

ZİRAAT VE ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ

ALANINDA ULUSLARARASI
ARAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRMELER

CİLT -1

EDİTÖR

PROF. DR. KORAY ÖZRENK

ARALIK
2023

SERÜVEN
YAYINEVİ



Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2023

ISBN • 978-625-6760-55-4

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

ZİRAAT VE ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ

Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler

Cilt 1

Aralık 2023

Editör

PROF. DR. KORAY ÖZRENK

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

RUMİNANT BESLEMEDE KULLANILAN ALTERNATİF KABA YEM KAYNAKLARI

Yaşar Deray SAYGI 1

Bölüm 2

YAPRAKTAN GÜBRELEME

İbrahim ERDAL, Zeliha KÜÇÜKYUMUK..... 15

Bölüm 3

ERKEK ARI LARVASI (APİLARNİL) VE KULLANIM ALANLARI

Hasan KESİMOĞLU, Kenan KÖPRÜCÜ 37

Bölüm 4

SABİT SERMAYE YATIRIMLARININ GENEL VE KIRSAL İSTİHDAM YÖNÜNDEN İNCELENMESİ: YOZGAT İLİ ÖRNEĞİ

Nizamettin ERBAŞ 59

Bölüm 5

MALUS FLORİBUNDA ÇELİKLERİNİN KÖKLENDİRİLMESİNDE OKSİN UYGULAMALARI VE KÖKLENDİRME ORTAMI SICAKLIĞININ ROLÜ

Deniz GÜNEY 71

Bölüm 6

**YILLIK BİTKİLERDEN KAĞIT ÜRETİMİNİN TARİHİ
SÜRECİ VE BUGÜNKÜ YERİ**

Ayhan GENÇER 87

Bölüm 7

**ISPARTA İLİ KABAKGİL ÜRETİM ALANLARINDA
KABAK MOZAYİK VİRÜSÜ (SQUASH MOSAIC
VIRUS: SQMV)'NÜN BELİRLENMESİ**

Handan ÇULAL KILIÇ, Berhan BAŞAR

Ece ERKOL 105

Bölüm 8

**BİTKİ KORUMA UYGULAMALARINDA
SÜRDÜRÜLEBİLİR YAKLAŞIMLAR**

Şaban KARAAAT 117

Bölüm 9

**LİGNİN; SINIFLANRILMASI VE MOLEKÜL
AĞIRLIĞI**

Sezgin Koray GÜLSOY, Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ 131

Bölüm 10

**FENOLİK BİLEŞİKLER VE BİYOLOJİK AKTİVİTE
ÖZELLİKLERİ**

Şeyma ÖZLÜSOYLU, Avni YILDIZBAŞ

Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ 155

Bölüm 11

**ELMADA BUDAMANIN ÖNEMİ VE YAPILAN
ÇALIŞMALAR**

Ferit ÇELİK, Erdal AĞLAR, Ömer ÖZTAŞ 171

Bölüm 12

**TOPRAK İŞLEME SİSTEMLERİ VE MISIR
BİTKİSİNDE DOĞRUDAN ANIZA EKİM YÖNTEMİ**

Abdullah ÖKTEM, Ayşe Gülgün ÖKTEM 185

Bölüm 13

HAYVAN BARINAKLARINDA BİYOFİLTRELER

Can Burak ŞİŞMAN 203

Murat ÖZOCAK 203

Bölüm 14

**BALIK PARAZİTLERİNDE KULLANILAN BAZI
MOLEKÜLER TEKNİKLER**

Sibel DOĞAN, Sibel KÖPRÜCÜ 223



Bölüm 1

RUMİNANT BESLEMEDE KULLANILAN ALTERNATİF KABA YEM KAYNAKLARI

Yaşar Deray SAYGI¹

¹ Öğr. Gör. Dr., Kayseri Üniversitesi Safiye Çıkrıkçıoğlu MYO Bahçe Tarımı Bölümü deraysaygi@kayseri.edu.tr

1.GİRİŞ

Ülkemiz ve gelişmekte olan ülkelerin birçoğunda, hayvancılığın iyileştirilmesinde, kuraklık, iklim değişiklikleri gibi çeşitli ekolojik problemler, yem maliyetlerinin yüksekliği gibi sıkıntılarla karşılaşmaktadır (Kiran, vd. 2012; Basir ve Toghyani, 2017). Bu sıkıntıların en önemlisi yem maliyetleridir. Ülkemiz hayvancılığının geliştirilmesinde çözülmesi gereken en önemli problem, hayvanlarımızın ihtiyacını karşılayacak yeterlilikte, kaliteli ve uygun maliyetli kaba yem ihtiyacının düzenli olarak karşılanamamasıdır (Ayan, vd.,2006, Kara ve Yüksel, 2014). Hayvanların hızlı bir şekilde gelişmeleri ve sağlıklı olmaları ekonomik açıdan önemli olup, bu sindirim sistemlerinin gelişimi ile yakından ilişkilidir. İşte bu noktada kaba yemlerin önemi oldukça büyüktür.

Hayvan yetiştiriciliğinde, kaba yemler olmazsa olmaz yem kaynaklarıdır. Çayır-meralar, yem bitkisi ekim alanları ve çeşitli endüstri yan ürünlerinden elde edilen alternatif yemler ülkemizin en önemli kaba yem kaynaklarını oluşturmaktadır. Düzensiz otlatma alışkanlıkları, mera amenajmanının planlı bir şekilde yapılamaması, tarım alanlarının mevsimi ve amacı dışında kullanılması ve teknolojinin ilerlemesine bağlı olarak tarımda makine kullanımının artması sonucu çok ciddi kaliteli kaba yem açığı oluşmuş durumdadır (Ayan, vd.,2006, Kara ve Yüksel, 2014). Bilhassa, iklimin kurak geçtiği zamanlarda, kaba yem üretiminiz daha da azalmış ve ülkemiz kaba yem ithalatı yapmak durumunda kalmıştır. Çayır ve meralarımız uzun süren yanlış otlatma ve mera amenajmanı yetersizliği nedeniyle giderek azalmıştır.

Kaba yemlerin rumen fizyolojisine oldukça uygun, kaliteli ve ucuz bir yem kaynağı olması, kaba yeme göre daha pahalı olan kesif yemlere olan ihtiyacı azaltmaktadır (Alçiçek , vd., 2003, Ergül, 1997, Lemus, 2009). İşletmedeki harcamaların % 60-70'lik gibi önemli bir bölümünü yem giderlerinin oluşturması nedeniyle, bu konuda yapılacak her türlü iyileştirme, alınacak her türlü aksiyon işletme ekonomisine katkıda bulunacaktır (Ergül, 1997, Ergün, vd., 2011, Keser ve Bilal, 2010, Moorby, vd., 2006).

Hayvanların yüksek miktarlarda kesif yemle beslenmeleri, süt ve et gibi hayvansal kaynaklı ürünlerin maliyetini arttırmakta ve asidoz başta olmak üzere çeşitli metabolik hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, rasyonda kaliteli kaba yem yerine yüksek oranda kesif yem kullanılması durumunda, kesif yemler, hayvanların besleme fizyolojilerine uygun olmadığından et ve süt verimi düşmekte, büyüme kızı yavaşlamaktadır (Alçiçek, vd., 2003).

Dolayısıyla, hayvanlarımızın sağlığını korumak, verimi arttırmak ve yaptığımız işten kâr sağlamak amacıyla dikkat etmemiz gereken en önemli konu yem maliyetleridir. Yem maliyetlerini düşürmek için, ülkemizde kaba yeme alternatif olacak fazla miktarda kaba yem türü olmasına rağmen yararlanılan kaba yemler kısıtlı seviyededir. Oysa ki, ülkemiz ekolojik koşulları, hayvan-

cılığı gelişmiş ülkelerde yetiştirilen diğer kaba yem kaynaklarını yetiştirmeye oldukça uygundur (Garipoğlu, 2013, Kara ve Yüksel, 2014) Ülkemizde ana kaba yem kaynağı olarak çoğunlukla; baklagil-buğdaygil yem bitkileri, çayır-meralar, tahılların sap ve samanları yetiştirilmektedir. Yapılan çeşitli araştırmalar neticesinde, bu kaynakların yem girdi maliyetlerini azaltarak, işletme ekonomisine katkı sağladığı yönündeki tespitler, hayvanların beslenmesinde alternatif yem kaynakları kullanımının önemini bir kez daha vurgulamaktadır (Bampidis ve Robinson, 2006).

Geçmişten günümüze hayvancılıkta kaliteli, ucuz ve yeterli miktarda kaba yem üretimi sağlamak amacıyla çayır ve meralarımızı korumaya, iyileştirmeye ve yem bitkileri üretimimizi artırma amacıyla değişik çözümler önerileri ortaya konmuş, ancak olumlu sonuçlar alınamamıştır. Bu medenlerle, hayvan beslemede çeşitli alternatif kaba yem kaynakları kullanılmasının çözüm olacağı düşünülmektedir.

Nitekim bugüne kadar, şeker pancarı yaprakları, çeşitli posalar, bazı meyve ve sebze artıkları gibi alternatif kaba yem kaynakları ve bunların hayvan beslemede kullanılabilirlik durumları açıklanmıştır (Sarıçiçek, vd., 1997, Alçiçek, vd., 2000, Wadhwa, vd., 2006, Ozkul, vd., 2011, Bakshi, vd., 2012,).

Bu derlemede, hayvan pancarı, karamba, karabuğday, ve trinova bitkisi, endüstriyel yan atık olan çeşitli posa türleri, zeytin sanayi yan ürünü olan zeytin yaprakları ve zeytin küspesi (Prina) gibi alternatif yem kaynakları üzerinde durulmuştur.

1.1 Hayvan Pancarı (*Beta Vulgaris L.*)

Hayvan pancarı, hayvanlar tarafından iştahla tüketilen, su içeriği yüksek, besi ve bilhassa süt hayvanlarının beslenmesinde önemli bir kaba yem kaynağıdır. Ülkemizde uzun yıllardan beri üretimi yapılmaktadır (Karadağ, vd., 2014). Kök gövdelerinin büyük oranda toprak üstünde olması ve daha düşük şeker içeriğine sahip olması ile (KM'sinin % 50-80'ini şeker oluşturur) şeker pancarından ayrılmaktadır (Ergün, vd., 2011). Kuru madde içeriği % 8-12, protein ve selüloz içerikleri ise yaklaşık % 1 civarındadır. Verimi oldukça yüksek bir yem bitkisidir. Tarımı uygun şekilde yapıldığında 10-12 ton/da yumru alınabilmektedir. Hayvan pancarı tarımına en elverişli topraklar hafif ve orta bünyeli topraklardır. Hayvan pancarı için en uygun ekim zamanı mart-nisan aylarıdır.

En uygun hasat zamanı, yapraklarının kuruyup kıvrılarak aşağıya doğru sarktığı dönemdir. Dolayısıyla, sonbaharda yapraklar sararmaya başladığında, soğuklar tam anlamıyla başlamadan önce hasadı yapılabilir. Hasat zamanı yaprakları atılmamalı hayvanlara yedirilmelidir. Hasadı takiben bir süre bekletildikten sonra hayvana yedirilmesi önerilmektedir (Gemalmaz ve Tanay, 2016).

Hayvan pancarı, lezzetli olması nedeniyle hayvanlar tarafından sevilerek tüketilir. Protein içeriğinin düşük olmasına rağmen, enerji içeriği diğer yem bitkilerine kıyasla daha yüksektir. Bunun yanı sıra, yüksek su (% 87) ve şeker düzeyi (% 70) nedeniyle laksatif etkiye sahip olup, bilhassa süt inekleri için oldukça elverişli alternatif yem kaynaklarından birisidir. Besi hayvanlarının beslenmesinde doğranarak kullanılabilirdiği gibi, saman ve doğranmış otlarla karıştırılarak da kullanılabilir. Bunların yanı sıra silaj yapımında da kullanılmaktadır (Parlak ve Ekiz, 2008). Gerek süt gerek de besi hayvanları için uygun bir yem bitkisi olan hayvan pancarının hayvanlara günlük olarak verilmesi gereken düzeyi (yaş olarak) 30 kg'ı aşmamalıdır. Aksi halde, süt yağ içeriğinde düşmeye ve tereyağı kıvamında bozulmaya sebep olmaktadır. Besi koyunlarına 3-4 kg, diğerlerine ise 1-2 kg kadar verilmesi önerilmektedir (Ergün, 2011, Garipoğlu, 2013).

Hayvan pancarının gereğinden fazla tüketilmesi, sindirim sistemi bozukluklarına, yavru atma gibi döl verimi bozukluklarına, verimde ve sütün yağ oranında azalmaya neden olmaktadır. Bu nedenlerle hayvan pancarının belirtilen sınırlar dahilinde kullanılması oldukça önem arz etmektedir (Gemalmaz ve Tanay, 2016).

1.2 Patates Posası

Türkiye'de patates yetiştiriciliği yıllardır başarılı bir şekilde yapılmaktadır. Birim alandan alınan verimin yüksek olması ve değişik iklim şartlarında yetiştirilebilmesi gibi avantajları sebebiyle çoğu bölgede üretimi yapılabilmektedir. Patates posası, patatesten nişastanın çeşitli metotlarla çıkarılmasını takiben geriye kalan atık kısmıdır (Nicholson, vd., 1963). Hayvan beslemede kullanılması ile özellikle ruminant hayvanlar için alternatif yem kaynağı sağlamanın yanında, çevre kirliliğinin de önüne geçilmektedir. Çünkü, patates posasının atık olarak işletmeden atılması, hem çevre kirliliğine neden olmakta hem de ek bir maliyet doğurmaktadır (Wang, vd., 2010). Çevre kirliliğini önlemenin ve bu maliyetten kurtulmanın en iyi yolu patates posasını hayvan yemi şeklinde değerlendirmektir.

Patates posasının besin maddesi içerikleri, üretim sezonu ve şekline bağlı olarak değişmektedir. Patates posasının kuru madde içeriği %9.5–23.5, protein içerikleri kuru madde bazında %4-27, nişasta içerikleri % 3–55, yağ içerikleri ise % 3–7 arasında değişmektedir. (Okine, vd., 2005; Aibibula, vd., 2007; Nelson, 2010). Besin maddesi içeriğindeki bu farklılıklar sebebiyle, patates posası, rasyona ilave edilmeden önce kesinlikle besin madde içeriği yönünden irdelenerek hayvanlara verilmelidir. Patates posasının bilinçsiz kullanımı, düzensiz beslenmeye sebep olabilmektedir.

Taze patates posası su içeriğinin yüksek olması (ortalama 830g/kg KM) nedeniyle, ruminant hayvanlarda uzun süre kullanılamamaktadır. Bu nedenle, patates posasının kurutularak veya silajı yapılarak kullanımı muhafaza süre-

sini olumlu yönde etkilemektedir (Okine, vd., 2005). Patates posasının, NDF (Asit Deterjan Fiber-selüloz, hemiselüloz ve lignin) –ADF (Nötral Deterjan Fiber-selüloz, hemiselüloz) içeriğinin düşük olması ve yüksek pektin içeriği nedeniyle herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan silajı yapılabilir. Patates posası silajının ruminant beslemede alternatif bir kaba yem kaynağı olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir (Jones, vd., 1990). Patates posasının kuru madde ve NDF düzeyinin düşük olması nedeniyle fiğ-yulaf samanı benzeri kaba yemlerle karıştırılarak silajının yapılması konusuna dikkat edilmiştir.

1.3 Domates Posası

Domates posası, ülkemizde ağustos ve eylül aylarında taze olarak elde edilen, salça işleme sırasında açığa çıkan endüstriyel bir yan üründür. Özellikle, küçük aile işletmelerinde sıklıkla kullanılan domates posası sonbahar başlangıcında ruminant hayvanlar için kaba yem kaynağı olarak kullanılmaktadır (Denek ve Can, 2006). Domates posası gibi çeşitli posaların hayvan beslemede kaba yem kaynağı olarak kullanımı ile gerek çevre kirliliğinin önüne geçilmesi, gerek de artan yem maliyetlerinin düşürülmesi, işletme ekonomisine katkı sağlanacaktır (Huber, 1981; Ebeid, vd., 2015).

Domates posasının ham protein içeriği % 19-22, ham yağ içeriği % 11-13 ve ADL (Asit deterjan lignin) içeriği ise % 7-13 arasında değişmektedir (NRC, 1989; Bakshi, vd., 2012). Domates posası, selüloz, protein, yağ ve mineral maddece zengin olduğundan hayvan beslemede alternatif yem kaynağı olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir (Knoblich, 2005). Koyunlarla yapılan bir başka çalışmada, sadece kuru ot ve tamamının kurutulmuş domates posasından oluşan konsantre yemin hayvanların besin maddesi ihtiyaçlarını karşıladığı beyan edilmiştir (Gebeyew, vd., 2015). Diğer posalarda olduğu gibi, domates posası da, yüksek nem içeriği (%75) nedeniyle, açık ortamlarda uzun süreli muhafaza edilememektedir. Bu nedenle, domates posası silajı yapılarak veya kurutulularak kullanılabilir. Ancak, domates posasının kurutulularak değerlendirilmesi, kurutma işleminin ekonomik olmadığı öngörülerek çok fazla önerilmemektedir (Weiss, vd., 1997). Bununla birlikte, silolanma sırasındaki su drenajının neden olduğu besin maddesi kayıplarını önlemek ve silaj kalitesini arttırmak amacıyla, yonca gibi kuru madde içeriği yüksek yemlerle birlikte silolanması önerilmektedir (Denek ve Can, 2006).

Domates posası herhangi bir katkı maddesi ilave edilmeden silolanabilir. Ancak, silolama esnasında fazla su drenajı sebebiyle oluşabilecek besin maddesi kayıplarını engellemek ve silaj fermantasyon kalitesini arttırmak amacıyla kuru madde içeriği yüksek yem kaynaklarının ilave edilmesi gerekmektedir (Denek ve Can, 2006). Yaş, kuru veya silaj şeklinde değerlendirilen domates posasının rasyon kaba yem içeriğinin %50'sine kadar kullanılabilirliği bildirilmiştir (Caluya, vd., 2003).

1.4 Elma Posası

Gerek hayvan besleme ile ilgili sorunları aşma konusunda, gerek de çevre kirliliğinin önlenmesi bakımından tarımsal yan ürünlerin hayvan beslemede kullanımı oldukça önemlidir. Bunlardan biri de elma posasıdır (Abdollahzadeh, vd., 2010, Toyokawa, vd., 1997). Elma posası, elmanın meyve suyu üretiminde kullanıldıktan sonra geriye kalan yan üründür. Elma posaları önemli bir pektin kaynağı olmalarının yanı sıra son zamanlarda hayvan beslemede alternatif yem bitkisi olarak da kullanılmaya başlamıştır. Elma posasının hayvan rasyonlarında kullanımı ile ilgili yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır.

Süt sığırı rasyonlarında kullanılan ve endüstriyel bir yan ürün olan posa, taze ve kuru olarak tüketilebileceği gibi silaj şeklinde de değerlendirilebilmektedir. Su içeriğinin fazla olması nedeniyle, elma posası silajının bozulmasının engellenmesi ve dolayısıyla kullanım ömrünün uzatılabilmesi için, saman, buğday kırmacı ve kuru otlarla birlikte silajının yapılması tavsiye edilmektedir (Garipoğlu, 2013, Hadjipanayiotou, 1994). Elma posası, sığırlara ve atlara günde 8-10 kg, koyun ve keçilere ise yaklaşık 1 kg'a kadar verilebilmektedir. Kuru elma posası ise sığırlara 1 kg/gün düzeyinde verilebilmektedir.

Elma posasının protein ve mineral madde içeriği düşük, azotsuz öz madde içeriği ise yüksektir. Azotsuz öz maddenin önemli bir bölümü hemiselüloz ve pektinden oluşmaktadır. Elma posasının amonyak ile muamele edilmesi besin maddesi içeriğini iyileştirmektedir. Yapılan bir çalışmada, üre ilave edilen elma posası silajının protein içeriğinin, kurutulmuş elma posasının protein içeriğine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Garipoğlu, 2013, Pirmohammadi, 2006). Ayrıca, karbonhidrat bakımından fakir yem bitkilerinin silolanması sırasında, elma posası ilave edilerek karbonhidrat içeriklerinin iyileştirilmesi sağlanmaktadır (Pirmohammadi, 2006).

1.5 Karamba Bitkisi (İtalyan çimi, *Lolium multiflorum* cv. *Caramba*)

İtalyan çimi (*Lolium Multiflorum*) ılıman iklim bitkisi olduğundan, ülkemizin çoğu bölgesinde kolaylıkla yetiştirilmektedir. Tek yıllık buğdaygil yem bitkilerinden olan karamba, özellikle protein, mineral madde ve suda çözünebilir karbonhidrat içeriğinin yüksek olması ve hasat dönemine kadar bitki gövdesinin çabuk kartlaşmaması sebebiyle, kaba yem problemine alternatif bir çözüm olarak düşünülmektedir. Yaş, kuru veya silajı yapılarak da kolaylıkla değerlendirilebilmektedir (Lemus, 2009).

Enerji içeriği ve sindirilebilirliği yüksek olan karamba otu, hayvanların ihtiyacı olan besin maddelerini kolaylıkla karşılayabilmektedir. Kuru madde içeriğinin yüksek olması, tüylerde parlaklık sağlamak ve canlı ağırlık artışı sağlayarak besi performansını iyileştirmektedir (Özkul, vd., 2012). Rasyonda, italyan çimi ve yoncanın beraber kullanılması, performansı, verimi ve karkas kalitesini iyileştirmektedir (Lemus, 2009).

İtalyan çimi silajının süt verimini ve günlük canlı ağırlık artışını olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir. İtalyan çimi lezzetli olması nedeniyle hayvanlar tarafından istekle tüketilebilmektedir. Örneğin; ergin bir inek günlük 100-150 kg italyan çimini rahatlıkla tüketebilmektedir. “Süt otu” olarak verimi arttırıcı özelliği sayesinde laktasyondaki ineklerin beslenmesinde kullanımını son derece elverişlidir (Tıknazoğlu, 2006)

Yapılan çeşitli araştırmalarda, italyan çimi silajının, süt ineklerinde süt verimini, besi sığırlarında besi kalitesini arttırdığı (Keys, vd., 1984, Cooke, vd., 2008), azot kullanımını ve yemleme maliyetini düşürdüğü (Dhiman ve Satter, 1997) tespit edilmiştir. Mısır silajı ve italyan çimi silajıyla beslenen hayvanlarda yapılan çalışmada, italyan çimi silajıyla beslenen süt ineklerinin kuru madde tüketimleri ve süt verimlerinin mısır silajıyla beslenen ineklerle benzer olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, italyan çimi silajı, yüksek süt verimli hayvanlarda enerji ihtiyacını tam olarak karşılayamadığından, rasyonda italyan çimi-mısır silajı karışımının birlikte kullanılması tavsiye edilmektedir. Böylelikle rumen mikrobiyal protein sentezi ile süt veriminin artacağı bildirilmiştir (Mc Cormick, vd., 1990).

Ülkemiz ekolojik ve coğrafi koşullarına adaptasyon kabiliyeti de göz önüne alındığında, besin madde içeriği ve sindirilebilirliği yüksek olan italyan çimi yem bitkisinin, ruminant beslemede kullanımının yaygınlaştırılmasının kaba yem sorunumuza çözüm olabileceği söylenebilmektedir.

1.6 Karabuğday Bitkisi

Polygonaceae familyasından olan karabuğday bitkisi büyüme hızı yüksek (vejetasyon süresi 7-10 hafta), geniş yapraklı, tek yıllık tahıla benzer bir bitkidir. Karabuğday ülkemizde fazla miktarda yetiştirilmeyen, yetiştirme teknikleri konusunda üzerinde çalışılan bir bitkidir. Vejetasyon süresinin kısa olması ve yüksek ot verimi dolayısıyla ülkemizde yem bitkisi sorunun çözümünde hayvan yemi olarak kullanımının yaygınlaştırılması önerilmektedir. Karabuğday bitkisinin taze ve kuru ot verimi, hayvan beslemede kullanılan birçok yem bitkisi bitkisi ile yarışabilir düzeydedir.

Karabuğday bitkisi yeşil, kuru ot şeklinde veya silolanarak hayvan beslemede kullanılabilir. Karabuğday bitkisinin yem değeri üzerine yapılan çalışmalarda, karabuğday silajı ile mısır silajının benzer kalitede olduğu, selüloz içeriği ve sindirilebilirlik düzeyi açısından iyi kalitede bir yonca otuna yakın olduğu sonucuna varılmıştır (Björkman ve Shail, 2013, Kara ve Yüksel, 2014).

Karabuğday yem bitkisi, glutensiz taneye sahip olması nedeniyle çölyak hastalığının tedavisinde kullanılması bakımından tıbbi bitki özelliğindedir. Aynı zamanda, iyi bir ara ürün ve münavebe bitkisi olması, sıcak seven bir bitki olmasına rağmen karasal iklim bölgelerinin de yaz aylarında kolaylıkla

yetiştirilebilir olması gibi nedenlerle ülkemiz kaba yem sorununun çözümünde kullanılması gereken alternatif yem bitkileri arasındadır (Kara ve Yüksel, 2014).

