin Fonksiyonları

Birçok sekonder bileşik, diğer hücrelerin aktivitelerini etkileyen, metabolik aktivitelerini kontrol eden ve tüm bitkinin gelişimini koordine eden sinyal fonksiyonlarına sahiptir. Çiçek renkleri gibi diğer maddeler, mantar miselinin bitki içine yayılmasını engelleyen mantar enfeksiyonlarından sonra spesifik fitoaleksinler üretmekle tozlayıcılarla iletişim kurmaya, bitkileri hayvanların veya enfeksiyonların beslenmesine karşı korumaya hizmet etmektedir (Mansfield, 2000).

Günümüzde modern tarım uygulamalarında entegre mücadele kapsamında özellikle hastalıklara ve kısmen de zararlılara karşı dayanıklı çeşit eldesi oldukça önem kazanmıştır. Çünkü birçok hastalığa karşı kimyasal ve diğer mücadele yöntemlerinin yetersiz ya da etkisiz kaldığı durumlar söz konusudur. Böyle durumlarda özellikle ekonomik önemi olan meyve-sebze türlerinde söz konusu olan ve mücadelesinde sınırlı kalınan (ör: yumuşak çekirdeklilerdeki ateş yanıklığı hastalığı) paraziter etkili (ör: bakteriyel etkiler) zararlanmalarda söz konusu etkilere dayanıklılık mekanizmasının dahil olduğu durumlar aranmaktadır. Bu anlamda dayanıklı çeşit ıslahı da önem kazanmaktadır.

Bitkilerde dayanıklılık mekanizmasının baş aktörlerinden olan en önemli iki sekonder

metabolit fitoaleksinler ve elisitörlerdir. Bitkilerin mikroorganizmalarla enfekte olması sonucu fitoaleksin adlı sekonder metabolitler sentezlenmektedir. Elisitör ise bitkilerin saldırıya uğramaya yakın olduklarını bildiren sinyaller ya da bitki hücrelerine çok az miktarlarda bile dahil olduklarında biyoaktif bileşenlerin üretimini tetikleyen maddeler olarak tanımlanmaktadır (Naik ve Al-Khayri, 2016). Bitkiye giriş yollarından dahil olan bu tür sekonder metabolitler, enfeksiyonun başladığı yerde savunma oluşturarak söz konusu etmenle savaşmakta ve zararın ilerlemesini önlemektedir. Bu mekanizmaya kısaca dayanıklılık mekanizması denmektedir.

Bitkiler tozlaşmada ve tohum dağılımında böcekleri veya diğer hayvanları çekmek için sekonder metabolitleri (uçucu yağlar, renkli flavonoidler veya tetraterpenler gibi) kullanırlar, bu durumda sekonder metabolitler sinyal bileşikleri olarak işlev görmektedir. Terpenoidlere, alkaloidlere ve flavonoidlere ait bileşikler şu anda çeşitli hastalıkları tedavi etmek veya önlemek için ilaç veya diyet takviyesi olarak kullanılmaktadır (Raskin ve ark., 2002). Özellikle bu bileşiklerin bazıları çeşitli kanser türlerini önlemede etkili gibi görünmektedir (Watson ve ark., 2001; Reddy ve ark., 2003). Bitki türlerinin % 14-28 'inin tıbbi olarak kullanıldığı ve bitkilerin etno-tıbbi kullanımını takiben farmakolojik olarak aktif bitki kaynaklı bileşenlerin % 74 'ünün keşfedildiği tahmin edilmektedir (Ncube ve ark., 2008). Bitkilerde uçucu monoterpenler veya uçucu yağların bulunması, bitkilere, özellikle otçul böcek zararlılarına ve patojenik mantarlara karşı önemli bir savunma stratejisi sağlamaktadır. Bu uçucu terpenoidler aynı zamanda bitki-bitki etkileşimlerinde hayati bir rol oynamaktadır ve tozlaşma için çekici olarak işlev görmektedir (Tholl, 2006). Sinyal molekülleri olarak işlev görmektedirler ve fonksiyonel rolleriyle evrimsel ilişkiyi tasvir etmektedirler.

## 10. Biyoteknoloji ve Sekonder Metabolitler

Sekonder metabolitler onları üreten organizmaların etkinliği için önemli olan bileşikler olarak geliştiğinden, birçoğu farmakolojik hedeflere müdahale etmektedir, bu da onları çeşitli biyoteknolojik uygulamalar için ilginç kılmaktadır. Klinik çalışmalar, *Ginkgo biloba*, *Hypericum perforatum*, *Piper methysticum*, *Chamomilla recutita*, *Crataegus monogyna*, *Silibum marianum*, *Melissa ofücinalis*, *Mentha piperita*, *Valeriana ofücinalis*'ten elde