1.7 Trinova Bitkisi (İngiliz çimi, *Lolium perenne L.*)

Trinova bitkisi, ruminantlar hayvanların beslenmesinde kullanılmaya potansiyeli yüksek tek yıllık buğdaygil yem bitkisidir. Her çeşit toprağa, ekim, kasım gibi sonbahar aylarında ekimi yapılabilir. Sindirilebilirliği yüksek olan trinova bitkisi, % 14 gibi yüksek protein içeriğine sahiptir. Suda çözünebilir karbonhidrat içeriğinin yüksek olması nedeniyle, hayvanlarda süt verimini arttırıcı özelliğe sahiptir. Bu nedenle 'süt otu' olarak da isimlendirilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda, trinovanın, özellikle laktasyonun son döneminde süt verimini attırdığı, erken laktasyon döneminde ise sütün protein içeriğini iyileştirdiği bildirilmiştir (Miller, vd., 2001, Moorby, vd., 2006).

Dayanıklı yapısının yanında, yüksek bitki boyuna sahip bir bitkidir. Küf, mantar ve solgunluğa dayanıklı olması nedeniyle silaj kalitesi oldukça yüksektir. Su içeriğinin yüksek olması nedeniyle silolanarak veya otlatılarak tüketilmesi tavsiye edilmektedir (Miller, vd., 2001).

1.8 Zeytin Yaprakları ve Zeytin Küspesi (Prina)

Anayurdu Akdeniz ve Ege bölgeleri olan zeytin, binlerce yıldır kültürü yapılan önemli bir tarım ürünüdür (Özcan, 2020, Gökçay ve Uysal, 2022). Zeytinden zeytinyağı elde edilene kadar geçen sürede atık ürün olarak elde edilen zeytin yaprakları ve prinanın hayvan beslemede alternatif yem kaynağı olarak kullanımı son zamanlarda artan yem fiyatlarıyla beraber giderek önem kazanmaktadır.

Zeytinlerin işlenmesi sürecinde elde edilen zeytin yapraklarının besin maddesi içeriği budama işlemine bağlı olarak değişmektedir. Genellikle, zeytin yapraklarının protein içeriği düşük, selüloz ve lignin miktarları ise yüksektir (Amici, vd., 1991). Zeytin yapraklarının selüloz içeriği yüksek olduğundan sindirilebilirliği ve değerliliği oldukça düşüktür. Bu nedenlerle, zeytin yapraklarının besleyici değerini artırmak için kaba kısımlarından ayıklanması ve üre veya amonyakla muamele edilmesi işlemi uygulanabilmektedir (Delgado-Pertinez, vd., 2000). Kaba yem kaynağı olarak amonyak ile muamele edilmiş zeytin yaprakları ile yonca kuru otunun karşılaştırıldığı bir çalışmada, laktasyondaki koyunlarda gruplar arasında süt verimi bakımından herhangi bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir (Fegeros, vd., 1995).

Zeytin yaprakları yalnızca budamanın yapıldığı mart-nisan ayları ile zeytinin hasat edildiği kasım-şubat aylarında temin edilebildiğinden muhafazası ve korunması oldukça önemlidir. Zeytin yapraklarının proteini bağlayan tanin içeriği nedeni ile hayvan beslemede kurutularak kullanılması önerilmektedir.

Kurutma ile tanin içeriğinin azalmasına bağlı olarak besin madde sindirilebilirliği de olumlu yönde etkilenmektedir (Martin, vd., 2008). Zeytin yapraklarının kuru madde içeriğinin yüksek, kolay eriyebilir karbonhidrat içeriğinin ise düşük olması silolanmasını zorlaştırmaktadır (Parellada, 1982).

Zeytin küspesi, zeytinden zeytinyağı eldesinden sonra geriye kalan kabuk, posa ve çekirdekten oluşan bir yan üründür. Pirina olarak da adlandırılan posa farklı sektörlerde değerlendirilebilmektedir (Öksüz, 1998). Hayvan beslemede diğer yan ürünlere göre daha fazla kullanılmaktadır. Prinanın, kurutulularak yakacak olarak kullanımı yerine ruminantların rasyonlarında alternatif yem kaynağı olarak kullanılması ile hem çevre kirliliği önlenmiş, hem de ucuz bir alternatif yem kaynağı sağlanmış olacaktır.

Zeytin küspesi, yağ ekstraksiyon yöntemine, ekstraksiyon derecesine ve yetiştirildiği bölgelere bağlı olarak değişmekle beraber, % 75-80 kuru madde, % 3-5 ham kül, % 35-50 ham selüloz, % 5-10 ham protein ve % 8-15 ham yağ içermektedir (Tunalıoğlu, 2010, Amici, 1991). Prinanın selüloz, yağ, ve tanen içeriğinin yüksek olması hayvan beslemede kullanımını sınırlamış olsa da uygun oranlarda kullanıldığında olumlu sonuçlar alınmıştır (Amici, 1991). Zeytin küspesinin melas ile birlikte silolanması, ruminantlarda protein yararlanımını azaltan polifenol içeriğinde azalma sağlayarak, silaj kalitesini olumlu yönde etkilemiştir (Weinberg, 2008).

% 13 oranında peletlenmiş zeytin küspesi içeren rasyonla beslenen süt inekleriyle yürütülen bir çalışmada, küspe içeren rasyonla beslenen grupta, yem tüketiminin kontrol grubuna göre daha fazla olduğu, yemden yararlanma oranının kontrol grubunda daha yüksek olmasına rağmen süt verimi ve yağ oranının her iki grupta da benzer olduğu tespit edilmiştir (Cibik, 2016).

2.SONUÇ

Ülkemiz nüfus artış hızına paralel olarak artan et ve süt ihtiyacını karşılamak amacıyla, öncelikle yüksek verimli küçükbaş ve büyükbaş hayvanların sayısını arttırmak ve mevcut hayvanların beslenmesinde kullanılacak yeterlilikte ve kaliteli kaba yem sağlamak durumundadır. Hayvancılık işletmesindeki giderlerin % 70'lik gibi önemli bir kısmını yem masraflarının oluşturduğunu düşünürsek, bu konuda yapılacak her türlü iyileştirme, yem girdi maliyetlerini düşürerek işletme kârlılığını arttıracaktır.

Kaba yemler hayvancılıkta vazgeçilmez yem kaynaklarıdır ve ülkemiz hayvancılığında çok ciddi kaliteli kaba yem açığı olduğu bir gerçektir. Hayvanlarımızın yem ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik olarak, kaliteli kaba yem açığının kapatılması öncelikli hedefimiz olmalıdır. Bu hedefe ulaşabilmek için, üretimini ve kalitesini arttırabileceğimiz alternatif kaba yem kaynaklarının kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Ülkemizde çok çeşitli yem kaynakları olmasına rağmen, kaba yem kaynağı olarak kullanılacak yem maddeleri sınırlı düzeydedir. Genellikle alışılmış yemler hayvan tüketimine sunulmaktadır. Oysaki ruminant beslemenin vazgeçilmezi olan kaba yemler için, gelişmiş ülkelerde farklı kaba yem kaynaklarından da yararlanılmaktadır. Kaba yemlerin, hayvanların beslenme fizyolojilerine uygun olmaları, kaliteli ve ekonomik olmaları, daha pahalı olan yoğun ya da kesif yemlerin hayvan beslemede kullanımını azaltmaktadır.

Alternatif kaba yem kaynaklarının büyük bir bölümünün besin maddesi içeriklerinin, saman gibi besleyici değeri düşük kalitesiz kaba yemlerden daha üstün olmasına rağmen söz konusu alternatif yem kaynaklarının hayvan beslemede kullanımını sınırlı düzeydedir. Bu sebeple çayır-mera alanları bulunmayan ya da kalitesiz olan hayvancılık işletmelerinde ucuz ve alternatif yem kaynaklarının üretime kazandırılması öncelikli hedeflerimiz arasında olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdollahzadeh F, Pirmohammadi R, Fatehi F, Bernousi I. (2010) Effect of feeding ensiled mixed tomato and apple pomace on performance of holstein dairy cows. *Slovak Journal Animal Sciences*, 43 (1): 31-35.
- Aibibula Y, Okine A, Hanada M, Murata S, Okamoto M, Goto M. (2007) Effect of Replacing Rolled Corn with Potato Pulp Silage in Grass Silage-based Diets on Nitrogen Utilization by Steers. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 20(8): 1215 – 1221.
- Alçıçek, A., Tümer, S., Özkul, H. (2000). A preliminary study on nutritive content and feed value of leafed artichoke silage as a roughage. *Ege Uni. Agri. Fac. J.* 37 (2-3): 27-34.
- Alçıçek A, Kılıç A, Ayhan V, Özdoğan M. (2003). Türkiye’de kaba yem üretimi ve sorunları. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/819fb9034f79627_ek.pdf.
- Amici, A., Verna, M., Martillotti, F. (1991). Olive byproducts in animal feeding: Improvement and utilization. *Options Mediterraneennes- Serie Seminaires*, 16: 149-152.
- Ayan İ, Aşçı ÖÖ, Başaran U, Mut H. (2006). Bazı Yem Şalgamı (*Brassica Rapa L.*) Çeşitlerinin Verim Özellikleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (3): 310-313.
- Bakshi MPS, Kaur J, Wadhwa M. (2012): Nutritional evaluation of sun dried tomato pomace as livestock feed. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 29.
- Björkman T, Shail JW. (2013). Using a Buckwheat Cover Crop for Maximum Weed Suppression after Early Vegetables, *Hort Technology*, 23 (5): 575-580.
- Bampidis VA, Robinson PH. (2006). Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology* 128 (3-4): 175-217.
- Basir R, Toghyani M. (2017). Effect of dietary graded levels of dried lemon (*Citrus aurantifolia*) pulp on performance, intestinal morphology, and humoral immunity in broiler chickens. *Int J Recycl Org Waste Agricult.*, 6:125-132.
- Caluya RR, Sair RR, Recta GMR, Balneg B. (2003): Tomato pomace as feed for livestock and poultry. *Mariano Marco State University*, 41-52.
- Cibik, M., Keles, G. (2016). “Effect of stoned olive cake on milk yield and composition of dairy cows”, *Revue Méd. Vét.*, 167 (5-6): 154-158.
- Cooke, K.M., Bernard, J.K., West, J.W. (2008). Performance of dairy cows fed annual ryegrass silage and corn silage with steam-flaked or ground corn. *J. Dairy Sci.* 91: 2417-2422.
- Delgado-Pertíñez, M., Gómez-Cabrera, A., & Garrido, A. (2000). Predicting the nutritive value of the olive leaf (*Olea europaea*): Digestibility and chemical composition and in vitro studies. *Animal Feed Science and Technology*, 87(3-4), 187-201.
- Denek N, Can A. (2006): Feeding value of wet pomece ensiled with wheat straw and

- wheat grain for Avassi sheep. *Small Ruminant Research*, 65,260- 265.
- Dhiman, T.R., Satter, L.D. (1) (1997). Yield response of dairy cows fed different proportions of alfalfa silage and corn silage. *J. Dairy Sci.* 80: 2069-2082.
- Ebeid HM, Gawad RMA, Mahmoud AEM. (2015): Influence of ration containing tomato silage on performance of lactating buffaloes and milk quality. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(1), 14-24.
- Ergül, M. (1997) *Yemler Bilgisi ve Teknolojisi*, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yay.487.Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. S:318.
- Ergün A, Tuncer ŞD, Çolpan İ, Yalçın S, Yıldız G, Küçükersan MK, Küçükersan S, Şehu A, Saçaklı P. (2011). *Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi*. 4.Baskı, Pozitif Baskı, ISBN:975-97808-3-8, Ankara, s:98-99-151-152.
- Fegeros, K., Zervas, G., Apsokardos, F., Vastardis, J., & Apostolaki, E. (1995). Nutritive evaluation of ammonia treated olive tree leaves for lactating sheep. *Small Ruminant Research*, 17(1), 9–15.
- Garipoğlu, AV. (2013). *Süt Sığırlarının Beslenmesinde Alternatif Kaba Yem Kaynakları*, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Samsun, http://www.amasyadsyb.org/docs/Semp_sut_sigir_Beslenme.pdf.
- Gebeyew K, Animut G, Urge M, Feyera T. (2015): The effect of feeding dried tomato pomace and concentrate on nutritional and growth parameters of Hararghe Highland sheep, Eastern Ethiopia. *J Adv Dairy Res*, 3, 130.
- Gemalmaz, E., & Tanay, B. (2016). “Alternative Roughage Sources”. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 56 / 2 (Aralık 2016): 63-69.
- Gökçay, E. İ., & Uysal, E. (2022). Covid-19 ve zeytin yaprakları. [https://tibuad.istanbul.edu.tr/tr/content/blog/olea-europaea-l.-folium-\(zeytinyapragi\)](https://tibuad.istanbul.edu.tr/tr/content/blog/olea-europaea-l.-folium-(zeytinyapragi)).
- Hadjipanayiotou M. (1994). Voluntary Intake and Performance of Ruminant Animals Offered Poultry Litter Olive Cake Silage. *Livestock Research for Rural Development*, 6 (2):5-9.
- Huber TT. (1981): *Upgrading Residues and By-Products for Animals*. Boca Raton, Fla, CRC Press, 131.
- Jones DIH, Jones R, Moseley G. (1990). Effect of incorporating rolled barley in autumn-coutry e grass silage on effluent production, silage fermentation and cattle performance. *The Journal of Agricultural Science*, 115(03): 399-408.
- Kara N, Yüksel O. (2014). Karabuğdayı Hayvan Yemi Olarak Kullanabilir miyiz? *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(3): 295-300.
- Karadağ Y, DüNDAR Z, Özkurt M. (2014). Tokat-Kazova Ekolojik Koşullarında Bazı Yemlik Pancar (Beta Vulgaris L. Var. Rapacea Koch.) Çeşitlerinin Verim ve Verim Özellikleri, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31 (2), 1.
- Keser O, Bilal T. (2010). Zeytin Sanayi Yan Ürünlerinin Hayvansal Beslemede Kullanım Olanakları. *Hayvansal Üretim*, 51 (1): 64-72.

- Keys, J.E., Pearson, R.E., Miller, R.H.) (1984). Effect of ratio of corn silage to grass-legume silage with high concentrate during dry period on milk production and health of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67: 307-312.
- Kiran RG, Suresh KP, Sampath KT, Giridhar K, Anandan S. (2012). Modeling and forecasting livestock and fish feed resources: Requirements and Availability in India. National Institute of Animal Nutrition and Physiology. Bangalore. 25(4): 462-470.
- Knoblich M, Anderson B, Latshaw D. (2005): Analyses of tomato peel and seed by products and their use as a source of carotenoids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1166-1170.
- Lemus, R. (2009). Utilization of annual ryegrass. *Forage News. Coop. Ext. Service, Mississippi State University.* <http://msucares.com/crops/forages/newsletters/09/1.pdf> (accessed 18 Feb. 2012), 1-5.
- Martin-Garcia, A.I., Molina-Alcaide, E. (2008). "Effect of different drying procedures on the nutritive value of olive (*Olea europaea* var. *europaea*) leaves for ruminants", *Animal Feed Science and Technology*, , 142: 317-329.
- Mc Cormick, M.E., Morgan, E.B., Brown, T.F., Saxton, A.M. (1990). Relationships between silage digestibility and milk production among Holstein cows. p. 60-64 in *Proc. Forage Grassland Conf. Am. Forage Grassland Council, Belleville, VA.*
- Miller LA, Moorby JM, Davies DR, Humphreys MO, Scollan ND, MacRae JC, Theodorou MK. (2001). Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass(*lolium perenne* L.):milk production from late-lactation dairy cows. *Grass and Forage Science*, 56, 383-394.
- Moorby JM, Evans RT, Scollan ND, MacRae JC, Theodorou MK. (2006) Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass(*lolium perenne* L.):milk production from late lactation dairy cows. *Grass and Forage Science*, 61 (1): 52-59.
- Nelson MI. (2010). Utilization and application of wet potato processing coproducts for finishing cattle. *Journal of Animal Science* 88(13): 133-142.
- Nicholson Jwg, Friend Dw, Cunningham Hm. (1963). *Canadian Journal of Animal Science*, 44(1): 39-44.
- NRC, (1989): *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th revised edition. National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C. U.S.A.
- Okine A, Hanada M, Aibibula Y, Okamoto M. (2005). Ensiling of potato pulp with or without bacterial inoculants and its effect on fermentation quality, nutrient composition and nutritive value. *Animal Feed Science and Technology* 121(3-4): 329-343.
- Ozkul, H., Kılıc, A., Polat, M. (2011). Evaluation of Mixtures of Certain Market Wastes as Silages. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24 (9): 1243-1248.
- Özkul H, Kırkpınar F, Kağan T. (2012). Ruminant Beslemede Karamba (*Lolium Mul-*

tiflorum cv. Caramba) Otunun Kullanımı. Hayvansal Üretim 53 (1): 21-26.

Öksüz, E. (1998). Ülkemizde zeytin hasat mekanizasyon düzeyi, hasat edilebilirlik kriterleri ve maliyetinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Adana.

Özcan, M. (2020). Zeytin yetiştiriciliği (Subtropik meyveler ders notu). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü.

Parellada, G., Gomez-Cabrera, A., Ocana, F., Garrido, A. (1982). "Utilizacion del ramon de olivo en la alimentacion animal: efectos de diversos tratamientos fisicos y de la forma de conservacion", Avances en Alimentacion y Mejora Animal, 15: 15-19.

Parlak AÖ, Ekiz H. (2008) Ankara Koşullarında Bazı Yemlik Pancar (*Beta vulgaris* L. ssp. *crassa* Mansf.) Çeşitlerinin Verim ve Verim Ögeleri Bakımından Karşılaştırılması. Tarım Bilimleri Dergisi, 14 (2): 95-100.

Pirmohammadi R, Rouzbehan Y, Rezayazdi K, Zahedifar M. (2006). Chemical composition, digestibility and in situ degradable of dried and ensiled apple pomace and maize silage. Small Ruminant Research 66: 150-155.

Sarıççek, B. Z., Erener, G., Sarıcan, C. (1997). Ensiling possibilities of some plant residues. Tr. J. Agric. Forestry 21: 135-140.

Tıknazoğlu, B. (2006). Yem bitkileri tarımı ve silaj yapımı. Samsun Tarım İl Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şubesi Yayını, s. 62.

Toyokawa K, Yamada K, Takayasu I, Tsubmatsu K. (1977). Studies on the utilization of rice straw. VII. The effect of the rice straw on making silage of apple pomace as addition and its rearing effect for lambs as roughage. Bulletin of the Faculty of Agriculture Hirosaki University 28: 10-24.

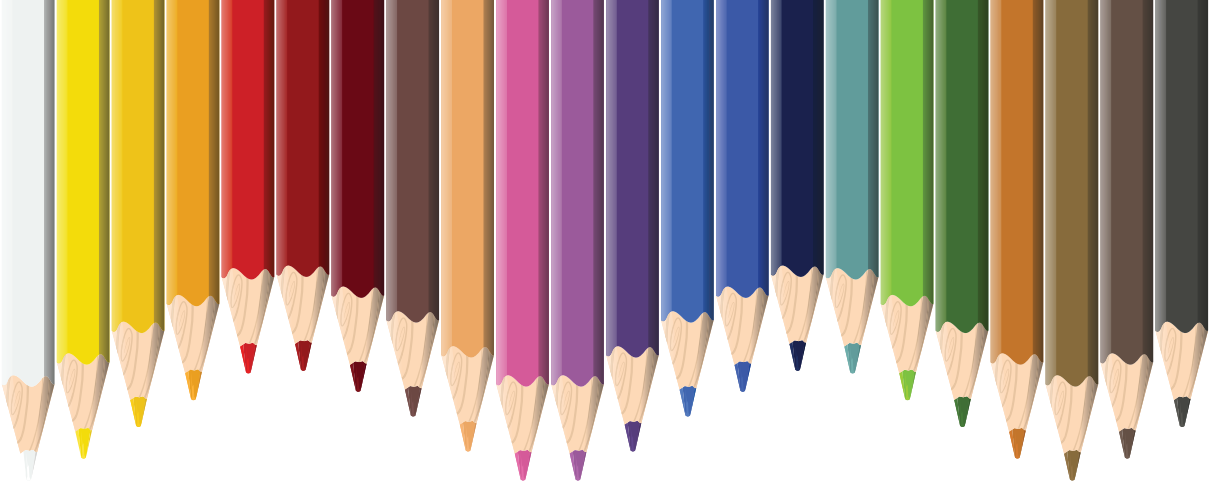
Tunalıoğlu, R. (2010). "Türkiye zeytinciliğindeki gelişmeler" Mardin 7. ortak akıl ve güç birliği toplantısı.

Wadhwa, M., Kaushal, S., Bakshi, M.P.S. (2006). Nutritive evaluation of vegetable wastes as complete feed for goat bucks. Small Rumin. Res. 64: 279-284.

Wang Ty, Wu Yh, Jiang Cy, Liu Y. (2010). British Poultry Science, 51(2): 229-234.

Weinberg, (2008). Z.G., Chen, Y., Weinberg, P., "Ensiling olive cake with and without molasses for ruminant feeding" Bioresource Technology, 99: 1526-1529.

Weiss WP, Frobose DL, Koch ME. (1997): Wet tomato pomace ensiled with corn plants for dairy cows. Journal of Dairy Science, 80,2896-2900.



Bölüm 2

YAPRAKTAN GÜBRELEME

İbrahim ERDAL¹, Zeliha KÜÇÜKYUMUK²

1 Prof. Dr.: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü. ibrahimerdal@isparta.edu.tr ORCID No: 0000-0001-8177-948X

2 Prof. Dr.: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü. zelihakucukyumuk@isparta.edu.tr ORCID No: 0000-0001-6106-6239

GİRİŞ

Bitkiler ihtiyaç duydukları besin elementlerini temelde kökleri aracılığıyla alırlar. Bununla birlikte, gövde, dal, çiçek, meyve ve yaprak gibi toprak üstü aksamlarıyla da bir miktar besin elementi alabilmektedir. Yapraklar, bitkilerin en fazla besin elementi aldığı toprak üstü organıdır. Ancak sadece yapraklar yoluyla beslenme, bitkilerin ihtiyacını karşılamak için yeterli değildir. Yaprak gübrelenmesi, bir destek gübrelenmesi olarak görülmeli, köklerle beslenmeye bir alternatif olarak düşünülmemelidir. Özellikle bitkilerin göreceli olarak daha fazla ihtiyaç duyduğu ve yetiştiği ortamdan daha fazla alması gereken makro element ihtiyacının yapraktan uygulamayla giderilmeye çalışılması doğru bir yaklaşım olmaz. Her ne kadar bazı makro elementler için yapraktan gübrelenmenin belli koşullar altında başarılı olduğu ve bu uygulamayla besin elementlerinin bitkiler tarafından alındığı görülse de, bu yolla alınan besin elementi miktarı bitkinin ihtiyacını karşılamadan oldukça uzaktır. Diğer taraftan, bitkilerin daha az aldığı ve göreceli olarak daha az ihtiyaç duyduğu mikro (iz) elementlerin yapraklar yoluyla beslenmesi daha başarılı olmakta ve bitkinin mineral beslenmesine daha görünür bir katkı sağlamaktadır. Her ne kadar, her koşulda yapraktan gübrelenmeye başvurmak doğru olmasa da, belli koşullar altında yapılan yapraktan gübrelenmeyle bitkinin mineral beslenmesi desteklenmekte, bitki gelişimi ve verimi artmaktadır. Peki, yapraktan gübrelenme nedir?

Yapraktan gübrelenme: Belli konsantrasyonlarda besin elementi içeren gübre çözeltilerinin bitkilerin yapraklarına püskürtülmesi işlemidir (Şekil 1).

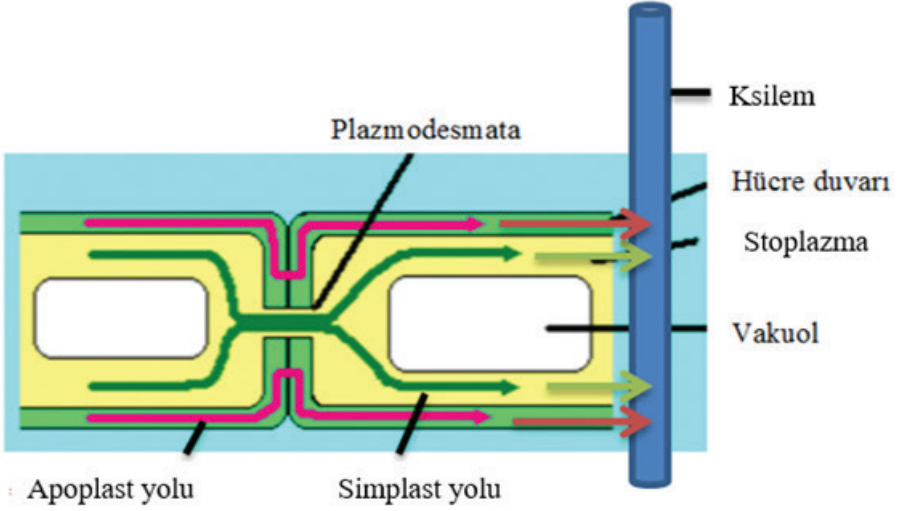


Şekil 1. Yapraktan gübrelenme

YAPRAKLARDAN BESİN ELEMENTİ ALIMI

Yapraktan uygulanan besin elementlerinin yaprağa girişi kütikular yol ve stomalar olmak üzere iki yolla gerçekleşir. Kütikula, yapraktan transpirasyonla aşırı su kaybını, yapraktaki organik ve inorganik katıların yağışlar nedeniyle aşırı yıkanmasını önleyen, bitkide ısı kontrolünde görev yapan, yaprağı hastalıklara ve böceklere karşı koruyan mumsu hidrofobik bir tabakadır. Bu özelliği nedeniyle, yapraktan uygulanan gübrelerin absorpsiyonuna karşı da bir bariyer oluşturur. Yaprak morfolojisi ve kütikula yapısı bitkisel ve çevresel faktörlere göre değişmektedir. Kütikula boyunca, şekerler ve mineral elementler gibi düşük molekül ağırlıklı katıların nüfusu veya suyun evaporasyonu kütikula içerisinde yer alan hidrofilik boşluklarda gerçekleşmektedir. Bu boşlukların çapı genelde 1 nm den daha az olup, cm^2 de yaklaşık 10^{10} adet bulunur (Schönherr, 2006). Bu boşluklar üre gibi küçük moleküllü ($r = 0.44$ nm) katıları kolaylıkla geçirmesine rağmen, sentetik şelatlar gibi (örn. FeED-TA) geniş çaplı molekülleri geçirmekte zorlanmaktadır. Yüksek moleküllü bu katılar, bekçi hücreler etrafındaki daha genişlemiş ve farklı geçirgenlik özelliği gösteren stoma boşlukları aracılığıyla kütikulaya nüfus etmekte ve yaprak hücresine geçebilmektedir (Erdal, 2022).

Yapraklardan iyon alımının üç aşamada gerçekleşmektedir (Franke, 1967). İlk aşamada, yaprak yüzeyine uygulanan madde kütikula ve selüloz duvara serbest ya da sınırlı difüzyon ile nüfus eder. İkinci aşamada, nüfus eden maddeler plazma zarı yüzeyine adsorbe şekilde tutulur. Üçüncü aşamada ise maddeler metabolik enerji kullanılarak sitoplazma içine absorbe edilerek alınırlar. Yapraktan uygulanan besin elementlerinin bitki tarafından kullanılabilmesi amacıyla hücre sitoplazmasına geçebilmesi için, öncelikle yaprağa giriş yapması gerekir. Bunu başarmak için, besin elementi dış yaprak kütikulasına ve epidermal hücre duvarına etkili bir şekilde nüfus etmelidir. Yaprağa uygulanan besin elementlerinin geçiş yolu üzerindeki en büyük direnç kütikuladır. Buradan geçiş sağlandıktan sonra yaprağın besin elementi absorpsiyonu ile kökün besin elementi absorpsiyonu mekanizmaları arasında temelde önemli bir fark yoktur. Kökte olduğu gibi yaprak hücreleri de su ve besin elementleri alımında temelde apoplast yolunu kullanırken, ksileme yüklenmeleri simplast yoluyla gerçekleşir (Şekil 2). Apoplastla geçişler fazla dirençle karşılaşmadan enerji kullanmaksızın ya da düşük enerji kullanılarak hızlı bir şekilde difüzyonla olurken, simplastla geçişlerde enerji kullanılmakta ve geçişler daha yavaş olmaktadır (Erdal, 2022).



Şekil 2. Yapraktaki besin elementlerinin ksileme yüklenmesi

YAPRAKTAN GÜBRELEMİYİ GEREKTİREN KOŞULLAR

1: Toprak koşulları köklerle beslenmeye uygun değilse

Bu durum, topraktan gübrelemeye rağmen besin elementlerinin çeşitli nedenlerle bitkiler tarafından alınmadığı ve daha çok toprak ve iklim faktörleriyle yakından ilgilidir. Bu durumlar özellikle Fe, Zn, Mn ve Cu gibi mikro besin elementleri için geçerlidir. Örneğin bu elementlerin yarıyırlılığını sınırlandıran toprağın yüksek fiksasyon özelliği, yine bu elementlerin yarıyırlılığını üzerinde etkili yüksek pH ve kireç, bunlara ilaveten aşırı fosfor gibi, mikro elementlerin yarıyırlılıklarını sınırlandıran diğer elementlerin fazla miktarlarda bulunması durumlarında, bitkilerin kökleri aracılığıyla besin elementleri alımları sınırlandırılmakta veya tamamen engellenmektedir. Ayrıca gübrelerin yıkanmasına neden olan doymuş toprak koşulları besin elementlerinin köklerle alınmasını olumsuz etkilemektedir. Bu gibi koşullar altında yapraktan gübrelemeye başvurulabilir.

2: Toprak koşulları kök gelişimini olumsuz etkiliyorsa

Köklerle besin elementleri alımı üzerinde etkili faktörlerden birisi kök gelişimi ve morfolojisidir. Bitkiler, kökler aracılığıyla yeteri kadar besin elementleri alabilmesi için öncelikle kökün toprakta yeterince gelişmesi ve geniş bir temas alanı oluşturması önemlidir. Toprakların iyi bir kök gelişimi için uygun olmadığı sıkışma, toprak canlılarının zararı, düşük toprak sıcaklığı, yetersiz

havalanma, aşırı tuzluluk/alkalilik, zayıf drenaj, besin elementi eksikliği gibi koşullar kökün gelişimine olumsuz etki yapacağı ve böylece bitkilerin kökleriyle yeterince beslenemeyeceği sonucunu doğuracaktır. Bunlara ilaveten kök hastalıkları, topraktaki zararlı ve toksik madde bulunması gibi kökün gelişimini olumsuz etkileyen koşullar kök yoluyla beslenmeyi de olumsuz etkileyecektir. Böyle durumlarda yapraktan gübreleme yapılabilir.

3: Topraktan uygulama zamanı geçmişse

Gübrelerin bitkilerin alabileceği formlara dönüşmesi ve bitkilerin yeterli bir başlangıç gelişmesi gösterebilmesi için gelişimlerinin erken dönemlerinde toprakta yeteri kadar besin elementi bulunmak zorundadır. Bilindiği üzere bitkiler, başta N, P ve K olmak üzere ihtiyaç duydukları besin elementlerinin önemli bir kısmını daha gelişimlerinin başlarında alırlar ve ilerleyen zaman içerisinde kullanırlar. Örneğin tahıllar, gelişmelerinin 1/3 lük diliminde gereksinim duyduğu N, P ve K'nın 3/4 kısmını alırlar. Bu nedenle besin elementlerinin tohum ekiminden önce veya tohumla birlikte verilmesi gerekir. Eğer bu dönemde gübreleme yapılmamış veya eksik yapılmış ise yapraktan gübrelemeyle bitki gelişimine destek olunabilir. Ayrıca arazinin bitkiyle kaplı olması nedeniyle topraktan uygulama olanağının olmadığı bulunmadığı koşullarda, yapraktan gübreleme yapılabilir.

4: Uygulanacak gübre miktarı çok az ise

Gübreleme için ihtiyaç duyulan miktarların çok az olmaları durumunda, araziye veya bitkilere eşit miktarda gübre dağıtmak pek mümkün olamayabilir. Bu durumda, başta mikro elementler olmak üzere besin elementlerinin yapraktan verilmesi mümkündür.

5: Topraktan gübrelemenin yetersiz olması durumunda

Bitki gelişimine paralel olarak topraktaki besin elementleri de hızla tükenir. Bitkilerin hızlı gelişimine bağlı olarak topraktan uygulanan gübrelerin yetersiz kaldığı durumlarda destek gübresi olarak yapraktan uygulama yapılabilir.

6: Bitkilerde besin elementleri eksikliklerine ait belirtiler görülmeye başladığında

Her besin elementinin eksikliği bitkilerde çeşitli belirtiler şeklinde kendini gösterir. Bu belirtiler bazen gelişimin ilerleyen aşamalarında ortaya çıkar ve bu dönemler topraktan uygulama için geç olabilir. Böyle durumlarda yapraktan gübreleme başarılı sonuçlar verebilir. Özellikle Fe, Zn, Mn, B ve Cu gibi mikro element eksikliklerinin giderilmesinde yapraktan gübreleme oldukça başarılı olurken, diğer element eksikliklerinin giderilmesinde de destekleyici etki gösterebilir.

7: Su sıkıntısı olması durumunda

Besin elementlerinin bitkiler tarafından alınması için uygulanan gübrelerin öncelikle suda çözünür şekilde bulunması gereklidir. Gübreleme döneminde veya yakın gelecekte yağışın olmaması veya sulama olanağının bulunmaması durumunda yapılan gübrelemeden yeterli başarıyı elde etmek mümkün değildir. Bu koşullarda yaprakтан gübreleme destek gübrelemesi olarak anlamlı olacaktır.

8: Transpirasyonunun olumsuz etkilendiği koşullarda

Bitkilerin terlemeyle su kaybetmesi anlamına gelen transpirasyon, bir taraftan bitkinin serinlemesine yardımcı olurken, diğer taraftan da topraktaki suyun köklerden yukarıya taşınmasında en etkili mekanizmadır. Bitkinin su kaybetmesiyle kökte oluşan emme basıncı, topraktaki su ve suda çözünmüş besin elementlerinin ksilemle yukarıya doğru iletilmesini sağlamaktadır. Bu durum, özellikle Ca ve B gibi bitkideki hareketi çoğunlukla ksilem yoluyla gerçekleşen besin elementlerinin yukarıya doğru hareketinde son derece önemlidir. Bu nedenle transpirasyon oranını azaltan koşullar, hem bitkinin su alımını azaltırken, hem de suyla taşınan besin elementlerinin yeterince alınmamasına neden olur. Bu nedenle transpirasyon olayını olumsuz etkileyen her koşul, bu ve benzeri elementlerin bitkiler tarafından yeterince alınmamasına neden olmaktadır. Yüksek atmosfer nemi, yetersiz havalanma, kapalı ortamlar gibi koşullar transpirasyonu olumsuz etkiler. Bu koşullarda, adı geçen besin elementleri yaprakтан gübrelemeyle bitkilerin beslenmesine katkı sağlar.

9: Bitkinin özel gelişim dönemlerindeki ihtiyaçlarının giderilmesinde

Bitkiler farklı büyüme aşamalarında farklı miktarlarda besin elementine ihtiyaç duyarlar. Böyle zamanlarda ihtiyaç duyulan besin maddelerini topraktan sağlamak bazen zordur. Böyle durumlarda yaprakтан gübreleme bitki gelişimine katkı sağlar.

YAPRAKTAN GÜBRELEMEDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

Yaprakтан uygulamayla gübrelemeden beklenen yararın sağlanması ancak belli kurallara uymakla mümkündür. Gübre çözeltilerinin doğrudan yaprakla temasının söz konusu olduğu bu yöntemde yanlış uygulamalar yarardan çok zarar getirebilir. Bu nedenle yaprakтан uygulamada bazı hususlara dikkat edilmesi gerekir. Bu hususlardan bazıları şunlardır:

1: Uygulama dozu

Yaprakтан uygulanacak gübre miktarı topraktan uygulanacak olan gübre miktarlarının oldukça altındadır. Yaprak gübrelerinde mikro elementler için uygulama dozu etkili madde bazında % 0.1 ile % 0.2, makro elementlerde

ise % 1 ile % 2 civarlarında olmalıdır. Bazı özel durumlarda bu konsantrasyonlar daha az veya daha düşük olabilir. Örneğin % 0.1 Fe içeren bir gübre çözeltisi için 100 litre su içerisinde 0.1 kg Fe olacak şekilde gübre tartılmalıdır. Bu durumda 100 lt Fe çözeltisi için $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 'dan $(278 \times 0.1)/56 = 0.496$ kg $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ tartılmalıdır ($278 \text{ g/mol} = \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ molekül ağırlığı).

2: Kullanılacak gübrenin özellikleri

Kullanılacak gübreler tamamen suda çözünür olmalı, geride herhangi bir tortu bırakmamalıdır. Suda eridikten sonra dibe çökmemelidir. Kullanılacak suyunun pH değerini yükseltmemeli veya çok düşürmemelidir. Yaprak spreynin pH'sı yaprak yüzeyi ve besin emilimi ile uyumlu olmalıdır. Çözeltinin pH'sı yaprak yüzeyinin pH'sı ile eşleştiğinde bazı besinler daha kolay emilir. En uygun çözelti pH değeri 6.5 - 7 arasındadır. Bitkilere zararlı olabilecek Cl ve Na gibi elementleri içermemelidir. Tarım ilaçlarıyla kullanıma uygun olmalıdır. Mikro element gübrelere şelatlı gübreler, azot için ise üre formunun kullanılması daha iyi sonuçlar verir. Aşağıda yaprak gübreleme için kullanılacak gübrelere özellikleri ve uygulama konsantrasyonları verilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yapraktan uygulamada kullanılan kimi gübreler ve bazı uygulama dozları*

Besin elementi	Adı	Formülü	100 litre su içinde (kg)
Azot	Üre	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0.6-1.0
	Amonyum sülfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0.4-0.6
	Susuz amonyak	NH_3	0.4-0.6
	Amonyum klorür	NH_4Cl	0.4-0.6
	Amonyum nitrat	NH_4NO_3	0.4-0.6
	Potasyum nitrat	KNO_3	0.3-0.5
	Kalsiyum nitrat	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.3-0.5
	Mono amonyum fosfat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0.4-0.6
	Di-amonyum fosfat	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	0.4-0.6
Fosfor	Mono amonyum fosfat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0.4-0.6
	Di amonyum fosfat	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	0.4-0.6
	Fosforik asit	H_3PO_4	0.4-0.6
Potasyum	Potasyum klorür	KCl	0.3-0.5
	Potasyum sülfat	K_2SO_4	0.3-0.5
	Potasyum nitrat	KNO_3	0.3-0.5
	Potasyum dihidrojen fosfat	KH_2PO_4	
	Potasyum karbonat	K_2CO_3	
Kalsiyum	Kalsiyum nitrat	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.3-0.5
	Kalsiyum klorür	CaCl_2	0.3-0.5
	Ca-asetat	$\text{C}_4\text{H}_6\text{CaO}_4$	
	Ca-propionat	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_4$	

Magnezyum	Mağnezyum sülfat	MgSO ₄	0.6-2.0
	Mağnezyum nitrat	Mg(NO ₃) ₂	0.6-2.0
	Mağnezyum klorür	MgCl ₂	
Kükürt	Mağnezyum sülfat	MgSO ₄	
Bor	Borik asit	H ₃ BO ₃ [B(OH) ₃]	
	Boraks	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	
	Na borat (susuz)	Na ₂ B ₄ O ₇	0.05-0.1
	Na pentaborate	Na ₂ B ₁₀ O ₁₆ ·10H ₂ O	
	Na tetraborate	Na ₂ B ₄ O ₇ ·5H ₂ O	
Çinko	Çinko sülfat (1 sulu)	ZnSO ₄ ·H ₂ O	0.3-0.5
	Çinko sülfat (7 sulu)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.3-0.5
	Çinko klorür	ZnCl ₂	
	Çinko oksit	ZnO	
	Çinko şelat	Na ₂ ZnEDTA	
Bakır	Bakır sülfat (1 sulu)	CuSO ₄ ·H ₂ O	0.1-0.2
	Bakır sülfat(5 sulu)	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.1-0.2
	Bakır klorür	CuCl ₂	
	Bakır oksit	Cu ₂ O	
	Bakır şelat	Na ₂ CuEDTA	
	Bakır şelat	NaCuHEDTA	
Demir	Demir sülfat (1 sulu)	FeSO ₄ ·H ₂ O	0.6-1.2
	Demir sülfat (7 sulu)	FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.6-1.2
	Ferric sülfat	Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·4H ₂ O	
	Demir şelat	NaFeEDTA	
	Demir şelat	NaFeHEDTA	
	Demir şelat	NaFeDTPA	
Mangan	Mangan sülfat (susuz)	MnSO ₄	0.2-0.4
	Mangan sülfat (4 sulu)	MnSO ₄ ·4H ₂ O	0.2-0.4
	Mangan klorür	MnCl ₂	
	Mangan şelat	Na MnEDTA	
Molibden	Sodyum molibdat	NaMoO ₂₄ ·2H ₂ O	0.02-0.03
	Amonyum molibdat	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	

*(Fageria ve ark., 2009 ve Fernandez vd. 2013'ten uyarlanmıştır)

3: Uygulama zamanı, şekli ve sayısı

Güneş altında uygulama yapılmamalı, sıcaklığın 22 derecenin altında olduğu sabah erken (saat 9'dan önce) saatlerde veya akşamüzeri (saat 6'dan sonra) uygulama yapılmalıdır. Rüzgârlı havalarda (> 8 km/saat) uygulama yapılmamalıdır. Uygulamada başarı yaprakların tamamen açık olmasıyla da ilişkilidir. Bu nedenle uygulamadan birkaç gün önce sulama yapılmalı yapraklar turgor durumunda olmalıdır. Mümkün olduğu kadar yaprağın her iki tarafının da ıslatılmasına çalışılmalıdır. Konsantre veya zayıf formüle edilmiş yaprak gübrelere, aşırı miktarlarda veya olumsuz hava koşullarında uygulandığında yaprak yanmasına veya hasara neden olabilir. Kullanılacak gübreleme aletle-

rinin meme çapları son derece küçük olmalı (>0.2 mm), iri taneli püskürtme yapmamalıdır. Yapraktan gübrelemeden beklenen başarı uygulanan çözeltinin yaprakta kalma süresiyle yakından ilişkilidir. Çözelti yaprakla ne kadar çok temas halinde kalırsa, yaprağa o kadar besin elementi nüfus edecektir. Bu nedenle püskürtülen çözelti tanesi olabildiğince küçük olmalı, gübre karışımına yaprakla teması artıracak yayıcı yapıştırıcı ilave edilmelidir. Yapraktan gübrelemeden beklenen etkiyi görebilmek için en az 2-3 defa belli aralıklarla uygulanması gerekir. Besin elementinin yaprağa nüfus etme zamanına bağlı olarak uygulamayı izleyen birkaç saat veya gün içerisinde yağış olmuşsa, uygulama mutlaka tekrarlanmalıdır. Çizelge 2' de besin elementlerinin bazı bitkilerde yaprağa nüfus etme süreleri verilmiştir (Erdal, 2022)

Çizelge 2. Bazı besin elementlerinin yapraktan absorpsiyon süreleri

Besin maddesi	Uygulanan dozun % 50'si nin absorpsiyonu için gereken süre		
	Çeşitli bitkiler için	Tüm bitkiler için ortalama	
N (Üre)	Narenciye	1-2 saat	30 dk- 2 saat
	Elma	1-4 saat	
	Muz, hıyar, fasulye, mısır, domates	1-6 saat	
	Kereviz, patates	12-24 saat	
	Şeker kamışı, tütün	24 saat	
	Kahve, kakao	1-36 saat	
P	Fasulye	6 gün	5-10 gün
	Elma	7-11 gün	
	Şeker kamışı	15 gün	
K	Fasulye, kabak	1-4 gün	10-24 saat
Ca	Fasulye	4 gün	1-2 gün
Mg	Elma	1 saat (dozun % 20' si)	2-5 saat
S	Fasulye	8 gün	8 gün
Cl	Fasulye	1-2 gün	-
Fe	Fasulye	1 gün (dozun % 8'i)	10-20 gün
Mn	Fasulye, soya	1 gün	1-2 gün
Mo	Fasulye	1 gün (dozun % 4'ü)	10-20 gün
Zn	Çeşitli bitkiler		1-2 gün

4:Uygulama yapılacak bitkinin gelişim dönemi

Yapraktan gübreleme, bitkilerde yaprağın olduğu hemen her dönemde yapılabilir. Ancak, çiçeklenme döneminde yapılan uygulamalar çiçeklere zarar verebilir. Bu nedenle çiçeklenme dönemlerinde uygulamalardan kaçınılmalı veya çok dikkatli olunmalıdır.

5: Diğer gübrelerle veya tarım ilaçlarıyla karışabilirliği

Birbirleriyle karıştırılmasında sorun bulunan fosforlu ve sülfatlı gübreler kalsiyumlu gübrelerle, yine kalsiyumlu gübreler de tarım ilaçlarıyla birlikte karıştırılmamalı. İlaçlarla karıştırılacaksa önce gübreler eritilmeli sonra ilaç ilave edilmelidir. Bakırlı ilaçlarla karıştırılırken ilaçlardan Cu miktarı hesaba katılmalıdır.

YAPRAKTAN GÜBRELEMENİN YARARLARI

1: Besin elementleri daha hızlı alınır ve kullanılır

Yapraktan gübreleme, bitkilere gerekli besin maddelerinin hızlı bir şekilde alınmasını ve ihtiyaç duyulan bölgelere daha hızlı taşınmasına olanak tanır. Böylece temel besin maddeleri daha hızlı alınır ve toprak gübrelemesi ile karşılaştırıldığında daha verimli bir şekilde kullanılır (Gao vd., 2018). Yine kökler aracılığıyla alınması zor olan nanopartikül gübrelerin yapraktan başarıyla alınır ve kullanılır (Raliya vd., 2015). Böylelikle gözlemlenen besin elementi eksiklik belirtilerinin daha kısa sürede düzeltilmesine olanak tanır. Yapılan araştırmalara göre, bitkiler uygun koşullar altında topraktan uygulamaya beş ila altı gün içinde tepki verirken, yapraktan uygulamaya 3 ila 4 gün içinde tepki vermekteler.

2: Besin elementleri daha verimli kullanılır

Yapraktan gübreleme, hassas besin hedeflemesine olanak tanır. Besin israfına veya sızıntıya neden olabilecek toprak uygulamasının aksine, yaprağa ilaçlama, yetiştiricilerin besin maddelerini en çok ihtiyaç duyulan yerlere uygulamalarına olanak tanır. Bu hassasiyet, besin akışını en aza indirerek çevresel etkiyi azaltır ve kaynaklardan tasarruf sağlar. Yapraktan gübreleme stratejileri daha yüksek besin kullanımı verimliliği sağlayabilir, çevre üzerindeki olumsuz etkiyi azaltabilir ve potansiyel olarak tüketici sağlığına olan faydalarını artırabilir (Otálora vd., 2018)

3: Farklı gelişim dönemlerinde ihtiyaç duyulan besin elementleri daha hızlı alınır

Bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementi miktarları gelişim dönemlerine göre değişir. Yapraktan uygulamayla dönemlere göre besin elementi ihtiyacı yapraktan uygulamayla daha kolay karşılanır. Örneğin yeni gelişen yapraklara yapılan Mg gübrelemesi baklanın daha fazla bakla oluşturmasını sağlamıştır. Bu durum, Mg'nin klorofilin yapısında yer alması ve buna bağlı olarak daha

fazla fotosentez yapmasına bağlanmıştır. Yine bağlarda tane genişleme döneminde daha fazla ihtiyaç duyulan K'nın yapraktan uygulamayla karşılanabileceği ifade edilmiştir (Zhang vd., 2016). Yine buğday ve çeltik gibi tahıllarda süt olumu veya sonrası gibi gelişimin ileri aşamalarda yapılan yapraktan Zn uygulamaları tanenin Zn konsantrasyonu daha fazla artırdığı bildirilmiştir (Phattarakul vd., 2012). Bunlara ilaveten, meyve olgunlaşma dönemlerinde yapraktan yapılan Ca uygulamaları, elma gibi bazı meyvelerin meyve Ca içeriklerini artırarak depolama ömürlerini uzatmaktadır.

4: Farklı besin elementleri arasındaki sinerjistik etkilerden yararlanılır

Yapılan bir araştırmada Fe, Zn ve Se'nin tek başına ve birlikte uygulanması durumunda mısırın tane Ca konsantrasyonunun arttığı belirlenirken (Li vd., 2018), Mn'nin Si ile birlikte uygulanmasının mısır ve sorgumda mikro element birikimini artırdığı ve aynı zamanda verim ve kalite özelliklerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Oliveira vd., 2020). Wu vd., (2011), Cu ve Zn'nin kombine uygulamasının bitkinin (*Salvia*) biyokütle ve klorofil içeriği üzerindeki etkisinin bunların bireysel etkilerine göre daha iyi olduğunu öne sürmüşlerdir.

5: Topraktan gübrelemenin etkinliğini artırır

Yapılan araştırmalar, yapraktan gübrelemenin toprağa uygulanan gübrelerin alımını teşvik edebileceğini, bunun da topraktaki tuz birikiminin azalmasına neden olabileceğini ileri sürmüştür. Yapılan bir çalışma yapraktan uygulamayla N kullanım etkinliğinin % 28 arttığını göstermiştir Ayrıca, patatesin tomurcuklanma aşamasında yapraktan K uygulamasının topraktan K alımı ve kullanımını teşvik ettiği bildirilmiştir (Zheng vd., 2007; Zheng vd., 2018). Wei vd., (2013), taban gübresi yoluyla yetersiz kalınan durumlarda, yapraktan üre uygulamasının patatesteki N ihtiyacını karşıladığını, böylece bitki büyümesini ve mevcut toprak besin maddelerinin emilimini ve kullanımını teşvik ettiğini bildirmiştir.

6: Toprakta tuz birikiminin azalmasına yardımcı olur.

Kimyasal gübreler çoğunlukla asit ve bazın birleşiminden oluşan tuzlardır. Bu nedenle, toprağa kimyasal gübre uygularken aynı zamanda tuz da uygulamaktayız. Yapraktan gübrelemenin tercih edilmesi durumunda, toprağa uygulanacak gübre miktarı azalacak bu da topraktaki olası tuz birikimini azaltılmış olacaktır.

7: Bitkilerin stres koşullarına karşı daha dayanıklı olmalarına yardımcı olur

Yaprak gübrelemesi, bitkilerin besin dengesizlikleri, çevresel stres (örneğin kuraklık veya aşırı sıcaklıklar) ve hastalıklar dahil olmak üzere çeşitli stres etkenleriyle başa çıkmalarına yardımcı olabilir. Yaprğa uygulanan besinler

bitkinin doğal savunma mekanizmalarını güçlendirebilir ve dayanıklılığını artırabilir.

8: Ürün verimini artırır

Araştırmalar yaprak gübrelenmesinin, özellikle besin elementi eksikliğinin büyümeyi sınırladığı durumlarda, mahsul verimini önemli ölçüde artırabildiğini göstermiştir. Yetiştiricilerin, büyüme mevsimi boyunca değişen besin gereksinimlerine hızlı bir şekilde yanıt vermelerine olanak tanıyarak mahsul üretimini optimize eder.