edilen ekstraktların farmakolojik yönden etkinliğinin olduğu (Mazid ve ark., 2011) araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Uyarıcıların (kafein, nikotin, efedrin gibi), kokuların (birkaç uçucu yağ), doğal boyalar, zehirler (striknin) ve halüsinojenler (morfin, eroin, kokain, tetrahidro cannabinol) sekonder metabolite dayanmaktadır. Birçok sekonder metabolit insektisidal, fungisidal ve fitotoksik olduğundan, tarımda doğal bitki koruyucu olarak kullanılabilir. Yaklaşık 60 yıl öncesinde sentetik pestisitlerin ortaya çıkmasından önce, bitki kaynaklı böcek öldürücülerin (nikotin, rotenon, quassin, ryanodin, piretrinler ve azadirakinler dahil) ortak bir sorun olduğu bilinmektedir. Uygulamalar açık bir şekilde bu doğal böcek ilaçlarının işe yaradığını göstermiştir. Sekonder metabolitlerin bitkilerde ve toprakta kolayca bozunması ekolojik bir avantaj iken, sentetik pestisitlerin daha dirençli ve kalıcı olması dezavantajdır. Dahası, modern pestisitler genellikle biyopestisitlerden daha etkilidir. Öte yandan, bitkilerin yetiştirilmesi kolaydır ve biyopestisitler, batı sentetik pestisitlerine erişimi olmayan ülkelerdeki çiftçiler için sürdürülebilir bir bitki koruyucu kaynağı olabilmektedir. Ne yazık ki, mevzuat böcek ilacı olarak kullanılacak bileşik karışımlarını desteklememektedir; bu nedenle, biyorasyonel pestisitlerin gelişimi birçok engelle karşı karşıyadır. Bununla birlikte, doğal bileşikler az keşfedilmiş bir alternatif sunmaktadır. Bu çeşitli uygulamaların bir sonucu olarak, yıllık 10 milyar ABD Doları'nı aşan bitki özleri ve izole sekonder metabolitler için bir dünya pazarı bulunmaktadır. Bu nedenle, biyoteknologların bu bileşikler yeterli miktarda ve kalitede üretmenin yollarını bulması zor bir iştir. Bu bağlamda, hücre ve organ kültürü in vitro çoğaltma için önemli tekniklerdir. Örneğin; genetik mühendisliği teknikleri kullanılarak *Atropa belladonna* bitkileri L-hyoscyamine'yi L-scopolamine dönüştüren enzimleri kodlayan genle dönüştürüldüğünde ana ürün olarak skopolamin üreten yeni bitkiler üretilmiştir. Daha sıklıkla, flavonoid metabolizması genetik olarak değiştirilmiştir ve farklı renkleri olan bitkiler üretilmiştir. Biyosentetik yolların genlerini izole etmek ve bunları transgenik bitkilerde veya bakterilerde ifade etmek gelecekteki araştırmalar için bir zorluktur. Dolayısıyla, bu alanda ek araştırmalara ihtiyaç vardır.

## 11. Sonuç

Bu derleme, sekonder metabolit seçimi, savunma mekanizmaları ve ekolojik

adaptasyondaki potansiyel rolleri üzerine değinmektedir. Bitki sekonder metabolizması, bitkilerin büyümesine ve gelişmesine yardımcı olan ancak bitkinin hayatta kalması için gerekli olmayan ürünler üretmektedir. Sekonder metabolitlerin bitkilerde önemli ekolojik işlevleri vardır: Bitkileri otoburlar tarafından yenilmeye ve mikrobiyal patojenler tarafından enfekte edilmeye karşı korumaktadırlar. Tozlayıcılar ve tohum dağıtıcı hayvanlar için çekici (koku, renk, tat) kılmaktadır. Bitki-bitki rekabeti ve bitki-mikrop simbiyozlarının ajanları olarak işlev görmektedirler. Bitkilerin rekabet etme ve hayatta kalma yetenekleri bu nedenle sekonder metabolitlerinin ekolojik işlevlerinden derinden etkilenmektedir. Biyoteknolojik yaklaşımlar ayrıca genetik mühendisliği süreci ile sekonder metabolitlerin üretiminde de yer almaktadır. Bitki doku kültürü de bunun için önemli bir rol oynamaktadır.

## Kaynaklar

- Ali, S.T., Mahmooduzzafar-Abdin, M.Z., Iqbal, M., 2008. Ontogenetic changes in Folier features and psoralen content of *Psoralea corylifolia* Linn. Exposed to SO<sub>2</sub> stress. *Journal Environmental Biology*, 29(5): 661-668.
- Berli, F.J., Moreno, D., Piccolo, P., Hespagnol-Viana, L., Silva, M.F., BressanSmith, R., Cavarnaro, J.B., Bottini, R., 2010. Abscisic acid is involved in the response of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Malbec leaf tissues to ultraviolet-B radiation by enhancing ultraviolet-absorbing compounds, antioxidant enzymes and membrane sterols. *Plant, cell and environment*, 33(1): 1-10.
- Brooker, N., Windorski, J., Blumi, E., 2008. Halogenated coumarins derivatives as novel seed protectants. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 73(2): 81-89.
- Croteau, R., Kutchan, T.M., Lewis, N.G., 2000. Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and molecular biology of plants*, 24: 1250-1319.
- Grubb, C., Abel, S., 2006. Glucosinolate metabolism and its control. *Trends Plant Science*, 11: 89-100.
- Halkier, B.A., Gershenzon, J., 2006. Biology and biochemistry of glucosinolates. *Annual Review of Plant Biology*, 57: 303-333.
- Han, Y. S., Heijden V., Verpoorte R., 2001. Biosynthesis of antraquinones in cell cultures of the Rubiaceae. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 67: 201-220.
- Iriti, M., Faoro, F., 2009. Bioactivity of grape chemicals for human health. *Nat Prod Commun*, 4: 611-634.