9: Tarım ilaçları ve büyüme düzenleyicilerle birlikte kullanılabilir

Yaprak gübrelenmesinin tarım ilaçları ve diğer bazı büyüme düzenleyicilerle birlikte kullanımı mümkündür. Böylelikle iş gücünden ve maliyetten tasarruf edilmiş olur.

10: Hasat sonrası ürün kalitesinin korunmasına yardımcı olur

Özellikle elma gibi bitkilerde geç dönemde yapılan yaprakta Ca gübrelenmesi, ürünün kalitesini korurken saklanma ömrünü artırır. Yine narenciye de yaprakta K ve Ca uygulamaları depo zararlarının önlenmesinde etkilidir (Zhu vd., 2016)

11: Bitkilere eşit miktarda besin elementi dağıtımını sağlar

Özellikle küçük miktarlarda uygulanması gereken gübrelenmelerin her bitkiye eşit oranda dağıtılması sağlanır

12: Bazı elementler için daha etki ve ekonomik olabilir

Özellikle demir gibi topraktaki hareketliliği düşük elementlerin yaprakta uygulanması hem daha etkili hem de daha ekonomik olabilir.

YAPRAKTAN GÜBRELEMENİN OLUMSUZ YÖNLERİ

1: Geçici bir iyileşme sağlar

Toprakta uygulama gibi etkisi birkaç yıl sürmez. Sadece uygulama yapıldığı dönem için bitkide iyileştirme sağlanır.

2: Bazı elementler için bitkinin ihtiyacı karşılanamaz

Özellikle makro elementler için, bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementi miktarının tamamının yapraklar yoluyla karşılama olasılığı yoktur.

3: Birkaç defa uygulamak gerekir

Gübrelenmeden beklenen etkiyi görebilmek için belli aralıklarla en az 2-3 defa uygulama yapılmalıdır. Yine uygulamadan kısa süre sonra yağmur yağmış ise uygulama tekrarlanmalıdır.

4: Yapraklarda yanma zararları veya element toksisitesine neden olabilir

Kullanılacak gübre seçimi iyi yapılmalı, çözelti konsantrasyonu iyi ayarlanmalı ve uygulama zamanı iyi seçilmelidir. Aksi halde yapraklarda yanma zararı yanında besin elementi toksisitesi oluşabilir.

5: Daha fazla zaman alabilir

İlaçlamayla beraber yapılan gübrelemelerde bu durum söz konusu olmasa da, sadece yapraktan gübreleme zaman alıcı olabilir.

6: Daha fazla bilgi gerektirir

Yukarıda belirtilen “yapraktan gübrelemede dikkat edilmesi gereken hususlarla” ilgili yeterli bilgi ve donanımına sahip olunmalıdır. Aksi halde fayda yerine zarar verebilir.

YAPRAKTAN GÜBRELEME ÇALIŞMALARI ÖRNEKLERİ

Makro Element Gübrelemesine Yönelik Çalışmalar

İlkbaharda yapraktan azot uygulaması, tür, çevre veya bitkinin uygulama anındaki beslenme durumu ve ayrıca kullanılan formülasyona bağlı olarak değişken sonuçlar verir. Turunçgillerde yapraktan uygulanan üreye verilen yanıt genellikle olumludur. Yapılan araştırmalarda çiçeklenme başlangıcı döneminde yapılan üre uygulamasının çiçeklenme performansını artıracağını belirtilmiştir (Ali ve Lovatt, 1994; Rabe, 1994; Chermahini vd., 2011). Zeytinde özellikle toprak ve yapraktan üre uygulamasının (% 4 oranında Mayıs, Haziran, Eylül ve Ekim aylarında) birlikte uygulanması ile yaprak azot içeriğini arttırmada sadece toprak uygulamasına göre daha etkili olduğu görülmüştür (Fernández-Escobar vd., 2009). Azot eksikliği görülen zeytin ağaçlarına yapraktan % 2’lik üre uygulaması yaprak azot içeriğini önemli ölçüde arttırmıştır (Klein, 1984, Regni ve Proietti, 2019). Çemen otunda 3 farklı dozda azot, fosfor, potasyum (2, 3 ve 4g/1000) uygulamaların, bitkinin verim ve verim özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Yapraklara uygulanan makro besin elementlerin, bitki boyu, bakla sayısı, bakladaki tane sayısı, bakla uzunluğu, bin tane ağırlığı, tane ve biyomas verimi, tanedeki azot ve protein oranına etkisi olumlu olmuştur (Amirnia vd., 2018). Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.), yapraktan azot (UAN) uygulanması (0, 11, 22, 34, ve 45 kg N ha⁻¹), tane protein içeriğini ve unların ekmek yapma özelliklerini geliştirmek için en etkili tarımsal araçlardan biri olarak kabul edilmektedir (Woolfolk vd., 2002, Bly vd., 2003, Arif vd., 2006). Yapraktan N uygulaması aynı zamanda dünyadaki pamuk üretim bölgelerinin çoğunda standart bir uygulamadır (Gerik vd., 1998) ve birçok çalışma, topraktaki yüksek N miktarlarında bile yapraktan N uygulamasının faydasını göstermektedir (Bondada vd., 1999; Oosterhuis ve Bondada, 2001).

Yapraktan fosfor uygulaması birçok meyve verimi için faydalıdır. Yapraktan P uygulamalarına yanıt olarak portakal ağaçlarında meyve tutumunda (Albrigo, 1999), meyve veriminde (Lovatt vd, 1988) ve meyve kalitesinde (Albrigo, 1999) artış olduğu rapor edilmiştir. Fosfor bazlı (kalsiyum içeren) yaprak gübrelere uygulamasıyla (% 0.5 Ca iki kez) daha koyu bir kırmızı elma kabuk rengi elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Elma kabuk rengi yoğunluğunun artması ve meyve kalitesinin artmasının, elmanın mineral bileşiminin değişmesine bağlıdır. (Larrigaudiere vd., 1996, Stampar vd. 2015).

Sürücü ve Küçükyumuk (2023) potasyumlu ve kalsiyumlu gübrelere ayrı ayrı veya birlikte yapraktan uygulanması (1% Ca + 1% K dozlarında KNO_3 ve $CaNO_3$ kaynaklarından) durumunda elmanın verim, kalite ve besin elementi içeriğini artırmak için önemli olduğu ortaya koymuşlardır. Toprakta yeterli miktarda potasyum ve kalsiyum olsa dahi yapraktan uygulanan %1 Ca + %1 K uygulamaları ile meyve kalitesi ve verimde artışın olabileceği belirlenmişlerdir. Yapraktan potasyum uygulamasının hızlı ve etkili olduğu cevizde ve antepfıstığında yapılan araştırmalarda da bildirilmiştir (Norozi vd. 2019; Marchand 2020). Umar vd. (1999) yerfıstığında yapraktan KCl ve K_2SO_4 (% 0.5 ve %1 uygulamalarının yaprak K içeriği, fıstık protein ve yağ oranını artırdığını bildirmişlerdir. Asmada yapraktan uygulanan 5 farklı dozda (% 0, % 0.5, % 1, % 1.5, % 2) KNO_3 ve 3 farklı uygulama zamanının denendiği (çiçek öncesi, meyve tutumu, ben düşme) bir çalışmada, KNO_3 uygulamalarının uygulama sonrasında asmada verim, toplam kuru madde, titre edilebilir asitlik üzerine önemli derecede etkisi olduğu belirlenmiştir (Yağmur vd., 2005). Yine bağlarda bir diğer çalışmada farklı K dozlarının yaprak ve yaprak sapı element içerikleri (P, N, Ca, K, Mg, Cu, Fe, Mn ve Zn) üzerine etkisini belirlemek amacıyla, yapraktan 0-%0.5-%1-%1.5-%2 dozlarında KNO_3 uygulanmıştır KNO_3 uygulamasının yaprak ve yaprak saplarındaki N, P ve K içeriği üzerinde uygulama yapılmayan asmalara göre olumlu etkisi olmuştur. Yaprak ve yaprak saplarındaki en yüksek N, P ve K içerikleri en yüksek %2 KNO_3 uygulamasından elde edilmiştir (Aydın vd., 2005). Çekirdeksiz sultani (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde yapraktan K uygulaması ile üzümün verim ve yaprak içeriğindeki N,P,K oranına etkileri araştırılmış, bu amaçla kontrol (uygulama yapılmayan), %1 KNO_3 , %2 KNO_3 ve %2 KNO_3 + %1 $NH_4H_2PO_4$ olacak şekilde 4 farklı uygulama meyve tutumundan sonra 2 haftada bir 3 kez uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yaş meyve verimi istatistiksel olarak önemli oranda artmıştır. %2 KNO_3 uygulaması kontrole göre %13 artış göstermiş ve en yüksek artış gösteren parsel olmuştur. En yüksek K içeriği %2 KNO_3 uygulamasında, en yüksek P içeriği ise %2 KNO_3 + %1 $NH_4H_2PO_4$ uygulamasından elde edilmiştir (Yener vd., 2008). Mimoun ve Marchhand (2013) elma, armut, erik, zeytin, şeftali ve turuncgil meyvelerinde potasyum sülfat yapraktan uygulamışlardır. Deneme sonunda, meyve veriminde, K'nın etkisi zeytin ağacı için sadece 5 yıllık uygulamadan sonra önemli olmuş, an-

çak şeftali ve erikte herhangi bir etki tespit edilememiş, elma, turunçgil ve armut için sadece bir sonraki sezon verim artışı gözlemlenmiştir. Meyve ağırlığında ve kalitesinde de artışlar belirlenmiştir. Güner vd. (2014), narda verim ve bitki besin içeriğine olan etkilerini görebilmek amacıyla potasyumlu ve kalsiyumlu gübreleri yapraktan uygulamışlardır bu amaçla yapraktan %1.5 ve %3 KNO₃, %1.5 ve %3 Ca(NO₃)₂, %0.75 KNO₃ + %0.75 Ca(NO₃)₂ ve %1.5 KNO₃ + %1.5 Ca(NO₃)₂ uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, kontrole göre %3 KNO₃ uygulamasının verimi artırdığı tespit edilmiştir. Potasyum nitrat uygulamalarını yaprakta K konsantrasyonunu, Ca(NO₃)₂ uygulamaları da yaprakta Ca konsantrasyonunu arttırmıştır. Bir başka çalışmada, elma ağaçlarına yapraktan %2 K (potasyum sülfat) ile %0.2 CaCl₂ şeklinde Ca uygulanmış, ayrı ayrı ve birlikte yapılan uygulamaların kontrole göre verim, meyve tutumu, toplam çözünür katı madde, sürgün çapı, sürgün uzunluğu, yaprak alanı, meyve çapı, meyve uzunluğu ve ortalama meyve ağırlığını artırdığı belirlenmiştir (Mosa vd.,2015). Shen vd. (2016), farklı potasyum kaynaklarından KH₂PO₄, KNO₃ ve humik asit potasyum kullanarak armutta yapraktan (0.08% K; 0.3 % KH₂PO₄, 0.22% KNO₃, 0.27% HAK) eşit oranlarda K uygulaması yapmışlardır. Sonuçlara göre yaprak ve meyve K içeriği artışının verimi arttırdığını, toplam çözünebilir şeker, titre edilebilir asit, tat, diğer K kaynaklarına göre KNO₃ ile verimin en fazla arttığını belirlemişlerdir. Bazı şeftali çeşitlerinde Potasyum nitrat ve potasyum sülfat gibi farklı potasyum kaynaklarının verim ve kalite üzerine etkileri araştırıldığı bir başka çalışmada, en yüksek meyve ağırlığının potasyum sülfat uygulanan ağaçlarda elde edilen meyvelerde, en düşük meyve ağırlığı ise kontrol (uygulama yapılmayan) meyvelerden elde edilmiştir. En yüksek SÇKM (suda çözünür kuru madde) değeri potasyum nitrat uygulanan ağaçların meyvelerinde ölçülmüş, en düşük SÇKM değeri ise uygulama yapılmayan ağaçların meyvelerinde belirlenmiştir (Yorulmaz, 2020).

Red Delicious elma çeşidinde yapılan bir çalışmada, K, Ca ve K + Ca kombinasyonları tam çiçeklenmeden sonra beş kez üçer hafta aralıklarla 5 g/l CaCl₂ ; tam çiçeklenmeden sonra üç kez (9. 12. ve 15. haftalarda) 2.5 g/l potasyum klorür, potasyum sülfat, ve potasyum nitrat (Ca ve Ca + K) şeklinde yapraktan uygulanmıştır. Sonuç olarak, K'nın, CaCl₂ ile birlikte uygulanması ile meyve verim ve K alımını artırdığını bildirmişlerdir. CaCl₂ ve farklı potasyum kaynaklarının birlikte uygulanmasının, potasyum ve kalsiyumun bireysel uygulamalarına göre meyve rengi, meyve eti sertliği, meyve K ve Ca alımını ve K/Ca oranının artırdığı bildirilmiştir (Solhjo vd., 2017). Küçükyumuk ve Erdal (2022), elma ağaçlarında kalsiyumun elma kalitesi ve mineral beslenme konsantrasyonu üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada yapraktan kalsiyum (%0,5 Ca, CaCl₂ kaynağından) uygulamasının yapraklarda Ca konsantrasyonunu ve kalite parametrelerini kontrol koşullarına göre artırdığını belirlemişler, tam çiçeklenmeden sonra iki kez ve on beş gün arayla

%0.5 Ca uygulamasının yeterli olduğunu belirlemişlerdir.

Magnezyumun yapraktan uygulanması, bitkilerde enzim aktivasyonu, protein sentezi, karbonhidrat metabolizması ve metabolizma gibi fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerde çok önemli bir rol oynar, bitki dokularındaki oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonlarında katalizör görevi görür (Thalooth ve ark., 1990; Adnan vd., 2020). Buğdayda magnezyumun yapraktan uygulanmasının (6.72 kg MgSO₄/fed) bitki gelişimine, yaprak alanı, klorofil içeriği ve kuru madde üzerinde etkisi olumlu olmuştur (EL-Metwally vd. 2010. Krizmanic vd. (1998), ayçiçeği çeşitleri üzerinde magnezyum sülfatın etkisini incelemek için yaptıkları araştırmada, tomurcuk oluşumu ve çiçeklenme zamanlarında %5 Epsom tuzu (MgSO₄.7H₂O) çözeltisinin yapraktan uygulandığında tane verimini ve yağ içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Asmada yapraktan uygulanan magnezyum sülfat veya magnezyum oksit'in (3.86 kg Mg/ha) üzüm kalitesini artırdığı bildirilmiştir (Rupp vd., 2002).

Mikro Element Gübrelemesine Yönelik Çalışmalar

Ghosh vd. (2023), mürdümük bitkisinde yapraktan % 0.5 Fe ve Zn uygulamalarının verimi kontrole göre %13 oranında artırdığını belirlemişlerdir. Ayrıca çalışmada % 21 oranında insanlarda besin emilimini engelleyen fitik asitte düşüş görülmüştür. Yapraktan çinko uygulamasının meyve mineral besin düzeylerini, verimi ve kalitesini önemli ölçüde iyileştirebileceğini göstermiştir. Bağlarda yapraktan Fe uygulamasının yaprak aya ve sapının toplam Fe ile Zn, Mn, Cu ve aktif Fe içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkiler yaptığı belirlenmiştir (Yağmur vd., 2005). Elma ağaçlarına yapraktan kilyet formunda artan demir uygulamalarının (0, 1, 2 ve 3 g Fe/ağaç) elma bitkisinin bir kısım meyve özellikleri ile yaprak mineral besin maddeleri kapsamına etkilerini incelemişlerdir. Yapraktan uygulanan demirin elmanın çap, boy ve ağırlığına önemli bir etkisi olmamış, bitki sürgün uzunluğunu önemli ölçüde artırmıştır. Artan demir dozları elma yaprağının toplam demir ve suda çözünür kapsamını önemli düzeyde artırmıştır (Çimrin vd. 2000).

Granny Smith ve Red Chief elma çeşitlerinde sonbahar ve ilkbaharda yapılan yapraktan bor uygulamasında (100 litre suya 100 cc oranında suda çözünür Bor %11) meyve tutum, verim ve kalitede artış olmuştur (Çilekar, 2019). Bu uygulamalardan sonbahar uygulamasında verim ve kalite artışı, ilkbahar uygulamasına göre daha fazladır. Elmalarda yapraktan B uygulamasının hasattan sonra sonbaharda yapılması tavsiye etmişlerdir. Shu vd. (1994) Reliance şeftali çeşidinde sulu bor ve borik asit yapraktan uygulanarak ağacın meyve ve yaprakların bor alımını ve diğer organlara taşınmasını incelemişlerdir. Uygulama neticesinde meyve ve gövdede bor alımının olduğu ve bor uygulaması yapılmayan dokulara taşındığı tespit edilmiştir. Şeftali ağaçlarının yapraktan aldığı B'yi diğer dokulara taşıma yeteneği olduğunu belirtmişlerdir. Soomro vd. (2005) yapraktan Zn, Cu, B ve Mn gübrelere şeker kamışına uygulamışlar,

verimde Cu (0.50 kg/da) ve Zn (1.50 kg/da) gübrelerinin düşük oranları Mn ve B gübrelerine göre daha iyi sonuçlar elde edildiğini bildirmişlerdir. Yüksek dozda Mn ve B gübreleri şeker kamışı verimini düşük dozlara göre artırırken, artan dozlarda ise Cu ve Zn'ye göre bitki gecikmeli yanıt vermiştir. Optimal bitki örtüsünün P/N: 0.14-0.65, K/N: 1-3.17, Ca/Na: 0.34-0.96 ve Mg/N: 0, 18-0.57 arasında olduğu zaman olduğunu belirtmişlerdir. Hör (2022) yaprak-tan uygulanan bor (Borik Asit, Boraks ve Sodyum Okta Borat) kaynaklarının (0.25 g/l B) şeker pancarının verim ve kalitesine etkisini incelediği çalışmada sonuçlara göre yaprak-tan bor uygulamaları kontrole göre verim ve kaliteyi art-tirmiştir. Farklı B kaynaklarının şeker oranı, yumru verimi, şeker verimi, bitki boyu, yumru çapı, kuru madde verimi gibi verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Dünyada yaygın olarak kullanılan pestisitlerin çoğu bakır içeriklidir. Ba-kır içeren pestisitler, adını Fransa'nın Bordeaux bölgesinden alan halk arasında "Bordo Bulamacı" olarak adlandırılan içerisinde bakır sülfat ve sönmüş kireç bulunan karışım fungusit olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu sebepten meyve ağaçlarına çoğunlukla yaprak-tan bakırlı gübreleme uygulamasına ihti-yaç duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- ACARSOY BİLGİN, N. (2022), Effects of Foliar Applications on Nutrient Concentrations of Kernel, Pomological Properties and Yield of ‘Chandler’ Walnut Variety at Different Altitudes - *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)*, 28(4), 603-612.
- ADNAN, M., HAYYAT, M. S., IMRAN, M., REHMAN, F., SAEED, M. S., MEHTA, J., TAMPUBOLON, K. (2020), Impact of Foliar Application of Magnesium Fertilizer on Agronomic Crops: A Review, *Ind. J. Pure App. Biosci.* 8(6), 281-288. doi: <http://dx.doi.org/10.18782/2582-2845.8465>
- ALBRİGO, L.G. (1999), Effects of foliar applications of urea or nutriphite on flowering and yields of Valencia orange trees. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 112,1-4.
- AMIRNIA, R. , GHIYASI, M. , SADIGHFARD, S., MOGADDAM, S. S. (2018), Effect of Some Macronutrients Foliar Application on The Quantitative and Qualitative Traits of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) . *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)* , 35 (3), 305-318. DOI: 10.13002/jafag4446
- ARİF, M., CHOHAN, M.A., ALİ, S., GUL, R., KHAN, S. (2006), Response of wheat to foliar application of nutrients. *J. Agric. Biol. Sci.*, 1, 30–34.
- AYDIN, Ş., YAĞMUR, B., ÇOBAN, H., (2005), Bağda Yapraktan KNO₃ Uygulamalarının Yapraktaki Besin Element İçeriklerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 42(1), 167-177.
- BLY, G.A., WOODARD, H.J. (2003), Foliar nitrogen application timing influence on grain yield and protein concentration of hard red winter and spring wheat. *Agron. J.*, 95, 335–338.
- BONDADA, B.R., D.M. OOSTERHUIJ, AND N.P. TUGWELL. (1999), Cotton growth and yield as influenced by different timing of late-season foliar nitrogen fertilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 54:1-8.
- ÇİLEKAR, S. (2019), Elma Ağaçlarında Sonbahar Ve İlkbaharda Yapraktan Bor Uygulamasının Etkileri Yüksek Lisans Tezi Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
- ÇİMRİN, K.M., GÜLSER, F., BOZKURT, M.A. (2000), Elma Ağaçlarına Yapraktan ve Topraktan Demir Uygulamalarının Yaprak Mineral İçeriği ve Bitki Gelişimine Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6 (3), 68-72.
- EL-METWALLY, A. E., ABDALLA, F. E., EL-SAADY, A. M., SAFİNA, S. A., & EL-SAWY, S. S. (2010), Response of wheat to magnesium and copper foliar feeding under sandy soil condition. *Am. J. Sci.* 6(12), 818-823.
- FAGERİA, N. K., FİLHO, M. B., MOREİRA, A., GUİMARÃES, C. M. (2009), Foliar fertilization of crop plants. *Journal of plant nutrition*, 32(6), 1044-1064.
- FERNÁNDEZ, V., T. SOTİROPOULOS, P. BROWN, (2013), *Foliar Fertilization Scientific Principles and Field Practices Foliar fertilization: scientific principles and field practices* First edition, IFA, Paris, France, ISBN 979-10-

92366-00-6 p.32

- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; MARÍN, L.; SÁNCHEZ-ZAMORA, M.A.; GARCÍA-NOVELO, J.M.; MOLINA SORÍA, C.; PARRA, M.A. (2009), Long-term effects of N fertilization on cropping and growth of olive trees and on N accumulation in soil profile. *Eur. J. Agron.*, 31, 223–232.
- FRANKE, W. (1967), Mechanisms of foliar penetration of solutions. *Annual Review of Plant Physiology* 18: 281–300.
- GAO, S.D., YANG, C.Y., DENG, X.P., XIA, Y., SHEN, Z.G., CHEN, Y.H. (2018), Study on absorption and transport of K and Zn by foliar application in tobacco leaves. *J Nanjing Agric Univ* 41:330–340.(in Chinese). <https://doi.org/10.7685/jnau.201706033>
- GERİK, T.J., D.M. OOSTERHUIS, TORBERT, H.A. (1998), Managing cotton nitrogen supply. *Advances in Agronomy*, Vol 64. 64:115-147.
- GHOSH, A., ARPITA, N., M.D., HASİM, R., SUBHAM, M., RAJİB, N.,(2023), Zinc and iron foliar feeding on different lathyrus varieties influencing the biofortification, bio-availability and productivity, *Journal of Plant Nutrition*, 46:14, 3325-3338, DOI: 10.1080/01904167.2023.2202185
- GÜNERİ, M., YOKAŞ, İ., TUNA, L.A., YILDIZTEKİN, M. (2014), Hıcaz Nar Bahçelerinde Kalsiyum ve Potasyumlu Gübrelemenin Verim ve Beslenme Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 51 (2), 165-177.
- HÖR, S. 2022, Farklı Zamanlarda Yaprakdan Uygulanan Bor Kaynaklarının Şeker Pancarının Verim Ve Kalitesine Etkisi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- KACAR, B., KATKAT, A.V. (2006), Bitki Besleme. Nobel Yayınevi No: 849. 593 s
- KLEİN, I., WEINBAUM, S.A. (1984), Foliar application of urea to olive: Translocation of urea nitrogen as influenced by sink demand and nitrogen deficiency. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 109, 356–360.
- KORKMAZ, G.C. (2005), M9 Anacı Üzerine Aşılı Farklı Elma Çeşitlerinde Yapraktan Uygulanan Kalsiyum ve Bor'un Meyve Niteliği Üzerine Etkileri. (Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı)
- KRİZMANIĆ, M., JURKOVİĆ, Z., KOVACEVIĆ, J., MIJIĆ, A. (1998), Status and perspectives of sunflower growing in Croatia. In “Short Communications, Zima M. and Bartosova M. L – Editors, I”, Fifth Congress of European Society for Agronomy, Nitra, The Slovak Republic, 117- 118.
- KÜÇÜKYUMUK Z., ERDAL İ., (2022), Effect of Calcium on Mineral Nutrient Concentrations and Fruit Quality in Different Apple Tree Varieties. *Journal of Elementology*, 27(1), 75-85. Doi:10.5601/jelem.2022.27.1.2168
- LARRİGAUDIÈRE, C., PİNTO, E., VENDRELL, M. (1996). Differential effects of ethephon and Seniphos on color development of ‘Starking Delicious’ apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(4): 746–750.

- Li, W.Z., Li, W.H., Xu, M.Y., Wang, L. (2018), Analysis of mineral elements in maize kernel treated with leaf fertilizers. *Biotechnol Bull*, 34:110–116(in Chinese). <https://doi.org/10.13560/j.cnki.biotech.bull.1985.2017-0957>
- LİNG, F., SİLBERBUSH, M. (2002), Response Of Maize To Foliar Vs. Soil Application Of Nitrogen–phosphorus–potassium Fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 25:11, 2333-2342.DOI: 10.1081/PLN-120014698
- LOVATT, C.J., Y.S. ZHENG, HAKE, K.D. (1988), Demonstration of a change in nitrogenmetabolism influencing flower initiation in citrus. *Israel Journal of Botany*. 37:181-188.
- MARCHAND, M. (2020), Efficiency of foliar applications of potassium sulphate on walnut production. XXX International Horticultural Congress IHC2018. doi: 10.17660/ActaHortic.2020.1280.15
- MİMOUN, B., MARCHAND, M. (2013), Effects of Potassium Foliar Fertilization on Different Fruit Tree Crops Over Five Years of Experiments. *Acta Hortic*. 984, 211-217.
- MODAİHSH, A.S. (1997), Foliar application of chelated and non-chelated metals for supplying micronutrients to wheat grown on calcareous soil. *Experimental Agriculture*. 33:237-245.
- MOSA EL-GLEEL, W.F., EL-MEGEED, N.A., SAS PASZT, L., (2015), The Effect of the Foliar Application of Potassium, Calcium, Boron and Humic Acid on Vegetative Growth, Fruit Set, Leaf Mineral, Yield and Fruit Quality of 'Anna' Apple Trees. *Journal of Experimental Agriculture International*, 8(4), 224-234.
- NEUHAUS, C., GEİLFUS, C.M., MÜHLİNG, K.H. (2014), Increasing root and leaf growth and yield in Mg-deficient faba beans (*Vicia faba*) by $MgSO_4$ foliar fertilization. *J Plant Nutr Soil Sci*, 177, 741–747. <https://doi.org/10.1002/jpln.201300127>
- NOROZİ, M., VALİZADEHKAJİ, B., KARİMİ, R., NİKOOGOFTAR SEDGHİ, M. (2019), Effects of Foliar Application of Potassium and Zinc on Pistachio (*Pistacia vera* L.) Fruit Yield. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 6(1), 113-123. doi: 10.22059/ijhst.2019.278757.286
- OLIVEİRA, K.S., DE MELLO, P.R., DE FARIAS GUEDES, V.H. (2020), Leaf spraying of manganese with silicon addition is agronomically viable for corn and Sorghum plants. *J Soil Sci Plant Nutr*; 20, 872–880. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00173-6>
- OOSTERHUIS, D.M., BONDADA, B.R. (2001), Yield response of cotton to foliar nitrogen as influenced by sink strength, petiole, and soil nitrogen. *J. Plant Nutr.*, 24, 413-422.
- OTÁLORA, G., PIÑERO, M.C., LÓPEZ-MARÍN, J., VARÓ, P., DEL AMOR, F.M. (2018), Effects of foliar nitrogen fertilization on the phenolic, mineral, and amino acid composition of escarole (*Cichorium endivia* L. var. latifolium). *Sci Hortic-Amsterdam*, 239,87–92. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.031>.

- PAPADAKİS, I.E., PROTOPAPADAKİS, E., ITHERİOS, N., TSİRAKOĞLOU, V. (2005), Foliar treatment of Mn deficient ‘Washington Navel’ orange trees with two Mn sources. *Scientia Horticulturae*, 106,70-75.
- PHATTARAKUL, N. (2012), Biofortification of rice grain with zinc through zinc fertilization in different countries. *Plant Soil* 361:131–141. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1211-x>
- RALİYA, R., NAİR, R., CHAVALMANE, S., WANG, W.N., BİSWAS, P. (2015), Mechanistic evaluation of translocation and physiological impact of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles on the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant. *Metallomics*, 7,1584–1594. <https://doi.org/10.1039/C5MT00168D>
- REGNİ, L., PROİETTİ, P. (2019), Effects of Nitrogen Foliar Fertilization on the Vegetative and Productive Performance of the Olive Tree and on Oil Quality. *Agriculture*. 9(12), 252. <https://doi.org/10.3390/agriculture9120252>
- RUPP, D., FOX, R., TRÄNKLE, L. (2002), Foliar application of magnesium fertilizer in grapevines: Effects on wine quality. *ISHS Acta Horticulturae*, 594, 149–155.
- SCHÖNHERR, J. (2006), Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. *Journal of Experimental Botany*, 57(11), 2471-2491.
- SHEN, C., DİNG, Y., LEİ, X., ZHAO, P, WANG, S., XU, Y., DONG, C. (2016), Effects of Foliar Potassium Fertilization on Fruit Growth Rate, Potassium Accumulation, Yield and Quality of ‘Kousui’ Japanese Pear. *HortTechnology*, 26(3), 270-277.
- SHU, Z.H., CARY, E., RUTZKE, M. OBERLY, G. (1994), Absorption and Translocation of Boron Applied to Aerial Tissues of Fruiting ‘Reliance’ Peach Trees. *HortScience*, 29 (1), 25-27.
- SOLHJOO, S., GHARAGHANİ, A., FALLAHİ, E. (2017). Calcium and Potassium Foliar Sprays Affect Fruit Skin Color, Quality Attributes and Mineral Nutrient Concentrations of Red Delicious Apples. *International Journal of Fruit Science*, 17:4, 358-373, DOI: 10.1080/15538362.2017.1318734
- SOOMRO, F.M., BHATTİ, M.B., JAMRO, G.H., KUMBHAR, M.I. (2005). Effect of Micronutrients on the Yield and Value Cost Ratio of Sugarcane. *Indus Journal of Biological Sciences*, 2(2), 191-195.
- STAMPAR, F., BİZJAK, J., VEBERİC, R., JAKOPIČ, J. (2015), Foliar Application of Phosphorus Improves Apple Fruit Color During Ripening. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 63, 1195-1200. 10.11118/actaun201563041195.
- SÜRÜCÜ, O., KÜÇÜKYUMUK, Z. (2023), Effect of foliar potassium and calcium applications on the nutrient status, fruit quality and yield of apple tree varieties. *Journal of Elementology*, 28(1): 173-187. DOI: 10.5601/jelem.2022.27.3.2327
- THALHEİMER, M., PAOLİ, N. (2002), Influence of foliar nutrient spray concentrations on leaf absorption and phytotoxicity in apple. *Acta Horticulturae*,

594,595-600.

- THALLOOTH, A.T., EL-ZEİNY, H.A., SAAD, A.O.M. (1990), Application of potassium fertilizer for increasing salt tolerance of broad bean (*Vicia faba* L.). *Bull Egypt. Soc. Physiol. Sci.*, 10, 181-193.
- UMAR, S., BANSAL, S.K., PATRÍCİA, I., MAGEN, H. (1999), Effect of foliar fertilization of potassium on yield, quality, and nutrient uptake of groundnut. *Journal of Plant Nutrition*, 22(11), 1785-1795, DOI: [10.1080/01904169909365754](https://doi.org/10.1080/01904169909365754)
- WEİ, D.P., WEİ, J.F., WU, X.K., LİU, H.Y., XİONG, J.W., SHĪ, D.N. (2013), Effect of foliage spray on dry matter accumulation, nutrient status and soil nutrient of potato. *J Henan Agric Sci*, 42:57–61 (in Chinese). [https:// doi.org/10.3969/j.issn.1004-3268.2013.08.014](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-3268.2013.08.014)
- WOOLFOLK, C.W., RAUN, W.R., JOHNSON, G.V., THOMASON, W.E., MULLEN, R.W., WYNN, K.J., FREEMAN, K.W. (2002), Influence of late-season foliar nitrogen applications on yield and grain nitrogen in winter wheat. *Agron. J.*, 94, 429–434.
- YAĞMUR, B., AYDIN, Ş., ÇOBAN, H. (2005), Bağda Yapraktan Demir (Fe) Uygulamalarının Yaprak Besin Element İçeriklerine Etkisi. *Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg.*, 42(3):135-145.
- YENER, H., ÇOBAN, H., ÇAKICI, H. (2008), Yapraktan Potasyum Uygulamalarının Sultani Çekirdeksiz (*Vitis Vinifera* L.) Üzüm Çeşidinde Üzüm Verimi ve Yaprakların N, P, K İçerikleri Üzerine Etkisi. *İzmir, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21-25.
- YORULMAZ, S. (2020), Bazı Şeftali Çeşitlerinde Farklı Dozlarda Potasyum Nitrat ve Potasyum Tiyo Sülfat Uygulamasının Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- ZHANG, C., JĪA, H.F., WANG, J., JĪU, S.T., WANG, M.Q. (2016), Effectiveness and concentration of foliar-application of potassium fertilizers on grapevine evaluated by expression of potassium uptake related genes. *Plant Nutr Fert Sci*, 22,1091–1101 (in Chinese). <https://doi.org/10.11674/zwyf.15251>
- ZHENG, C.S. (2018), Effects of foliar nitrogen applications on the absorption of nitrate nitrogen by cotton roots. *Cotton Sci*, 30, 338–343. (in Chinese). <https://doi.org/10.11963/1002-7807.zcsdhl.20180703>
- ZHENG, Y.H., PAN, G.Y., MAO, G.J., WAN, B., HU, J. (2007), The effect of potassium fertilizer (as the foliage dressing) on potato yield with virusfree. *Guizhou Agric Sci*, 35, 69–70. (in Chinese). <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-3601.2007.01.024>
- ZHU, Z., CHEN, Y., ZHANG, X., LĪ, M. (2016), Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, 198, 304-310.



Bölüm 3

ERKEK ARI LARVASI (APILARNİL) VE KULLANIM ALANLARI

Hasan KESİMOĞLU¹

Kenan KÖPRÜCÜ²

1 Doktora Öğrencisi, Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-7639-047X

2 Prof. Dr., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-5697-5224

1. Giriş

Günümüz dünya nüfusunun artmasıyla beraber birçok olumsuz faktör oluşmaktadır. Bu faktörlerden en önemlisi yetersiz gıda ve beslenmedir (İnci vd., 2021). Tarımsal üretimde artış olmasına rağmen yine de beslenmede protein açığının kapanamaması insanoğlunu yeni besin kaynaklarını aramaya sevk etmiştir. Protein açığını kapatmak ve alternatif besin kaynakları oluşturmak amacıyla böcekler de kullanılmıştır. Modernleşmeyle beraber toplumlar tüketim alışkanlıklarını değiştirmiştir. Sorunları minimize etmek için yeni beslenme programları geliştirmiştir. Böceklerin içerdiği değerli besin kaynakları hem böcek tüketimini artırmış hem de bu konuda yeni araştırmalar yapılmasına imkân sağlamıştır. Hayvancılıkta, özellikle de kanatlılarda ve balık yemlerinde protein kaynağı olarak böcekler kullanılmaya başlanmıştır. Yenilebilen böcekler tarım sistemlerinde yeni teknolojiler kullanılarak bol miktarda üretilmektedir. Gelecekte insan beslenmesinde önemli bir rol oynayabileceği düşünülmektedir (Topal vd., 2018).

Böcekler, bitkilerin polenler ile yeniden üretilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu durum insanoğlu için yaşamsal öneme sahiptir. Yaklaşık 100 bin böcek türü canlı polen taşıyarak tozlaşmayı ve bitkisel hayatın devamını sağlamaktadır. Bu canlılar arasında tozlaşmada en önemli katkıyı sağlayan tür bal arılarıdır. İnsanların arılardan ilk edindikleri ürün bal olmuştur ve teknolojik gelişmelerle beraber günümüzde arı ürünlerinin sayısı artmıştır. İnsan sağlığı için koruyucu, besleyici ve terapötik olan bal, arı poleni, propolis, arı sütü, apilarnil (erkek arı larvası), ana arı larvası ve arı ekmeği (perga) gibi ürünler bitkisel kaynaklar kullanılarak bal arıları (Ülkemizdeki türü: *Apis mellifera*) tarafından üretilmektedir. Bu faaliyetler “arıcılık faaliyetleri” şeklinde tanımlanmaktadır (Topal vd., 2018; Metin ve Koçyiğit, 2023). Tıpta ve besin ihtiyacını karşılamada ilk olarak Sümer kil tabletlerinde kullanımına rastlanan (Oğuz, 2021) arı ürünlerinin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, yapılmış birçok bilimsel araştırmalarla belirlenmiştir. En sık kullanılan arı ürünleri bal, polen ve propolistir. Son zamanlarda ise erkek ve ana arı larvaları besin birleşimlerinin zengin olması sebebiyle gıda, ziraat, hayvancılık ve özellikle sağlık alanında apiterapötik olarak kullanılmaya başlanmıştır (İnci vd., 2021; Kekeçoğlu vd., 2021). Apiterapi ise genel sağlığın korunması, hastalıkların önlenmesi ve hastalık tedavisi için arı ürünlerinin kullanımı şeklinde tanımlanmıştır (Özdemir vd., 2021; Metin ve Koçyiğit, 2023).

Beslenmeye ek olarak kullanılan gıda takviyeleri “Türk Gıda Kodeksi Takviye Edici Gıdalar Tebliği”nde; protein, karbonhidrat, yağ, aminoasit, vitamin, mineral, bitkisel ve hayvansal kaynaklı maddeler ve biyoaktif maddelerin konsantre edilmiş veya bu maddelerin tek başına veya karışım halinde çeşitli formlarda hazırlanmış, günlük olarak tüketim dozu belirtilmiş gıda ürünleri şeklinde tanımlanmıştır (Afra Keskiner, 2021).

Son yıllarda fonksiyonel gıdalar olarak adlandırılan kavram fizyolojik fayda sağlayan doğal ürünleri teşvik etmiş ve çeşitli kronik hastalık riskini azaltarak optimal sağlığa kavuşmada bir araç olarak kullanılmasını sağlamıştır. Diyet lifi gibi doğal olarak oluşan biyoaktif maddelere sahip gıdalar, 2 probiyotikler ve antioksidanlar gibi biyoaktif maddelerle takviye edilmiş gıdalar ve prebiyotikler gibi gıdalara eklenen gıda bileşenleri fonksiyonel gıdaların içeriğini oluşturmaktadır. Fonksiyonel gıdalar kanser riskinin azalması, kalp sağlığının iyileştirilmesi, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, menopoz semptomlarının azaltılması, gastrointestinal sağlığın güçlendirilmesi, idrar yolu sağlığının korunması, anti-inflamatuar etkiler ve tansiyonun dengelenmesinde etkilidir. Ayrıca antibakteriyel ve antiviral aktiviteler, osteoporozun azalması ve anti-obezite etkilerinin azalması gibi sağlık açısından birçok fayda sağlamaktadır. Arı poleni, arı sütü ve apilarnil bu özelliği taşıyan besinler arasındadır (Paşca vd., 2021).

Sentetik veya yarı sentetik maddelerden üretilen ilaçlar yerine doğal ve yan etkisi minimize/olmayan ürünlerin kullanımına ilgi artmıştır (Metin ve Koçyigit, 2023). Doğal ürünler üzerine çalışmaların hız kazanması, 2006 yılında Avrupa Birliğinin hayvan yemlerinde yem katkı maddelerinin yasaklanması ve antibiyotik kullanımının kısıtlanması sonucunda olmuştur (Karagözoğlu ve Bediz Şahin, 2022). Ayrıca Sağlık Bakanlığının 27.10.2014 tarihli Resmî Gazetede 29158 sayılı “Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulamaları Yönetmeliği” araştırmacıları doğal farmasötiklere yönlendirmiştir (Kekeçoğlu vd., 2021). Bu kısıtlamalar doğrultusunda su ürünleri yetiştiriciliğinde de tıbbi bitkilere ve arı ürünlerine ilgi artmış, yapılan bilimsel çalışmalar da bu doğrultuda artış sağlamıştır. Doğal arı ürünlerinden olan propolis balık türleri arasında en çok alabalık ve sazan da çalışılmıştır. Bununla birlikte propolis, polen ve arı sütü balıklara banyo, enjeksiyon ve oral yollarla uygulanmaktadır. Propolis, arı sütü ve polen balıklarda antioksidan madde, büyümede artış, bağışıklık sistemini destekleme ve yumurtada verim sağlama gibi konular. Su ürünleri yetiştiriciliği konusunda apilarnil ile ilgili ülkemizde gerçekleştirilen iki çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan biri; sarı prenses balığı (*Labidochromis caeruleus*) anaçlarının apilarnil ile beslenmesinin üreme performansı ve vücut kompozisyonuna etkileri (Şahin, 2020), diğeri ise apilarnil’in yunus çiklit balıklarının (*Cyrtocara moorii*) yumurta verimi ve larval gelişimine etkisi üzerinedir (Beşlioğlu, 2023).

Hazırlanan bu kitap bölümünde apilarnil’in tanıtımı, kimyasal içeriği, üretimi, depolanması, gıda olarak kullanımı, insan ve hayvan sağlığına yönelik etkileri ele alınmış, su canlılarının beslenmesinde yem katkı maddesi olarak değerlendirilebilirlik durumu irdelenmiştir.

2. Apılarnil

Erkek arı gelişme evreleri yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerinden oluşur (Silici, 2020). Romanyalı Nicolae V. İliesiu (1980) tarafından bulunan ve erkek arı larvası olarak bilinen apılarnil, bal arılarının (*Apis mellifera*) (Tablo 1) pupa evresine geçmeden önceki 3-7 günlük vizkoz yapıdaki larval formlara verilen isimdir. Romanya’da keşfedildiği yıllarda psikotik, nörodejeneratif veya cinsel bozukluğu olan yaşlılarda kullanılmıştır.

Tablo 1. Türkiye’deki bal arısının sistematikteki yeri (Engel, 1999).

Alem	Animalia
Şube	Arthropoda
Sınıf	Insecta
Takım	Hymenoptera
Familya	Apidae
Cins	Apis
Tür	<i>Apis mellifera</i>

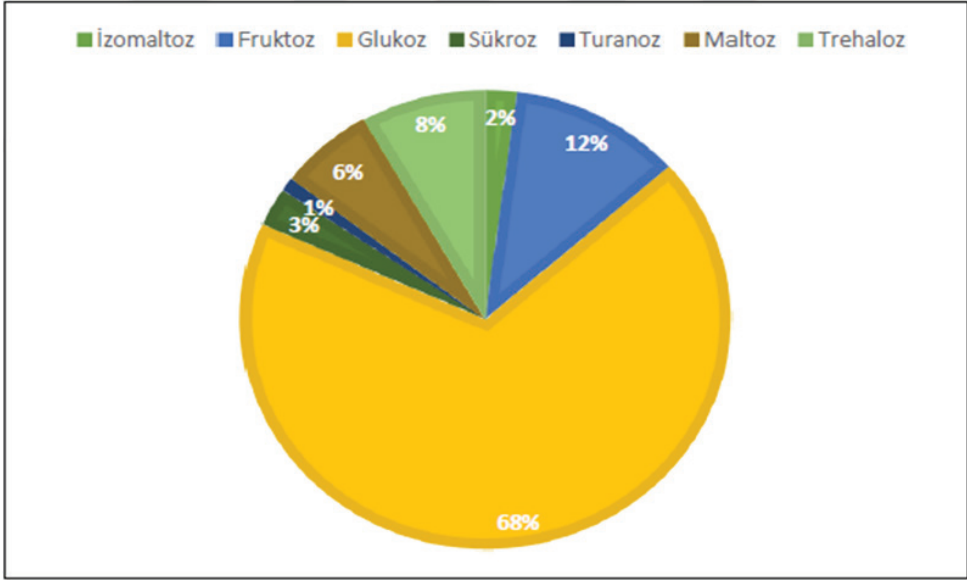
Bu form, döllenenmemiş yumurtanın (kromozom yapıları haploid (n)) kraliçe arının bulunduğu kovanlarda çoğunlukla petek kenarlarında (Şekil 1), kraliçesiz kovanlarda peteğin her yerine yayılmış halidir. Apılarnil biyolojik yönden aktif, zengin besin birleşimine sahip, grimsi sarı renkte, boza kıvamında, homojen ekşi ve hafif acı tatta olan bir arı ürünüdür. Larval dönemde keskin bir yumurta kokusuna sahiptir. Apılarnil homojenize veya liyoflize yapıdadır. Liyoflize olan kremi tonda toz halinde, homojenize olan ise kremi halde yapışkan şekildedir. Gıda takviyesi olarak kullanılan apılarnil, tıpta tamamlayıcı ve destekleyici rolü bulunan doğal bir apiterapötik üründür. Ayrıca kozmetik sanayinde de kullanılmaktadır (Oğuz, 2021; İnci vd., 2021; Kekeçoğlu vd., 2021; Karagözoğlu ve Bediz Şahin, 2022). Nicolae V. İliesiu, çiftliğinde beslediği ördeklere hasat ettiği erkek arı larvalarını yedirmiş ve ördeklerin daha hızlı ve sağlıklı geliştiğini bildirmiştir. Ardından diğer çiftlik hayvanlarını (sığır, koyun, domuz ve tavuk) da bu ürün ile beslemiş, benzer sonuçlar edinmiştir. Apılarnil’in etkileri bu şekilde keşfedilmiş ve birçok hayvanda bilimsel çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Şahin, 2020).



Şekil 1. Apilarnil'in petek içindeki görünümü.

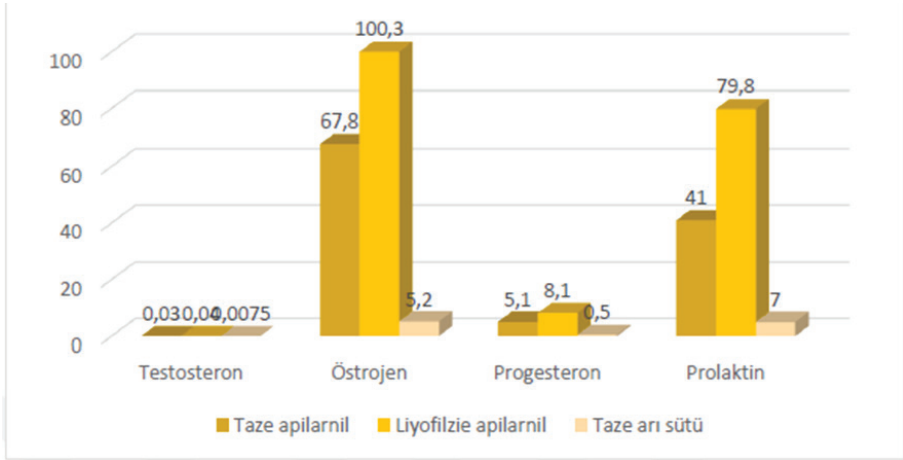
2.1. Kimyasal Yapısı

Apilarnil fiyat bakımından ucuz olan bir biyolojik aktif maddedir. Ayrıca besin maddelerince zengin olması, özellikle yapısında vücudumuz için gerekli olan esansiyel aminoasitleri içermesi nedeniyle 'tam gıda' olarak tanımlanmıştır. Bu ürünün kalitesinin üretim, hijyen, depolama ve pazarlama şartlarından etkilendiği belirtilmiştir. Kimyasal bileşimi etkileyen faktörler arasında larvanın yaşı, üretimin yapıldığı hasat dönemi, coğrafik koşullar, koloninin bulunduğu flora gibi faktörler sıralanmıştır. Genellikle, apilarnil bileşiminin oransal olarak büyük bir kısmını nem (%65-75) oluşturmuş, bunu sırasıyla; protein (%9-12), karbonhidrat (%6-12) ve yağ asitleri (%3.5-8) izlemiştir. İçeriğindeki toplam şeker %6-10, 4 asitlik %1-3, pH düzeyi 6.49 ve kül %2'dir. Şeker profilleri (Şekil 2) ise glukoz %3.4-6.74, fruktoz %0.11-0.6 ve sukroz %0-0.14 oranları arasındadır (Barnuti vd., 2013; Balkanska vd., 2014; Öz-kök ve Erdem, 2017; İnci vd., 2021). Apilarnil'in yapısında esansiyel olan lizin, lösin, izölösin, histidin, valin, metiyonin ve tirozin aminoasitleri bulunmaktadır. Ayrıca B1, B6 ve A vitaminleri; kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum, demir gibi mineraller, steroid hormonları (Sabatini vd., 2009; Aoşan, 2016) ve yağ asitleri bakımından zengindir (Erdem, 2021).



Şekil 2. Liyofilize apilarnil'in şeker profili yüzdeleri.

Yücel vd. (2019) apilarnil'in bileşimi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada; testosteron (14.80 ng/g), progesteron (14.40 ng/g), estradiol (4.12 ng/g) ve prolaktin (1.20 ng/g) değerlerini tespit etmişlerdir. Silici (2020) taze apilarnil birleşimindeki seks hormonlarını; testosteron (0.31 nmol/100g), progesteron (51.3 nmol/100g), estradiol (677.6 nmol/100g) ve prolaktin (410 nmol/100g) belirlemişlerdir. Sidor ve Dzagan (2020). Apilarnil'de gelişim düzenleyici hormonlar ve cinsiyet hormonları olmak üzere iki tip hormon tespit etmişlerdir. Bu çalışmada en yüksek düzeyde bulunan hormonlar östrojen ve prolaktin iken en düşük düzeyde bulunan hormon testosteron olmuştur. Pupa evresine geçmeden önceki erkek steroid hormon düzeyi yaklaşık 0,003 nmol/mL bulunmuştur. Larvaların gelişimi devam ettikçe içeriğindeki cinsiyet hormon miktarı da değişmiş, yaşlı larvalarda testosteron düzeylerinin yüksek, progesteron ve estradiol düzeylerinin ise düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Taze ve liyofilize apilarnil'in hormon seviyelerinin taze arı sütü ile karşılaştırılması (nmol/mL).