- Kang, S.Y., Kim, Y.C., 2007. Decursinol and decursin protect primary cultured rat cortical cells from glutamate-induced neurotoxicity. *Journal Pharmacy Pharmacology*, 59(6): 863-870.
- Kurkin, V. A., 2003. Phenylpropanoids from medicinal plants: Distribution, classification, structural analysis and biological activity. *Chem. Nat. Compd*, 3: 123-153.
- Lake, J.A., Field, K.J., Davey, M.P., Beerling, D.J., Lomax, B.H., 2009. Metabolomic and physiological responses reveal multiphasic acclimation of *Arabidopsis thaliana* to chronic UV radiation. *Plant cell Environmental*, 32(10): 1377-1389.
- Mansfield, J.W., 2000. Antimicrobial compounds and resistances. The role of phytoalexins and phytoanticipins. In: slusarenko A.J., fraser R.S.S., vanloon L.C. and fraser R.S.(eds).
- Olivira, A.J.B., Koike, L., Reis, F.A.M., Shepherd, S.L.K., 2001. Callus culture of *Aspidosperma ramiflorum* Muell.-Arg.: growth and alkaloid production. *Acta Scientia*. 23:609-612
- Posmyk, M.M., Kontek, R., Janas, K.M., 2009. Antioxidant enzymes activity and phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 72(2): 596-602.
- Raskin, I., Ribnicky, D.M., Komarnytsky, S., Ilic, N., Poulev, A., Borisjuk, N., Brinker, A., Moreno, D.A., Yakoby, R.N., 2002. Plant and human health in the twenty-first century. *Trends Biotechnology*, 20:522-531.
- Reddy, L., Odhav, B., Bhoola, K.D., 2003. Natural product for cancer prevention: global perspective. *Pharmacology and therapeutics*, 99: 1-13.
- Saito, K., 2004. Sulfur assimilatory metabolism. The long and smelling road. *Plant Physiology*, 136: 2443-2450.
- Saviranta, N.M., Julkunen-Tiitto, R., Oksanen, E., Karjalainen, R.O., 2001. Leaf phenolic compounds in red clover (*Trifolium pratense* L.) induced by exposure to moderately elevated ozone. *Environmental Pollution*, 158(2):440-446.
- Sreevidya, V.S., Srinivasa, R.C., Rao, C., Sullia, S.B., Ladha, J.K., Reddy, P.M., 2006. Metabolic engineering of rice with soyabean isoflavone synthase for promoting nodulation gene Mechanism of resisyance to plant diseases. Springer-verlag New York., 325-363.
- Mazid, M., Khan, T.A., Mohammad, F., 2011. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. *Biology and medicine*, 3(2): 232-249.
- Naik, P. M., Al-Khayri, J. M., 2016. Abiotic and biotic elicitors–role in secondary metabolites production through in vitro culture of medicinal plants. *Abiotic and biotic stress in plants-recent advances and future perspectives*, 247-277.
- Ncube, N.S., Afolayan, A.J., Okoh, A.I., 2008. Assessment techniques of antimicrobial properties of natural compounds of plant origin: current methods and future trends. *African Journal Biotechnology*, 7 (12): 1797-1806.
- Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N., Bansal, Y.K., 2015. Secondary metabolites of plants and their role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9(3): 293-304.
- expression in rhizobia. *Journal Experimental Botany*, 57(9): 1957-1969.
- Tholl, D., 2006. Terpene Synthases and the regulation, diversity and biological roles of terpene metabolism. *Current Opinion Plant Biology*, 9: 297-304.
- Tolonen, A., 2003. Analysis of Secondary Metabolites in Plant and Cell Culture Tissue of *Hypericum perforatum* L. and *Rhodiola rosea* L. Qulu Üniversitesi, Doktora Tezi.
- Ünay, A., 2004. Ürün Fizyolojisi Ders Notları. Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Verpoorte, R., Alfermann, A.W., 2013. *Metabolic engineering of plant secondary metabolism*. Springer Science and Business Media.
- Watson, A.A., Fleet, G.W.J., Asano, N., Molyneux, R.J., Nash, R.J., 2001. Polyhydroxy latedalkaloid natural occurrence and therapeutic applications. *Phytochemistry*, 56: 265-295.
- Wink, M., 2009. Chapter 1 Introduction. *Annual Plant Reviews*, 39: 1-20.
- Winkel-Shirley, B., 2001. Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. *Plant physiology*, 126(2): 485-493.
- Wuyts, N., De Waele, D., Swennen, R., 2006. Extraction and partial characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa acuminata* Grande naine) roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(5-6):308-314.