Yapılan diğer bazı çalışmalarda ise apilarnil'in yapısında bunlara ek olarak; dihidroksidesenoik ve decenoik gibi yağ asitleri, kortizol, fitosteroller, polifenoller gibi hormonlar, metil palmitat, metil oleat gibi iki yağ asidi esteri, sistein ve sisteinin gibi sülfohidril grupları, antiviral maddeler, esansiyel amino asitlerden treonin ile D, C, B2, niyasin ve kolin vitaminleri, beta-karoten, ksantofil, potasyum, fosfor, manganez ve çinko tespit edilmiştir (Budnikova, 2009; Balkanska vd., 2014; Seres, vd., 2014a,b; Bolatovna vd., 2015; Aoşan, 2016; Hryniewicka vd., 2016; Özkök ve Erdem, 2017; Sawczuk vd., 2019).

Finke (2005) apilarnil'in metabolize edilebilir enerji değerini 1.119 kcal/kg, palmitik ve stearik asit içerikli tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asit oranlarını ise sırasıyla; %46.25 ve %2 olarak bildirmiştir. Yücel vd. (2019) apilarnil'de en yüksek miktarda bulunan yağ asitinin linoleik asit (%52.62) olduğunu tespit etmişlerdir. Apilarnil doymuş (%52), tekli (%46) ve çoklu (%2) doymamış yağ asitlerini içermektedir (Karagözoğlu ve Bediz Şahin, 2022).

Barnutiu vd. (2013) ham apilarnil'in %72.06 nem, %7.23 total protein, %3.8 yağ, %0.94 kül, %0.6 fruktoz, %3.61 glikoz, %0.14 süktroz, %0.33 maltoz, %0.44 trehaloz ve %0.11 izomaltoz içerdiğini rapor etmişlerdir. Margaoan vd. (2017) ham apilarnil'de; nem (%73.25), protein (%9.47), yağ (%8.38), glikoz (%3.55), fruktoz (%0.38), maltoz (%0.90), trehaloz (%0.25) ve serbest yağ asit (1830.07 mg/100g) değerlerini belirlemişlerdir. Silici (2019a)'a göre ham apilarnil %25-35 kuru madde, %9-12 protein, %6- 10 karbonhidrat, %5-8 lipit, %2 kül ve %3 tanımlanmamış madde içermektedir. Yücel vd. (2019)'e göre, ham apilarnil'in içeriğinde %73 nem, %13.25 protein, %5.68 yağ, %1.04 kül ve %2.28 kolesterol bulunmaktadır. Isidorov vd. (2016) ham apilarnil'in %73.6 nem, %10 protein, %12.2 karbonhidrat, %3.5 yağ, %0.7 kül içerdiğini

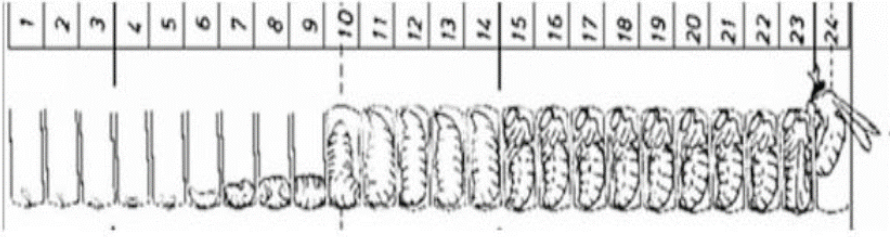
ve enerji değerinin 120.3 kcal/100 g olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada liyofilize apılarnil örneklerinin ise %3 nem, %32 protein, %38.9 karbonhidrat, %24.2 yağ, %2.7 kül içerdiği ve enerji değerinin 501.4 kcal/100g olduğu tespit edilmiştir.

Sönmez (2019) liyofilize apılarnil'in %4.43 nem, %48.75 protein, %21.62 karbonhidrat, %21.13 yağ ve %4.07 kül içerdiğini ve enerji değerinin 472 kcal/100g olduğunu bildirmiştir. Ayrıca fenolik madde (834,05 mg GAE/100 g), antiradikal aktivite inhibisyon düzeyi (%81.61), antioksidan aktivite (90,91 mg AAE/g), fruktoz (%0.28), glukoz (%6.62) ve maltoz (%0.72) değerleri belirlenmiştir. Silici (2020) ise liyofilize apılarnil'in %4.43 nem, %48.75 protein, %21.62 karbonhidrat, %21.13 yağ, %4.07 kül içerdiğini ve enerji değerinin 472 kcal/100 g olduğunu rapor etmiştir. Yine aynı çalışmada apılarnil'in toplam fenolik madde (834.05 mg GAE/100 g), antioksidan aktivite (90.91 mg AAE/g) ve antiradikal aktivite inhibisyon düzeyi (%81.61) bildirilmiştir. Erdem (2021)'e göre, ham apılarnil; %71.22 nem, 6 %28.78 kuru madde, %13.74 protein, %2.22 yağ, %1.09 kül, liyofilize apılarnil ise; %0.01-0.04 nem, %34.01 protein, %22.68 yağ ve %3.27 kül içermektedir.

Lazaryan (2002) liyofilize apılarnil'in %37.57-40.57 oranında toplam amino asit içerdiğini saptamıştır. Margaoan vd. (2017) apılarnil'in toplam esansiyel amino asit değerini 655.86 mg/100g olarak bildirmiştir Silici (2019b) apılarnil'in 16 farklı amino asit içerdiğini, bunlardan lisinin en yüksek (7198 mg/100 g), metiyonin ise en düşük (500 mg/100 g) miktarda bulunan amino asit olduğunu bildirmiştir. Apılarnil sistein ve metiyonin gibi kükürtlü amino asitleri içermesi nedeniyle güçlü bir antioksidan özelliğe sahiptir. Sawczuk vd. (2022) yaptıkları çalışmada apılarnil'de C vitamini (1.68 mg/g), α -tokoferol (5.63 μ g/g), alltrans-retinol (4.27 μ g/g) ve koenzim Q10 (26.18 μ g/g) değerlerini saptamışlardır. Koenzim Q10 yüksek antioksidan özelliğe sahip, vitamin niteliğinde olan ve yağda çözünen bir maddedir (Hryniewicka vd., 2016).

2.2. Apılarnil Üretimi

Erkek arı larvası ilkbahar ve yaz aylarında pupa evresine geçmeden (3-7 günlük sürede) kalitesinin en iyi olduğu petek gözlerinden toplanarak elde edilmektedir. Erkek arı larvasının gelişim aşamaları Şekil 4'te gösterilmiştir. Üretimde kullanılan başlıca yöntemler ise; kovana hazır petek yerleştirme, çerçeve tipi besleme materyalinin altına arının kendisinin erkek gözü oluşturmasını sağlama ve peteğin alt yarısını keserek arının erkek gözlü petek örmesini sağlamak olduğu ifade edilmiştir. Yapılan bir çalışmada her koloniden alınan apılarnil peteklerinin toplam ortalama ağırlığı 1.776 kg ve koloni başına peteklerden çıkarılan toplam ortalama ağırlığı 1.064 kg olarak bulunmuştur. Hasat zamanı gelen larvalar kaşık veya pens kullanarak, tazyikli su akışı sağlayarak ya da vakumlu makine kullanımı ile petekten çıkarılarak üretim aşaması sonlanmaktadır (Silici, 2020; Kekeçoğlu vd., 2021).



Şekil 4. Erkek arı larvası (*Apilarnil*)'nin görsel gelişim aşamaları.

Bir parazit türü olan *Varroa spp.* üremek için erkek arı gözünü tercih etmekte ve bu durum ise arı kolonisine zarar vermektedir. Bu parazitile mücadele amacıyla kolonide hem zararın engellenmesi hem de ekonomik bir katkı sağlanması için kovana erkek arı kuluçka petekleri yerleştirilmektedir. Böylece hem erkek arı larvası üretimi hem de bu zararlı parazitin kovandan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Bu parazit nedeniyle atık ürün olarak nitelendirilen petekler kesilip kovandan uzaklaştırılmakta ve bu şekilde apilarnil üretimi yapılmaktadır (Oğuz, 2021).

2.3. Apilarnil'in Depolanması

Erkek arı larvası en kaliteli besin formuna sahip olduğu zamanda hasat edilir. Patojenik bir organizma olan bakteri aktivitelerinin erkek arı larvalarının yapısını bozma ihtimalinin olması ve bu larvaların biyolojik özelliklerinin kısa sürede kaybolması nedeniyle kovandan alınan ürünler kısa sürede işlenmeli veya dondurucuda depolanmalıdır (Kekeçoğlu vd., 2021). Apilarnil hasat edildikten sonra taze olarak ya da uzun süreli kullanım şeklinde tüketilebilir. Hasat sonrası taze apilarnil'de (Şekil 5) besin kaybı yaşanmaması için yarım saat içerisinde soğuk zincire alınması gerekmektedir. Bu sayede -15°C 'de 1 yıl süreyle muhafaza edilebilir. Bu ürün besin kaybına uğramadan ve soğuk zincirde muhafaza edilmeden; tritürasyon (öğütme), homojenleştirme (bağdaşık hale getirme), filtrasyon ve liyofilizasyon işlemleri uygulanarak daha uzun süre muhafaza edilebilir (Topal vd., 2018). Yapılması gereken işlemlerin larvalar kovandan alındıktan sonra 24 saat içinde, sıcak ve nemli iklimlerde ise 6 saatten daha kısa sürede sonlandırılması gerekmektedir. Apilarnil'in biyolojik özelliğini kaybetmemesi için gerekli saklama koşullarının -2°C 'de 6 gün, -8°C 'de ise 10 ay olduğu ifade edilmektedir. Bal, glikoz, laktoz ve etil alkol karışımları kullanılarak apilarnil'in biyolojik özellikleri korunabilir. Apilarnil bal ile %3-5 konsantrasyonunda karıştırılarak $6-12^{\circ}\text{C}$ 'de depolandığında biyolojik özelliğini 6 aya kadar koruyabilmektedir. Ayrıca 1:1 oranında glikoz ve laktoz ile karıştırılıp dondurucuda $4-6^{\circ}\text{C}$ 'de 3 ay bekletildikten sonra oda sıcaklığında 3 yıl muhafaza edilebilir (Topal vd., 2018; Kekeçoğlu vd., 2021).



Şekil 5. Apilarnil'in taze görünümü.

Apilarnil'in korunmasında kullanılan en iyi yöntem liyofilizasyondur. Bu nedenle günümüzde ticari ürün olarak liyofilize apilarnil (Şekil 6) üretilmektedir. Liyofilize işlemi, Liyofilizatör/Freeze Dryer adı verilen cihazlarda gerçekleştirilir. Değerli ve ısı hassasiyeti yüksek ürünlerde tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem ürünün içerisinde bulunan donmuş suyun, basıncın ve sıcaklığın düşürülmesi sonucu süblimleşerek üründen uzaklaştırılması ile gerçekleştirilen bir dehidrasyon işlemidir. Liyofilizasyon sırasında kullanılan düşük sıcaklık sayesinde yüksek kaliteli bir ürün elde edilir. Bu işlemde ürünün moleküler ve fiziksel yapısına zarar gelmez (Topal vd., 2018; Kekeçoğlu vd., 2021).



Şekil 6. Liyofilize apilarnil.

2.4. Apilarnil'in Hayvancılıkta Kullanımı ve Hayvanlar Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Apilarnil, yapısındaki yüksek kimyasal ve biyolojik özellikleri dolayısıyla, hayvan beslemede ve hayvan sağlığını korumada aktif olarak kullanılan doğal bir gıda takviyesi olmuştur. Apilarnil hayvanların cinsel işlev bozukluklarında, kan yağlarını düzenlemede, karaciğer ve böbrek aktivitelerinin sağlanmasında, sinir hastalıklarının iyileştirilmesinde, anemi ve kanser durumunda, kalp hastalıklarını önlemede, enerji ve hücre yenilemede uyarıcı etki sağlar. Apilarnil'in piliç, sığan, balık, domuz ve koç gibi hayvanların üreme ve büyüme performansı (Yücel vd., 2011; Altan vd., 2013; Seres vd., 2013; Bolatovna vd., 2015; Boryayev vd., 2017; Shoinbayeva vd., 2017; Kistanova vd., 2020; Yemets, 2020; Beşlioğlu, 2023) ile genel sağlığına (Vasilenko vd., 2005; Kogalniceanu-Odobescu vd., 2010; Doğanyığıt vd., 2019a; Sawczuk vd., 2019; Doğanyığıt vd., 2020; Hamamcı vd., 2020; Seremet ve Altan, 2020; Sidor ve Dzugan, 2020; Mitrofanov ve Budnikova, 2021; Sidor vd., 2021) etkileri üzerine birçok çalışma yapılmıştır.

Apilarnil'in hepatitli sığanlarda; alanin aminotransferaz, alkalin fosfataz, bilirubin, kolesterol, trigliserit seviyelerini azaltarak ve glikojen seviyesini arttırarak karaciğer fonksiyonlarını düzenlediği, bağışıklık sistemini uyardığı ve hepatoprotektif aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Vasilenko vd., 2005).

Kogalniceanu-Odobescu vd. (2010), aslavital ve apilarnil'in beyaz sığanların kaslarında glikojen yıkımına etkisini araştırmışlardır. Fiziksel efor sarfettirilerek glisemi, karaciğer ve kas glikojenindeki değişimlerin incelen-

diği bu çalışmada, hayvanlara serbest yüzmeden oluşan yorgunluk testi yapılmıştır. Serbest yüzmede aslavit ve apilarnil var/yok şeklinde uygulanmıştır. Deneme sonunda apilarnil uygulamasının beyaz sıçanların kaslarında glikojen yıkımını attırdığı ve glusidik metabolizma üzerinde katabolik bir etki sağladığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, apilarnil'in yoğun katabolik etkiye sahip güçlü bir enerji verici olarak sınıflandırılmasını sağlamıştır.

Yücel vd. (2011), apilarnil'in piliçler üzerindeki andojenik etkisini araştırdıkları çalışmada; kek piliçlere 21 gün süre ile günde 4 g apilarnil vermişlerdir. Deneme sonunda, apilarnil uygulanan piliçlerde sekonder cinsiyet özellikleri olan ibik uzunluğu ve sakal genişliği ile vücut ağırlığında artış görülmüş ve apilarnil'in anabolik etkiden ziyade andojenik etki gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Altan vd. (2013), piliçlerin gelişme performansı, testiküler ağırlık, sekonder cinsiyet karakterleri, kan lipidleri ve testosteron seviyeleri ile ilgili yaptıkları çalışmada; dişi ve erkek piliçlere düşük ve yüksek dozda (2.5 g/gün ve 7 g/gün) oral olarak apilarnil uygulamışlardır. Deneme sonunda, yüksek doz uygulanan grupta kan glikozu ve serum total kolesterol düzeylerinin düşük olduğunu, piliçlerin daha az korku ve stres yaşadığını, testiküler ağırlık testosteron seviyesindeki artışın erken süreçte eşeyssel olgunluğu uyardığını bildirmişlerdir. Ancak büyüme performansı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını anlamışlardır.

Seres vd. (2013), dişi sıçanlar üzerinde apilarnil'in üretrotropik etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada 0.5 g/kg apilarnil günlük doz olarak uygulanmıştır. Deneme sonunda, apilarnil'in uterusun nispi organ ağırlığını arttırdığını, östrojenik aktivitenin bir belirteci olan C3'ün hem mRNA'yı hem de yapısındaki protein miktarını yükselterek üretrotropik etkiyi arttırdığını bildirmişlerdir.

Bolatovna vd. (2015), apilarnil'in genç domuzlarda cinsel işlev üzerine etkisini incelemişlerdir. Homojenize hale getirilen ve 70° alkolde stabilize edilen apilarnil'in seminal bezlerin ve epididimisin ağırlığını arttırdığını bildirilmiştir. Apilarnil, kalitatif ve kantitatif sperm üretkenliğini iyileştirmiş, ejakulat hacmi, germ hücre yoğunluğu, yaşama oranı ve mobilitiyi arttırmıştır. Ayrıca, spermatozoondaki hasarlı akrozom sayısını azalttığı, merkezi sinir sistemini uyardığı ve sakinleştirici etki sağladığı belirlenmiştir. Apilarnil'in hayvanlar için gonad koruyucusu olduğu ve testosteron eksikliğinde tedavi olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Boryayev vd. (2017) ise apilarnil'in domuzlarda büyümeyi, kan serumundaki protein, albümin ve HDL kolesterol miktarlarını arttırdığını, toplam kolesterol konsantrasyonunu ise azalttığını tespit etmişlerdir.

Shoinbayeva vd. (2017), apilarnil'in damızlık koçlarda fertilité üzerine

etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla koçlara günde 15 mg/kg apilarnil uygulanmıştır. Apilarnil koçlarda ejakulat hacmini, ejakulattaki sperm konsantrasyonunu ve sperm hareketliliğini arttırmış, kandaki hemoglobin ve eritrosit miktarlarını yükseltmiştir. Apilarnil'in üreme fonksiyonunda uyarıcı etkisi olduğu ve profilaktik ürün kaynağı olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Doğanyığıt vd. (2019a), erkek sıçanların böbrek dokusunda lipopolisakkarid (LPS) kaynaklı hasara karşı apilarnil'in koruyucu etkisini araştırdıkları çalışmada; kontrol grubu, apilarnil grupları (0.2, 0.4 ve 0.8 g/kg), lipopolisakkarit grubu (30 mg/kg) ve LPS + apilarnil grupları (0.2, 0.4 ve 0.8) olmak üzere toplamda 8 grup oluşturulmuştur. Deneme sonunda, 0.8 g/kg olan LPS + apilarnil grubu 6 saatin sonunda diğer gruplara kıyasla böbrek dokusundaki DNA hasarını anlamlı bir şekilde azaltmıştır. Doğanyığıt vd. (2019b) ise erkek sıçanları testis hücrelerinde lipopolisakkaritin toksik etkisine karşı apilarnil'in koruyucu etkisini araştırmışlardır. Deneme sonunda, artan dozlarda uygulanan apilarnil gruplarında testis hücrelerinde toksisite etkisinin azaldığını bildirmişlerdir. Apilarnil, lümendeki sperm miktarını arttırmış, LPS + apilarnil grubu DNA kuyruk yüzdesi, uzunluğu ve momentini önemli ölçüde azaltmıştır.

Shostya vd. (2019), apilarnil uygulanan domuzlarda üreme fonksiyonunun etkilendiğini ve peroksidasyonu azaltarak antioksidan etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Doğanyığıt vd. (2020), yetişkin sıçanlarda karaciğer hasarı üzerinde araştırma yapmışlardır. Çalışmada 8 grup oluşturulmuş, gruplara apilarnil ve lipopolisakkarit uygulaması yapılmıştır. Deneme sonunda, karaciğer dokusunda histopatolojik değerlendirme sonucu genişlemiş kan damarları, inflamatuvar hücre infiltrasyonu ve piknotik çekirdeklerde hepatosit hasarı bildirilmiştir. Bu doku hasarının LPS + apilarnil gruplarında LPS grubuna göre önemli derecede azaldığı görülmüştür. Aynı dokuda ELİSA ile biyokimyasal analiz, 'tünel yöntemi' ile pozitif hücre sayısı ve Comet testi ile DNA hasarı analizleri yapılmıştır. Yapılan biyokimyasal analizde LPS grubu malondialdehit (MDA), ksantin oksidaz (XOD), TCN1 seviyelerini attırmış ve katalaz (CAT) ile süperoksit dismutaz (SOD) seviyelerini azalttığı gözlenmiştir. Yine biyokimyasal analizde LPS grubu HMGB-1, IL-1 p, NF-KB, TNF-a, IL-6, iNOS, 10 TLR4 ekspresyonunu arttırdığı, LPS + apilarnil grubunun ise bu artışı azalttığı bildirilmiştir. Apilarnil'in TLR4, HMGB-1 ve NF-KB sinyal yolunu uyararak LPS grubunun neden olduğu karaciğer hasarını önlediği tespit edilmiştir. Tünel yöntemi ile analiz edilen pozitif hücre sayısının LPS + Apilarnil gruplarında LPS grubuna kıyasla önemli derecede azaldığı saptanmıştır. Comet testi ile analiz edilen DNA hasarı, LPS grubu ile LPS + Apilarnil grupları kıyaslandığında LPS grubunda önemli derecede arttırdığı tespit edilmiştir.

Hamamcı vd. (2020), yetişkin sıçanda apilarnil uygulamasının nöroprotektif etkisini incelemişlerdir. Denemede, LPS ve apilarnil uygulanan 8 ayrı

grup oluşturulmuştur. Deneme sonunda, apilarnil'in LPS ile uyarılan sinir hasarı durumunda beyindeki SOD ve CAT düzeylerindeki azalmanın önüne geçtiği bildirilmiştir. Ayrıca, beyindeki MDA, XOD ve testican-1 düzeylerindeki artışı azalttığı görülmüştür. Sepsise bağlı dejenere nöron sayısının azalması, sepsisin neden olduğu proinflamatuvar sitokin (IL-6, TNF- α , IL-1 β) düzeylerinin azalması ve beyinde 'tunel yöntemi' ile tespit edilen sepsise bağlı apoptozu engellemesi, apilarnil'in artan dozlarıyla ilişkilendirilmiştir. Yapılan çalışmada, apilarnil'in beyin ve sinir hasarına karşı nöroprotektif potansiyele sahip olduğu ve nörolojik bozuklukları önlediği ifade edilmiştir.

Kistanova vd. (2020), genç domuzlar üzerinde apilarnil uygulamasının folikülogenezdeki etkisini araştırmışlardır. Denemede iki grup oluşturulmuş ve deney grubuna diyet yemle beraber takviye olarak 25 mg/kg apilarnil verilmiştir. Çalışma sonunda, apilarnil ile beslenen grupta vücut ağırlığında artış gözlenmiş ve biyoaktif madde birleşimlerinin anabolik etki gösterdiği bildirilmiştir. Apilarnil'in et verimini artırması hayvancılıkta gıda takviyesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Seremet ve Altan (2020), apilarnil ve arı sütünün piliçlerde kısmi olarak antioksidan etkiyi arttığını, sperm üretiminde ise arı ürünlerinin takviye olarak kullanılabilceğini ve kalori kısıtlamasının yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Yemets (2020), büyük beyaz domuzlarda apilarnil uygulamasının homeostaz konstatı ve üreme kapasitesi üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada kontrol ve apilarnil grubu (Apilarnil 0.5 g/gün) olarak 2 grup oluşturulmuştur. Deneme sonunda, apilarnil grubu homeostazı etkin kılan hormon ve serbest radikallerin miktarı, domuzlarda büyüme ve gelişmeyi etkilemiştir. Apilarnil'in üreme fonksiyonunu uyardığı, doğurganlığı arttırdığı, yapısındaki biyolojik maddelerden dolayı antioksidan etki gösterdiği ve domuzların üreme kapasitesini iyileştirdiği bildirilmiştir.

Mitrofanov ve Budnikova (2021), apilarnil'in domuzlarda antikor üretimini ve T-lenfositlerin potansiyel etkisini arttırdığını, buna bağlı olarak bağışıklık sistemini uyardığını belirtmişlerdir. Ayrıca, domuzlarda androjenik bir etkinin olduğu tespit edilmiştir.

Beşlioğlu (2023), yunus çiklit balıklarında apilarnil'in yumurta verimi ve larval gelişime etkisini araştırmıştır. Apilarnil ile beslenen çiklit balıklarında dölleme oranı, açılım oranı, çıkış gücü ve keseli dönemde yaşama oranı olumlu yönde etkilenmiş ve üreme kapasitesi yükselmiştir.

2.5. Apilarnil'in İnsan Beslenmesinde Kullanımı

Böceklerin gıda takviyesi olarak kullanılması ülkemizde olmasa da dünya ülkelerinde yaygınlık göstermektedir. Düşük lipit içeriği, makro ve mikro besin maddelerince zengin olmaları nedeniyle böcekler gıda olarak değerlendiril-

dirilmektedir (Metin ve Koçyiğit, 2023).

Arı birçok ülkede gıda olarak doğrudan tüketilmekle birlikte, erkek arı larvaları homojenat olarak, kızartılarak, haşlanarak hatta çikolatası yapılarak tüketime sunulmaktadır. Erkek arı larvaları aynı zamanda kapsül, dondurulmuş homojenat ve liyofilize formda ticari ürün olarak da (Apilarnil Potent ve Apilife, ApiDrohn, Femoklim, Harşena Apiterapi Ürünleri, AR-SUM ve Neutral Therapy, ApiRex) kullanılmaktadır. Apilarnil'in protein ve miktarı bakımından sığır eti kadar yüksek besin değerine sahip olması ve artan nüfusa yönelik yetersiz beslenme ihtiyacını karşılayacak nitelikte olması günümüzde bu ürünün kullanımını arttırmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığınca 'takviye edici gıdalar kısıtlı maddeler listesinde' yetişkinler için apilarnil'in günlük kullanım dozu 1000 mg olarak belirlemiştir (Kekeçoğlu vd., 2021).

2.6. Apilarnil'in İnsan Sağlığına Yönelik Etkileri

İnsanoğlu yaşam süresi boyunca sağlıklı beslenmenin yollarını aramış ve teknolojik gelişmelere paralel olarak hem besin ihtiyacını yeterince karşılamak hem de genel sağlığı korumak, hastalıkları kontrol altına almak amacıyla apiterapötik olarak kullanılan apilarnil gibi birçok gıda takviyesi ürünlerine yönelmiştir. Apilarnil, Romanya'da keşfedildiği zamandan beri yapısındaki karma etken maddeler sayesinde vücuda enerji verme, yenileme, zihinsel gelişim, bağışıklığı güçlendirme ve psikotonik etkilerinden dolayı insan sağlığı için kullanılmaktadır. Apilarnil'in sağlık üzerine potansiyel etkilerini şu şekilde sıralamak mümkündür (Topal vd., 2018; Şahinler ve Toy, 2019; Metin ve Koçyiğit, 2023):

-Protein metabolizmasını uyararak diyabetin ve metabolizmada glikozun etkinliğinin düzenlenmesinde etkilidir.

-Antiviral ve antimikrobiyal özellik gösterir.

-Gonadların hormonal fonksiyonlarını düzenler.

-Testosteron hormonunu uyararak sperm sayısında ve hareketliliğinde rol oynar.

-Konsantrasyon kapasitesi ve dayanıklılığı artırır.

-Çocuklarda ve gençlerde zihinsel ve bedensel gelişimi artırır.

-Karaciğer sorunları, sindirim sistemi sorunları, solunum sistemi sorunları, dermatolojik sorunlar, zihinsel sorunlar, göz hastalıkları, erkek ve kadınlarda cinsel sorunlarda etkilidir.

-Sporcularda kas gelişiminde etkilidir. Kaslarda glikojen tüketimini artırıp vücutta katabolik etki göstermekte ve güçlü bir enerji sağlamaktadır.

-Kadınlarda meme ve rahim kanseri tedavisinde ve sonrasında olumlu sonuçlar izlenmiştir.

-Çocuklarda stres yoğunluğunu azaltmakta ve dikkat toplama kapasitesini arttırmaktadır.

3. Sonuç ve Öneriler

Arı ürünleri, biyolojik fonksiyonlara ve alternatif tıbbi işlevlere sahip olması nedeniyle, doğru kullanım şekli ve dozajı belirlenerek insan ve hayvan sağlığında apiterapotik olarak kullanılmaktadır. Bu apiterapotik ürünler; bal, polen, propolis, arı zehri, apilarnil ve arı sütüdür. Günümüzde sağlık sorunlarını gidermede sentetik ilaçların yan etkileri neticesinde kullanımının sınırlandırılması, arı ürünlerinin farmasötik olarak kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

Apilarnil, keşfedildiği ilk zamanlarda değerinin anlaşılmadığı bir arı ürünüdür. Yapılan çalışmalar arttıkça değerinin anlaşılması üzerine arıcılar tarafından ekonomik olarak değerlendirilmeye başlanmış ve atıl ürün olmaktan çıkmıştır. Günümüzde apilarnil'in yüksek oranda protein ve amino asit içeriği dolayısıyla popülerliğinin artmasıyla beraber piyasalara birçok apilarnil ürünü çıkmaya başlamıştır. Hayvan üretim ve yetiştiriciliğinde hızlı ve yüksek verim elde etmek isteyen üreticiler, apilarnil kullanımını yaygın hale getirerek ticari gelişimde hız kazanacaklardır.

Apilarnil'in kimyasal içeriği ile ilgili yapılan çalışmalarda nem, kül, protein ve yağ oranlarında farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durumun iklim, bitki örtüsü ve coğrafi farklılıklardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Apilarnil, hastalıkların önlenmesinde, tıbbi tedaviye destek sağlamada ve genel sağlığı korumada kullanılan, besin değeri yüksek fakat ülkemizde kullanımı henüz yaygınlaşmamış olan bir üründür. Eski zamanlarda dünya ülkelerinde özellikle cinsel bozukluklarda geleneksel olarak kullanılmaya başlanmış, günümüzde ise bazı biyolojik ve terapötik etkilerini araştırmak üzere birçok bilimsel çalışma yapılmaya devam etmektedir. Yapılan çalışmalar sayesinde sağlık alanında ortaya konulan pozitif etkileri dolayısıyla ürün hem tanınmaya başlanmış hem de piyasa değerinin artmasına katkı sağlamıştır. Günümüz piyasasında apilarnil'in ham, liyofilize veya diğer arı ürünleri ile karışım halinde gıda takviyesi olarak satışları başlamıştır. Bu ürünün etki mekanizmalarının irdelenmesi ve klinik kullanımının yaygınlaşması, hayvan sağlığı ve besleme gibi konularda deneysel çalışmaların artırılması önerilmektedir.

Su ürünleri canlıları üzerinde apilarnil uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmalar; üreme performansı, yumurta verimi, vücut kompozisyonu ve larval gelişim üzerine olmuştur. Yunus çiklit balıkları ve sarı prenses balıklarının apilarnil'i severek ve iştahla tükettikleri bildirilmiştir. Yetiştiriciliği yapılan ekonomik değere sahip su canlılarının; büyüme, besleme, kan değerleri, stres, androjenik etkisi, sekonder cinsiyet özellikleri, cinsi olgunluğa erişim yaşı, sperm kalitesi ve üreme verimliliğine üzerine apilarnil'in etkileri araştırılma-

lıdır. Bu araştırmaları sonuçları su ürünleri sektörüne önemli katkılar sağlayacaktır. Sonuç olarak, apilarnil hem besin maddeleri hem de androjen hormonlar bakımından zengin içeriği nedeniyle su canlılarının beslenmesinde yem katkı maddesi olarak kullanılabilir.

Kaynaklar

- AFRA KESKİNER, A. (2021). Gıda Takviyesi Olarak Kullanılan Bazı Apiterapik Ürünlerin çeşitli Kanser Hücre Hatlarında Etkinliğinin Belirlenmesi [*Yüksek Lisans Tezi*]. Amasya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- ALTAN, Ö., YÜCEL, B., AÇIKGÖZ, Z., ŞEREMET, Ç., KÖSOĞLU, M., TURGAN, N., ÖZGÖNÜL, A.M. (2013). Apilarnil reduces fear and advances sexual development in male broilers but has no effect on growth. *British Poultry Science*, 54(3), 355-361. <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.791382>
- AOŞAN, C. (2016). Apitherapy in the daily practice clinical applications. *Apimedica and Apiquality Forum Rome*, 42, 22-24.
- BALKANSKA, R., KARADJOVA, I., IGNATOVA, M. (2014). Comparative analyses of chemical composition of royal jelly and drone brood. *Bulgarian Chemical Communications*, 46(2), 412-416.
- BARNUTIU, L.I., MARGHITAŞ, L.A., DEZMIREAN, D., BOBIŞ, O., MIHAI, C., PAVEL, C. (2013). Physico-chemical composition of apilarnil (bee drone larvae). *Lucrari Ştiinţifice-Seria Zootehnie*, 59, 199-202.
- BEŞLİOĞLU, M.M. (2023). Yunus Çiklit (*Cyrtocara moorii* Boulenger, 1902) Balıklarını Erkek Bal Arısı Larvası (Apilarnil) İle Beslemenin Yumurtaverimi ve Larval Gelişime Etkisinin Araştırılması [*Yüksek Lisans Tezi*]. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BOLATOVNA, K., RUSTENOV, A., ELEUQALIEVA, NOMIRZAK, TAKHANOV, U. (2015). Improving reproductive qualities of pigs using the drone brood homogenate. *Biology and Medicine*, 7(2), BM-091.
- BORYAYEV, G., KISTANOVA, Y., ZDOROVYEVA, Y., NOSOV, A., KATAYEV, O. (2017). Influence of homogenate of drone brood on biochemical parameters of blood and productivity of growing pigs. *The 3rd Int. Symp. on EuroAsian Biodiversity (Minsk)*, pp.133.
- BUDNIKOVA, N.V. (2009). Biologically active compounds in drone brood. *Pchelovodstvo*, 6, 54-55.
- DOĞANYIĞIT, Z., SILICI, S., KAYMAK, E., OKAN, A., AKIN, A. T., PANDIR, D. (2019a). Apilarnil'in erkek sığırcılarda lipopolisakarite (Lps) bağlı testis toksisitesine karşı koruyucu rolünün belirlenmesi. *Bozok Tıp Dergisi*, 9(2), 146-154. <https://doi.org/10.16919/bozoktip.556145>
- DOĞANYIĞIT, Z., SILICI, S., KAYMAK, E., OKAN, A., PANDIR, D. (2019b). Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences LPS'nin böbrek DNA'sı üzerine akut toksik etkisi ve apilarnilin koruyucu rolü. *Eurasian JBio Chem Sci*, 2(1), 111-114.
- DOĞANYIĞIT, Z., OKAN, A., KAYMAK, E., PANDIR, D., SILICI, S. (2020). Investigation of protective effects of apilarnil against lipopolysaccharide induced liver injury in rats via TLR 4/ HMGB-1/ NF-κB pathway. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 125, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.109967>

- ENGEL, M.S. (1999). The taxonomy of recent and fossil honey bees (Hymenoptera: Apidae; Apis). *J. Hym.Res.*, 8(2), 165-196.
- ERDEM, S. (2021). Bingöl İlinde Elde Edilen Ham ve Liyofilize Apilarnilin Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi [*Yüksek Lisans Tezi*]. Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- FINKE, M.D. (2005). Nutrient composition of bee brood and its potential as human food. *Ecology of Food and Nutrition*, 44(4), 257-270. <https://doi.org/10.1080/03670240500187278>
- HAMAMCI, M., DOĞANYIĞIT, Z., SILICI, S., OKAN, A., KAYMAK, E., YILMAZ, S., TOKPINAR, A., İNAN, L.E. (2020). Apilarnil: A novel neuroprotective candidate. *Acta Neurologica Taiwanica*, 29(2), 33-45.
- HRYNIEWICKA, M., KARPINSKA, A., KIJEWSKA, M., TURKOWICZ, M.J., KARPINSKA, J. (2016). LC/MS/MS analysis of α -tocopherol and coenzyme Q10 content in lyophilized royal jelly, beebread and drone homogenate. *Journal of mass spectrometry*, 51(11), 1023-1029.
- İNCI, H., İLKAYA, M., İZOL, E. (2021). Apilarnil (*Drone Larvae*) chemical content, bioactive properties and supporting potential in medical treatment of some diseases in terms of human health. *International Journal of Food, Agriculture and Animal Sciences (IJFAA)*, 1(1), 1-7. <http://dergipark.org.tr/ijfaa>
- ISIDOROV, V.A., BAKIER, S., STOCKI, M. (2016). GC-MS investigation of the chemical composition of honeybee drone and queen larva homogenate. *Journal of Apicultural Science*, 60(1), 111-120. <https://doi.org/10.1515/JAS-2016-0011>
- KARAGÖZOĞLU, F., BEDİZ ŞAHİN, S. (2022). Apilarnil ve Hayvan Beslemede Kullanımı (C. EVEREKLIOĞLU, M. ERTEN, Ed.; Birinci basım, C. 12). Yaşar Hız. www.gecekitapligi.com
- KEKEÇOĞLU, M., ÇAPRAZLI, T., AĞAN, K. (2021). Erkek arı larvasının sağlık üzerine etkisi. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 139-153.
- KISTANOVA, E., ZDOROVEVA, E., NEVITOV, M., NOSOV, A., VYSOKIKH, M., SUKHANOVA, I., VISHNYAKOVA, P., ABADJIEVA, D., ANKOVA, D., RASHEV, P., BORYAEV, G., KISTANOVA, E., ZDOROVEVA, E., NEVITOV, M., NOSOV, A., VYSOKIKH, M., SUKHANOVA, I., VISHNYAKOVA, P., ABADJIEVA, D., ANKOVA, D., RASHEV, P., BORYAEV, G. (2020). Drone brood fed supplement impacts on the folliculogenesis in growing gilts. *Veterinarski Arhiv*, 90(6), 583-592. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.0886>
- KOGALNICEANU-ODOBESCU, S., GOLDIŞ, V., KOGALNICEANU, S., LANCRAN, I., ARDELEAN, G. (2010). Changes of the glucidic metabolism determined by the physical effort of the treatment with the aslavit and apilarnil. *Jurnal Medical Aradean (Arad Medical Journal)*, XIII(3), 33-41. www.jmedar.ro
- LAZARYAN, D.S. (2002). Comparative amino acid analysis of bee brood. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 36(12), 680-682. <https://doi.org/10.1023/A:1023469931357/METRICS>

- MARGAOAN, R., MARGHITAŞ, L.A., DEZMIREAN, D.S., BOBIŞ, O., BONTA, V., CATANA, C., MUREŞAN, C.I., MARGIN, M.G. (2017). Comparative study on quality parameters of royal jelly, apilarnil and queen bee larvae triturate. *Animal Science & Biotechnologies*, 74(1), 51-58.
- METIN, E., KOÇYIĞIT, M. (2023). Arı ürünlerinden apilarnil, apiair ve balmumu'nun sağlığımız için önemi. *Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp*, 155-171.
- MITROFANOV, D.V, BUDNIKOVA, N.V. (2021). Influence of technology on the quality indicators of the composition of drone brood and royal jelly. *International Conference on Agricultural Science and Engineering*, 845(1), 012060. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012060>
- OĞUZ, A. (2021). İkame Yemlerle Beslenen Bal Arısı Kolonilerinden Hasat Edilen Erkek Arı Larvalarının Bazı Kalite Özelliklerinin İncelenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÖZDEMİR, G., ERSÖZ, E., DILEK, N.M. (2021). Apiterapi ve Sağlık. *Black Sea Journal of Health Science*, 4(2), 1-7. <https://doi.org/10.34248/bshealthscience.816036>
- ÖZKÖK, A., ERDEM, B. (2017). Can food supplement produced from apilarnil be an alternative to testosterone replacement therapy? *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 45(4), 635-638. <https://doi.org/10.15671/hjbc.2018.207>
- PAŞCA, C., DEZMIREAN, D., BOBIŞ, O., MARGHITAŞ, LA., BONTA, V. (2021). Biotechnological potential of apilarnil and royal jelly used in obtaining some functional foods. *Scientific Papers-Animal Science Series:Lucrari Ştiinţifice - Serbia Zootehnie*, 75, 81-86.
- SABATINI, A.G., MARCAZZAN, G.L., FIORENZA CABONI, M., BOGDANOV, S., BICUDO DE ALMEIDA-MURADIAN, L. (2009). Quality and standardization of Royal Jelly. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 1(1), 1-6. <https://doi.org/10.3896/IBRA.4.1.01.04>
- SAWCZUK, R., KARPINSKA, J., MILTYK, W. (2019). What do we need to know about drone brood homogenate and what is known. *Journal of Ethnopharmacology*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.10.042>
- SAWCZUK, R., KARPINSKA, J., FILIPOWSKA, D., BAJGUZ, A., HRYNIEWICKA, M. (2022). Evaluation of total phenols content, anti-DPPH activity and the content of selected antioxidants in the honeybee drone brood homogenate. *Food Chemistry*, 368, 130745. <https://doi.org/10.1016/J.FOOD-CHEM.2021.130745>
- SEREMET, C., ALTAN, O. (2020). Anti-ageing effects of dietary bee products and calorie restriction on semen production and oxidative damage in older broiler breeder males. *Slov Vet Res*, 57(4), 149-157. <https://doi.org/10.26873/SVR-954-2020>
- SERES, A.B., DUCZA, E., BATHORI, M., HUNYADI, A., BENI, Z., DEKANY, M., GASPARG, R. (2013). Raw drone milk of honeybees elicits uterotrophic effect in rats: Evidence for estrogenic activity. *J Med Food*, 16(5), 404-409. <https://doi.org/10.1089/JMF.2012.0232>

- SERES, A.B., DUCZA, E., BATHORI, M., HUNYADI, A., BENI, Z., DEKANY, M., HAJAGOS-TOTH, J., VERLI, J., GASPARD, R. (2014a). Androgenic effect of honeybee drone milk in castrated rats: Roles of methyl palmitate and methyl oleate. *Journal of Ethnopharmacology*, 153(2), 446-453. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.02.050>
- SERES, A., DUCZA, E., GASPARD, R. (2014b). Investigation of gestagenic effect of raw drone milk in rats. *Acta Pharm Hung*, 84(2), 77-81.
- SHOINBAYEVA, K.B., OMIRZAK, T., BIGARA, T., ABUBAKIROVA, A., DAUYLBAY, A. (2017). View of biologically active preparation and reproductive function of stud rams. *Asian Journal of Pharmaceutics*, 11(3), 184-191. <https://doi.org/10.22377/ajp.v11i03.1402>
- SHOSTYA, A.M., YEMETS, Y.M., KUZMENKO, L.M., MOROZ, O.G., STUPAR, I. I. (2019). The influence of drone larvae homogenate on prooxidant antioxidant homeostasis in gilts in the period of puberty. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 134-140. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.16>
- SIDOR, E., DZUGAN, M. (2020). Drone brood homogenate as natural remedy for treating health care problem: A scientific and practical approach. *Molecules*, 25(23), 5699. <https://doi.org/10.3390/molecules25235699>
- SIDOR, E., MILEK, M., TOMCZYK, M., DZUGAN, M. (2021). Antioxidant activity of frozen and freeze-dried drone brood homogenate regarding the stage of larval development. *Antioxidants*, 10(5), 639. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX10050639/S1>
- SILICI, S. (2019a). Bal arısı ürünleri ve apiterapi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(9), 1249-1262. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i9.1249-1262.2141>
- SILICI, S. (2019b). Chemical content and bioactive properties of drone larvae (apilarnil). *Mellifera*, 19(2), 13-19.
- SILICI, S. (2020). Bilimsel Gerçeklerle Apiterapi. Akademisyen Kitapevi. ISBN: 6052588527, 9786052588529, 410 s.
- SÖNMEZ, M. (2019). Apilarnil, İşçi Arı Larvası ve Kraliçe Arı Larvasının Biyokimyasal Karşılaştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ŞAHINLER, N., TOY, N.Ö. (2019). Apilarnil and usage areas. *Mas International European Conference On Mathematics-Engineering-Natural & Medical Sciences*, December 14-15, pp. 65-69, Izmir-Turkey.
- ŞAHİN, P. (2020). Sarı Prenses Balığı (*Labidochromis caeruleus* Fryer, 1956) Anaçlarının Erkek Bal Arısı Larvası (Apilarnil) İle Beslenmesinin Üremepersformansı ve Vücut Kompozisyonuna Etkilerinin Araştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TOPAL, E., STRANT, M., YÜCEL, B., KÖSEOĞLU, M., MARGAOAN, R., DAYIOĞLU, M. (2018). Biochemical properties and apitherapeutic usage of queen

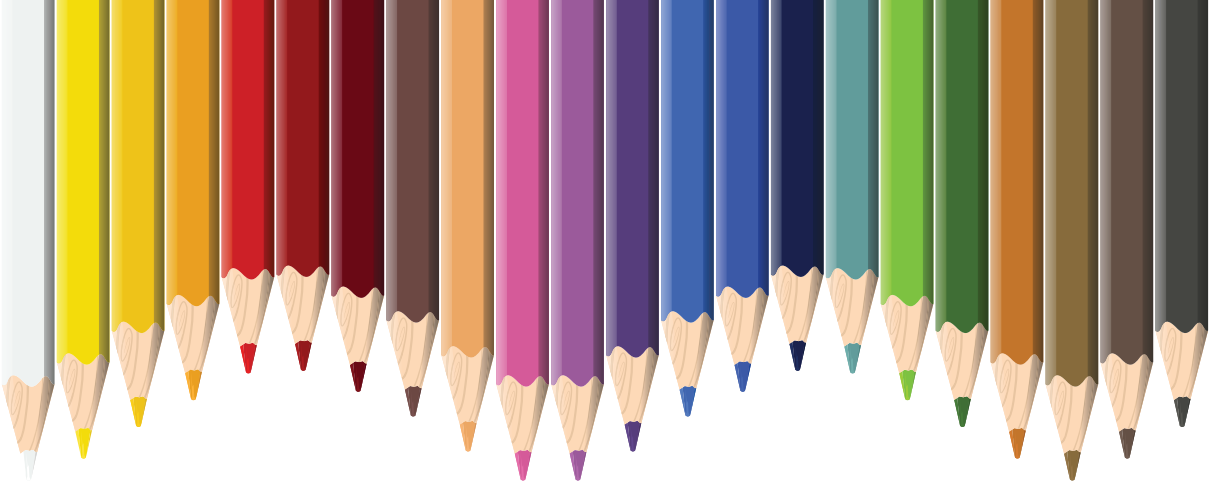
bee and drone larvae. *J. Anim. Prod.*, 59(2), 77-82. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.455478>

VASILENKO, Y.K., KLISHINA, I.I., LAZARYAN, D.S. (2005). A comparative study of the immunotropic and hepatotropic action of beekeeping products in rats with drug-induced hepatitis. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 39(6), 319-322. <https://doi.org/10.1007/S11094-005-0144-6/METRICS>

YEMETS, Y.M. (2020). Dietary effects of drone larvae homogenate on the homeostatic constants and the reproductive capacity of Large White gilts. *Translational Research in Veterinary Science*, 3(2), 27-39. <https://doi.org/10.12775/TRVS.2020.008>

YÜCEL, B., AÇIKGÖZ, Z., HAKAN BAYRAKTAR, Ö., SEREMET, C. (2011). The effects of apilarnil (drone bee larvae) administration on growth performance and secondary sex characteristics of male broilers. *Article in Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(17), 2263-2266. <https://doi.org/10.3923/javaa.2011.2263.2266>

YÜCEL, B., ŞAHİN, H., YILDIZ, O., KOLAYLI, S. (2019). Apilarnilin biyoaktif bileşenleri ve etki mekanizması. *Hayvansal Üretim*, 60(2), 125-130. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.591007>



Bölüm 4

SABİT SERMAYE YATIRIMLARININ GENEL VE KIRSAL İSTİHDAM YÖNÜNDEN İNCELENMESİ: YOZGAT İLİ ÖRNEĞİ¹

Nizamettin ERBAŞ²

¹ Bu çalışmanın özet metni, “İsvec 13. Uluslararası Tarım, Hayvancılık ve Kırsal Kalkınma Kongresi”nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

² Dr.Öğr.Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat Meslek Yüksekokulu. Orcid ID: 0000-0002-6379-3023

1. Giriş

Bir ülkede yatırım, ekonomik kalkınma ve iktisadi politikalar açısından hayati öneme sahiptir. Sektörel sabit sermaye yatırımları bir firma için en temel zorunluluktur. Firmanın karlılığını ve değerini doğrudan etkilemektedir. Firmalar optimum düzeyde sabit varlıklara sahip olmak için büyük çaba harcarlar ve böylece sabit varlığın getirisinden ve değerinden yararlanma imkânına sahip olurlar (Muscettola, M. (2014).

Ekonominin sektörel yapısı, ülkenin ekonomik gelişmişlik düzeyini gösteren temel göstergelerden biridir (Karadjova, 2020a). Ekonomik yapının incelenmesi, bir bütün olarak ekonominin temel özelliklerini ve işleyişini gösterdiği gibi, aynı zamanda sektör üretiminin yapısını ve hacmini de gösterir.

Sektörel sabit yatırımlar, sanayileşme ve kalkınmanın vazgeçilmez temel unsurlarıdır. Aynı zamanda, bilgi ve teknoloji toplumunun temel taşlarından biridir. Bu anlamda sektörel yatırımlar, kalkınmanın hızlanmasında önemli bir etken olarak görülmektedir. Ekonomide üretim konusundaki neyin, ne kadar, nasıl, nerede ve kimler için üretildiği şeklindeki soruların ve cevapların analizi, mevcut toplam arzı belirlemede önemli olmakla birlikte, aynı zamanda ekonomiye istihdam bakımından da yön vermektedir (Karadjova, 2020b). Sektörel bağlamda doğru yatırım ihracatın ithalata oranının uyumlaştırılmasında, ödemeler dengesinin iyileştirmesinde, istihdamın artırılmasında ve büyümenin hızlandırılmasında doğru sonuçlar yaratırlar.

Çalışmanın yürütüldüğü Yozgat ili sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralamasında 81 il arasında 61. sırada yer almaktadır (Dolu ve Kuvvetli, 2023). İlin sosyoekonomik yönden gelişebilmesi için sektörel bazda yatırımların yapılması ve teşvik edilmesi gerekmektedir. İlde sabit yatırımlar ve istihdamın sektörlere göre yapısı yatırımların kalkınmadaki rolünün ortaya konulması bakımından önemlidir. Bu kapsamda, çalışmada, Yozgat ilinde mevcut sektörel sabit yatırımların dağılımı ve istihdama katkısının ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Bu bağlamda, belirtilen bu amaca yönelik olarak yapılan bu çalışmanın, sektör yatırımı yapmayı düşünen yöredeki girişimcilere katkı sağlaması ve bu istikamette bir kılavuzluk oluşturması en belirgin hedef olacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada öncelikle Yozgat ili için sektörel sabit yatırım potansiyeline yönelik geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması ile birlikte Yozgat Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü ile Yozgat Ticaret İl Müdürlüğü yetkilileri ile görüşmeler yapılmış, görüşmeler neticesinde konu ile ilgili kurum raporlarına / kayıtlarına ulaşılmıştır. Bu kapsamda, bu çalışmanın ana materyalini Yozgat Sanayi ve Ticaret İl Müdürlüğü ile Yozgat Sanayi ve Tek-

noloji İl Müdürlüğü'nün verileri oluşturmuştur. Çalışmada elde edilen veriler ile tablolar oluşturulmuş ve çalışmanın amacına uygun olarak yorumlanıp değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Yozgat İlinde Yatırımların Sektörel Dağılımı ve İstihdam

3.1.1. Tarım Sektörü

Yozgat ilinin yüzölçümü 14 123 km² olup, yüzölçümün %43.16'sı (609 520 ha) tarım alanından oluşmaktadır. Toplam nüfusun %33.91'i kırsal nüfustan oluşmakta ve aktif nüfusun %29.31'i tarım sektöründe çalışmaktadır (TÜİK, 2023). Toplam 49 924 tarım işletmesinin bulunduğu ilde bitkisel üretim olarak en fazla buğday üretimi yapılmaktadır. Türkiye'de en fazla buğday yetiştiriciliğinin yapıldığı illerden biridir. Bu husus, Yozgat ekonomisinde tarımın ve tarımsal istihdamın ağırlığını ve önemini ortaya koymaktadır.

Yozgat ilinde hayvancılık faaliyeti de il ekonomisinde önemli yer tutmaktadır. Hayvancılık ayrı bir faaliyet şeklinde olmayıp, genellikle bitkisel üretim faaliyetine ek olarak yürütülmektedir. İlde 477 433 küçükbaş ve 222 560 büyükbaş olmak üzere, toplam 699 993 çiftlik hayvanı bulunmaktadır.

Yozgat ilinde tarım sektörüne yönelik yatırımlar aşağıda verilmiştir:

3.1.1.1. Kabalı Entegre Meyve Bahçesi Projesi

Kabalı Entegre Meyve Bahçesi Projesi, Kadışehri ilçesinin Kabalı köyünde gerçekleştirilmiştir. Tesis, toplam 5 640 dekar alanı kapsamaktadır. Türkiye'nin en büyük meyve bahçesi olmakla birlikte, sulama amaçlı en büyük havuzuna da sahiptir. Entegre tesiste 660 kişi istihdam edilmekte ve kiraz, yarı bodur-tam bodur elma, şeftali, nektarin ve armut gibi meyveler yetiştirilmektedir.

Entegre Meyve Bahçesinde 660 kişi çalışmaktadır (ORAN, 2021). Projenin genişletilmesi ve yeni ürünlerin yetiştirilmesi ile yörede istihdamın daha da artırılması hedeflenmektedir.

3.1.1.2. Jeotermal Seracılık

Jeotermal seracılık, jeotermal enerji kaynaklarından yararlanılarak, jeotermal ısı ortamında seralarda yapılan yetiştiricilik faaliyetidir. Jeotermal enerji kaynakları başta sera ısıtması olmak üzere tarımda birçok alanda kullanılmaktadır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan jeotermal enerji ile yürütülen jeotermal sera, kırsal alanların ekonomik ve sosyal gelişiminde önemli bir faaliyet kolu olarak değerlendirilmektedir.

Jeotermal seracılık, düşük ve orta sıcaklıktaki jeotermal kaynakların popüler uygulamalarından biridir. Jeotermal enerji seraları ısıtmanın hem eko-

nomik hem de verimli bir yoludur. Sera ısıtma sistemleri, genellikle düşük sıcaklıktaki kaynakların kullanılması ile tasarlanırlar ki, bu da serayı cazip bir uygulama merkezi haline getirir.

Yozgat ilinin Merkez, Boğazlıyan, Sarıkaya, Sorgun, Saraykent ve Yerköy ilçeleri jeotermal enerji kaynakları bakımından oldukça zengindir (Akın, 2016). Ancak, jeotermal kaynaklardan daha çok konut ısıtma ve termal turizm amaçlı yararlanılmaktadır. Jeotermal enerjiye dayalı jeotermal seracılık ise, Sorgun ve Boğazlıyan ilçelerinde yapılmaktadır. Bu ilçelerde sera faaliyetleri başarılı bir şekilde yürütülmekte ve 60 kişi çalışmaktadır. **Jeotermal** seracılığa kömür ve doğal gazla göre düşük maliyetli domates üretimi gerçekleşirken, diğer üretim yöntemlerine göre verim de yüksek olmaktadır.

3.1.1.3. Baraj ve Göletler

Yozgat ilinde tarımsal amaçlı kullanılan baraj ve göletler Tablo 1’de verilmiştir. Türkiye’nin tarım potansiyelinde önemli bir yeri olan Yozgat ilinde 4 baraj ve 13 gölet bulunmaktadır (TOM, 2023). Yozgat’ta bulunan barajlar; Gelingüllü, Çekerek, Uzunlu ve Yahyasaray Barajları’dır. Çekerek Barajı, Türkiye’nin sulama amaçlı en büyük 10 barajından biridir. Toplam su toplama kapasitesi 14 262 000 metreküp olan barajların, 98 499 hektar tarım alanını suladığı düşünülmektedir.

Tablo 1. Yozgat İlinde Tarımsal Sulama Amaçlı Baraj ve Göletler

BARAJ ADI	İLÇE ADI
Çekerek Barajı	Çekerek
Gelingüllü Barajı	Merkez
Uzunlu Barajı	Merkez
Yahyasaray Barajı	Çayıralan
GÖLET ADI	İLÇE ADI
Kösrelik Göleti	Aydıncık
Celal Atık Göleti	Boğazlıyan
Yenipazar Göleti	Boğazlıyan
Ömerli Göleti	Boğazlıyan
Fakıbeyli Göleti	Merkez
Akbenli Göleti	Sarıkaya
Dişli Göleti	Sorgun
Doğankent Göleti	Sorgun
İkikara Göleti	Sorgun
Yağcılar Göleti	Sorgun
Gülitan Göleti	Şefaati
Hüyükkişla Göleti	Şefaati
Fehimli Göleti	Yenifakılı

3.1.2. Sanayi Sektörü

3.1.2.1. Gıda ve İçecek

Tarımsal ürünlerin bir kısmı doğrudan taze olarak tüketilirken, bir kısmı ise sanayide hammadde olarak işlenip gıda ürünlerine dönüştürülmektedir. Gıda ve içecek sektörü, insan sağlığı ve yaşamı için evrensel olduğundan, ekonomik yatırımların genişletilmesinde benzersiz bir role sahiptir. Bu sektör, Türkiye ekonomisine önemli katkı sağladığı için potansiyeli yüksek bir sektördür. Türkiye, gıda ve içecek sektöründe dünyada 11. sırada yer almaktadır. Gıda sektöründe 489 386 kişi ve içecek sektöründe 16 855 kişi olmak üzere, gıda ve içecek sektöründe toplam 506 241 kişi istihdam edilmiştir (STB, 2020a).

Ekonomide birçok faaliyetle ilişkili olan gıda ve içecek sektörü, tarımsal üretim deseninin çeşitlendirilmesi, tarımsal faaliyetin teşvik edilmesi, kırsal dinamiklerin harekete geçirilmesi, tarımsal ürünlerin işlenmesi ve yeni istihdam yaratılması bakımlarından büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda, bölgeler arasında gelir farklılıklarının en aza indirilmesinde de gıda ve içecek sektörü yatırımları önemlidir (STB, 2020b).

Yozgat ilinde faaliyet gösteren 607 sanayi firmasından 99'unu, gıda ve içecek firmaları oluşturmaktadır. Gıda ve içecek sektöründe toplam 1 918 kişi istihdam edilmektedir. Sanayi sektöründe istihdam edilenlerin toplam sayısı ise 7.292 kişidir. Gıda ve içecek sektöründe istihdam edilen 1 918 kişiden 1 327'si Sorgun ve Boğazlıyan Şeker Fabrikalarında çalışmaktadır. Gıda ve içecek firmaları daha çok Merkez ilçe ile, Sorgun, Boğazlıyan, Yerköy, Akdağmadeni ve Sarıkaya ilçelerinde toplanmaktadır. Un ve unlu mamüller, tavukçuluk, süt ve süt ürünleri, yem fabrikası, şeker, sos ve hazır yemek firmaları, ilin önemli gıda alt sektörlerindedir.

Yozgat ilinde gıda ürünleri imalatı yapan işletmeler alt sektör grupları itibariyle Tablo 2'de verilmiştir (TM, 2020; STM, 2020a).

Tablo 2. Yozgat İlinde Faaliyet Gösteren Gıda Firmaları ve İstihdam Verileri

Gıda firmaları	Firma sayısı	İstihdam
Un Fabrikası	57	1 865
Süt ve Süt Ürünleri	8	
Tavukçuluk İşletmesi	22	
Ayçiçek Yağı Fabrikası	1	
Tuz Fabrikası	1	
Şeker Fabrikası	2	
Dondurulmuş Patates Ürünleri Fabrikası	1	
Bakliyat Eleme Tesisi	2	
Yem Fabrikası	4	
Gıda İmalatı Toplam	98	
İçecek	1	53
Gıda ve İçecek İmalatı Toplam	99	1 918

Yozgat ilinin tarım potansiyeli varlığı gözönüne alındığında, aşağıda belirtilen gıda sektörlerine yatırım yapılması önerilmektedir:

- Patates cipsi imalatı
- Lokum imalatı
- Bisküvi ve gofret imalatı
- Çikolata ve kakao imalatı
- Reçel ve marmelat imalatı
- Bakliyat paketleme ve tasnifleme
- Karma yem üretim tesisidir.

3.1.2.2. Diğer Sektörler

Çalışmada, gıda ve içecek sektörü dışında diğer sektörlerde ait firma sayıları ve istihdam verileri de incelenmiş olup, Tablo 3'te verilmektedir (STM, 2020b). Bu kapsamda, ilde gıda ve içecek sektörü dışında 508 firma faaliyet göstermektedir. Bu firmalar mobilya imalatı, metal ürünleri imalatı, metalik olmayan mineral ürünleri imalatı, kauçuk ve plastik ürünleri imalatı, havalandırma sistemi imalatı, ağaç ürünleri imalatı, madencilik ve taş ocağı, kimyasal ürünler imalatı, giyim eşyası imalatı ve tekstil ürünleri imalatı ile uğraşmaktadır. Toplam 5 374 kişinin çalıştığı sektörde en fazla mobilya imalatı yapan firma bulunmaktadır.

İlde tekstil imalatı sektöründe 4 firma faaliyet göstermekte ve 124 kişi çalışmakta, giyim imalatı sektöründe ise 9 firma faaliyet göstermekte ve 1 589 kişi çalışmaktadır. Firmalar daha çok yurt içi pazarlara yönelik faaliyette bulunmaktadır. Tekstil ve giyim sektöründen sonra istihdamın en fazla yapıldığı

diğer sektör ise metalik olmayan mineral ürünler imalatıdır ve bu sektörde 825 kişi istihdam edilmektedir.

Tablo 3. Yozgat İlinde Sanayi Firmalarının Sektörlere Göre Dağılımı ve İstihdam Verileri

Sıra No	Firmanın Adı	Firma Sayısı	İstihdam	İstihdam Oranı (%)
1	Kömür ve Linyit	2	293	4.02
2	Metal Cevheri	2	138	1.89
3	Diğer Madencilik ve Taş Ocağı	18	271	3.72
4	Tekstil Ürünleri İmalatı	4	124	1.70
5	Giyim Eşyası İmalatı	9	1 589	21.79
6	Ağaç Ürünleri İmalatı	43	168	2.30
7	Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İmalatı	1	110	1.51
8	Kayıtlı medyanın basılması ve	26	79	1.08
9	Kok Kömürü ve Rafine Edilmiş Petrol Ürünleri	2	21	0.29
10	Kimyasalların ve Kimyasal Ürünlerin İmalatı	9	54	0.74
11	Kauçuk ve Plastik Ürünleri İmalatı	46	273	3.74
12	Diğer Metalik Olmayan Mineral Ürünler İmalatı	71	825	11.34
13	Ana Metal Sanayisi	1	23	0.31
14	Fabrikasyon Metal Ürünleri İmalatı (makine teçhizat hariç)	78	543	7.45
15	Elektrik Teçhizatı İmalatı	8	173	2.37
16	Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Ekipman İmalatı	30	128	1.75
17	Motorlu Kara Taşıtı Treyler	3	59	0.81
18	Mobilya İmalatı	101	222	3.04
19	Diğer İmalatlar	7	193	2.65
20	Elektrik, Gaz, Buhar ve Havalandırma Sistemi Üretimi ve Dağıtımı	44	75	1.03
21	Tasnif Edilmiş Maddelerin Geri Kazanımı	2	7	0.09
22	Motorlu Kara Taşıtlarının Bakımı ve Onarımı	1	6	0.08
	Toplam	508	5 374	73.70
23	Gıda Ürünleri İmalatı	98	1 865	25.57
24	İçecek İmalatı	1	53	0.73
	Gıda ve İçecek İmalatı Toplam	99	1 918	26.30
	Genel Toplam	607	7 292	100.0

Yozgat ilinde sektörel sabit yatırımlardan bir diğeri de madencilik sektörüdür. Türkiye’de madencilik endüstriyel hammadde rezervi bulunan illerden biri de Yozgat’tır. İlin sahip olduğu başlıca endüstriyel hammaddeler; kireçtaşı, feldspat, kaya tuzu, kuvarsit, tuğla, kiremit ve taş ocağı hammaddeleri, çimento hammaddesi, flüorit, bazalt ve grafit’tir. Yozgat ilinde 109 100 000 ton demir rezervi, 50 000 000 ton çimento rezervi, 253 298 750 ton feldspat rezervi, 107 000 000 ton kaya tuzu rezervi, 80 000 000 ton tuğla ve kiremit hammaddesi rezervi, 16 612 525 ton kireçtaşı rezervi ve 3 403 125 ton kuvarsit rezervinin olduğu kabul edilmektedir (MTA, 2023). Bu bağlamda, Yozgat ilinin inşaat, çimento ve tuğla-kiremit sektörleri için uygun bir yer olduğu anlaşılmaktadır. Nükleer santrallerin hammaddesi uranyumdur. Yapılan çalışmalarda Yozgat ilinin Sorgun ilçesinde önemli uranyum kaynaklarının bulunduğu ve rezerv olarak Türkiye’nin toplam rezervinin yarısı kadar olduğu belirtilmektedir.

Yozgat ilinde hizmetler sektörü kapsamında yürütülen kamu yatırımları ise, Bozok Üniversitesi, Yozgat Şehir Hastanesi, Hızlı Tren ve Spor Vadisi Kompleksidir.

3.2. Yozgat İlinde Organize Sanayi Bölgeleri-Küçük Sanayi Siteleri ve İstihdam

3.2.1. Organize Sanayi Bölgeleri ve İstihdam

Yozgat Organize Sanayi Bölgesi; Yozgat Organize Sanayi Bölgesi (OSB), 1993 yılında il merkezine 26 km mesafede bulunan Yerköy-Saray beldesinde kurulmuştur. OSB’nin kurulduğu alan 150 ha genişliğindedir. Yozgat OSB’de plastik, inşaat malzemeleri, metal ürünleri, alet-makine, mermer ve granit, gıda imalatı ve paketlenme, sağlık ürünleri, geri dönüşüm vb. olmak üzere çeşitli sektörlerle ait 31 firma faaliyet göstermekte olup, toplam **1 718** kişiye istihdam sağlanmaktadır (YV, 2020). Bölgeye en yakın iller; Çorum (133 km), Ankara (184 km), Kayseri (197 km) ve Sivas (250 km) illeridir.

Kaleseramik Özel Organize Sanayi Bölgesi; Kaleseramik Özel OSB, 2007 yılında Yerköy ilçesi Köprübaşı Mevkiinde 52 hektar alan üzerinde kurulmuştur. Kalekim ve Çanakkale Seramik firmalarının faaliyette bulunduğu OSB’de 250 kişi istihdam edilmiştir.

Yukarıda belirtilen OSB’lere ek olarak, yatırım planına Bozok OSB ve Fuat Oktay OSB olmak üzere 2 OSB’nin daha kurulması dahil edilmiş olup, kurulma çalışmaları başlatılmıştır. Bozok OSB, Yozgat ve Sorgun arasında karayolu üzerine kurulacak olup, kurulma çalışmaları devam eden Yozgat Havalimanı ve hizmete açılan Yüksek Hızlı Tren hattına da yakın mesafededir. Bu husus, OSB’de yatırımı yapan yatırımcılar için firma değeri ve pazarlama açısından büyük avantaj sağlayacaktır. Fuat Oktay OSB ise, Boğazlıyan ilçesinde kurulacak olup, kurulma çalışmaları devam etmektedir.

Yozgat'ta faaliyet gösteren OSB'ler ile bilgiler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Yozgat İlinde Organize Sanayi Bölgeleri ve İstihdam Verileri

Özellikler	Yozgat OSB	Kaleseramik Özel OSB
Kurulduğu ilçe	Yerköy	Yerköy
Kurulu alan (ha)	150	52
Toplam parsel sayısı	89	22
İstihdam sayısı	1 718	250

3.2.2. Küçük Sanayi Siteleri ve İstihdam

Küçük esnaf ve sanatkarların gelişmesini sağlamak amacıyla Küçük Sanayi Siteleri (KSS) kurulmuştur. Yozgat ilinde faaliyet gösteren Küçük Sanayi Siteleri ve istihdam verileri Tablo 5'te verilmiştir (STM, 2020c). Bu bilgilere göre, Yozgat ilinde toplam 9 adet küçük sanayi sitesi mevcut olup, toplam 1 571 firma faaliyetlerini sürdürmektedir. Küçük sanayi sitelerinde toplam 5 227 kişi çalışmaktadır. Firma sayısının 331 olduğu Yozgat 100. Yıl KSS'ni, 243 firma ile Sorgun Yeşilova KSS, 224 firma ile Yerköy İnan KSS, 198 firma ile Boğazlıyan Boğazköy KSS, 176 firma ile ve 146 firma ile Akdağmadeni KSS izlemektedir. KSS'leri istihdam bakımından incelendiğinde ise, Yozgat 100. Yıl KSS, 1 655 istihdam sayısı ile ilk sırada yer almaktadır. Bunu 972 istihdam sayısı ile Sorgun Yeşilova KSS, 732 istihdam sayısı ile Yerköy İnan KSS ve 528 istihdam sayısı ile Sarıkaya Ata KSS izlemektedir. Görüldüğü üzere, KSS'leri istihdam bakımından ekonominin lokomotifi olmaktadır.

Tablo 5. Yozgat İlinde Faaliyet Gösteren Küçük Sanayi Siteleri ve İstihdam Verileri

Sıra No	Firmanın Adı	İlçeler	Firma Sayısı	İstihdam
1	Akdağmadeni KSS	Akdağmadeni	146	438
2	Boğazköy KSS	Boğazlıyan	198	396
3	Çekerek KSS	Çekerek	73	146
4	Ata KSS	Sarıkaya	176	528
5	Yeşilova KSS	Sorgun	243	972
6	Şefaati KSS	Şefaati	90	180
7	Yerköy İnan KSS (1. kısım)	Yerköy	224	732
8	Yerköy 100.Yıl KSS(2.kısım)	Yerköy	90	180
9	Yozgat 100. Yıl KSS	Yozgat	331	1 655
Toplam			1 571	5 227

4. Sonuç ve Öneriler

Yozgat ili doğal kaynak ve tarım potansiyeli bakımından birçok ilden daha iyidir. Ancak bu potansiyelden daha iyi yararlanılabilmesi için sermayenin yatırıma dönüştürülmesi ve özellikle bu yatırımın gıda sektörlerine yönelik olması gerekmektedir. Bu amaçla;

- Doğal ve tarımsal zenginliklerin harekete geçirilmesi konusundaki girişimlere özel önem verilmelidir.

- İlde faaliyet gösteren meslek kuruluşlarının sabit sermaye yatırımlarının teşvik edilmesi konusunda etkinliği artırılmalı, kamu ve özel kesim arasında itici güç haline gelmelidir.

- Yozgat ili yeni yatırım teşvik bölgelerine göre 14 ilin bulunduğu 5. yatırım teşvik bölgesindedir (ORAN, 2017). 2020 yılında Yozgat ili için 19 adet yatırım teşvik belgesi düzenlenmiş ve 296 milyon TL tutarında sabit yatırım desteklenmiştir. Yatırımlar sonucunda 434 kişi istihdam edilmiştir (STB, 2020). Yozgat ili için düzenlenen teşvik belgesi sayısı artırılırsa, ilde sabit sermaye yatırımları ile birlikte istihdamın da artması beklenmektedir.

- İlin coğrafi ve topografik yapısı, dört mevsim rüzgar enerjisinden yararlanmayı mümkün hale getirmektedir. Rüzgar enerjisinden rasyonel bir şekilde yararlanabilmek ve bu konuda yeni yatırımlar yapmak için rüzgar santralleri tesis edilmelidir.

- Yozgat ilinin Merkez, Boğazlıyan, Sarıkaya, Sorgun, Saraykent ve Yerköy ilçeleri jeotermal kaynak bakımından oldukça zengin ilçelerdir. Bu ilçelerde jeotermal kaynaklar daha çok konut ısıtma ve termal turizm amaçlarıyla değerlendirilmektedir. Yerel yönetimler bölgede jeotermal seracılığın geliştirilmesi ve bu alanda yeni yatırımlar sağlanması konusunda itici güç olmalıdır.

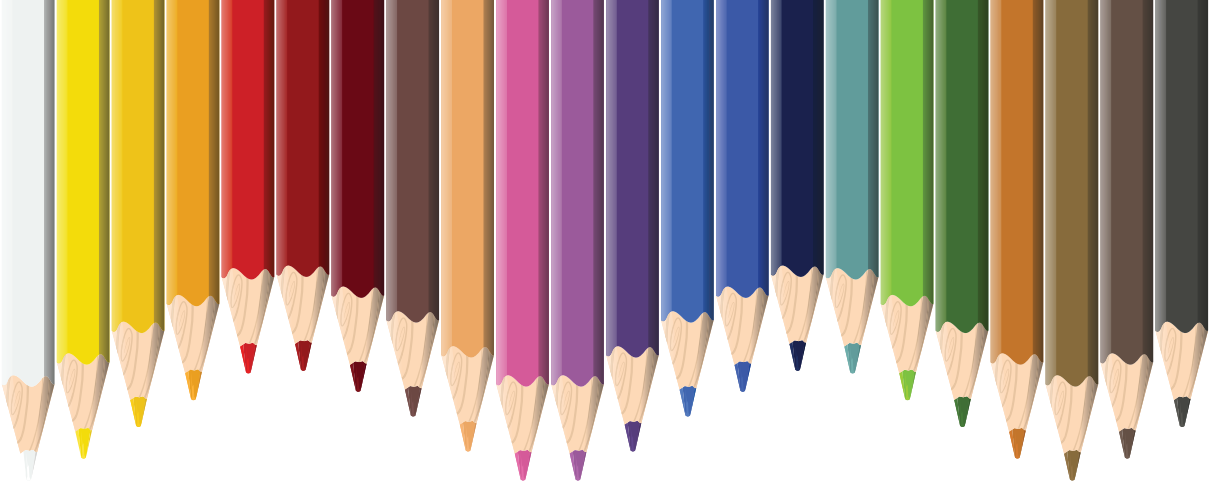
- İlin coğrafi yapısı ile Et ve Süt Kurumunun varlığı, ilde hayvancılığın gelişmesinin önemli unsurlarıdır. Bu kapsamda, hayvancılık sektörüne yapılacak her bir yatırım çok değerli olacaktır.

- Türkiye’de tarımsal üretim potansiyeli güçlü olan illerden biri de Yozgat ilidir. Ancak, ilde kırsal sanayi gelişmemiştir. Tarımsal ürünlerin işlenmesi ve istihdam açısından kırsal sanayiye yönelik yatırımlara öncelik verilmelidir. Bu kapsamda, ilde tarım-sanayi entegrasyonu geliştirilmesi ve kırsal sanayiye yönelik sözleşmeli üretimin yaygınlaştırılması gerekir.

- İlin gelişmesinde sadece ekonomik faktörlerin değil, aynı zamanda sosyal faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Çünkü, sosyoekonomik kalkınma, ekonomik ve kültürel faktörlerin birlikte ele alınması ve bu alanlarda yeni projelerin geliştirilmesi ile mümkündür.

Kaynakça

- Akın, G. (2016). Yozgat İlinin Jeotermal Kaynakları ve Özellikleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 37, 100-112. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/282745#:~:text=Bu%20ama%C3%A7%20sa%C4%B1n%20sa%C4%9Flanabilmesi%20i%C3%A7in%20Yozgat,6%3B%208%3B14>.
- Dolu, A. & Kuvvetli, Ü. (2023). Türkiye’de Kentlerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Düzeylerinin Karşılaştırılması. *International Journal of Public Finance*, 8(1), 85-106.
- Karadjova, V. (2020a,b). THE INVESTMENTS SECTORAL STRUCTURE AS A FACTOR FOR DEVELOPMENT ACCELERATION. *Horizons Series A*, 26. <https://uklo.edu.mk/wp-content/uploads/2021/11/18..pdf>.
- MTA. (2023). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yozgat İli Maden ve Enerji Kaynakları. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/Yozgat_Madenler.pdf.
- Muscettola, M. (2014). Effects of fixed capital investments in current economic downturn. *International Journal of Business and Management*, 5(9).
- ORAN. (2017). Orta Anadolu Kalkınma Ajansı Yatırım Teşvik Rehberi. https://www.oran.org.tr/images/dosyalar/20190502140015_0.pdf.
- ORAN. (2021). Orta Anadolu Kalkınma Ajansı Yozgat Yatırım Rehberi. https://www.oran.org.tr/images/dosyalar/20211028120315_0.pdf.
- STB. (2020). Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yatırım İstatistikleri. <https://www.sanayi.gov.tr/istatistikler/yatirim-istatistikleri>.
- STB. (2020a,b). Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Gıda ve İçecek Sektörü Raporu. <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/sector-raporlari/mu0111011413>.
- STM. (2020a,b,c). Yozgat Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü Raporları.
- TOM (2023). Yozgat Tarım ve Orman İl Müdürlüğü <https://yozgat.tarimorman.gov.tr/Haber/406/Yozgat-Gol-Ve-Goletlerine-90-000-Adet-Yavru-Sazan-Birakildi>.
- TM. (2020). Yozgat Ticaret İl Müdürlüğü Raporları.
- TÜİK. (2023). <https://www.tuik.gov.tr/>.
- YV. (2020). Yozgat Valiliği Sanayi ve Ticaret Verileri. <http://www.yozgat.gov.tr/sanayi-ticaret-verileri>.



Bölüm 5

MALUS FLORİBUNDA ÇELİKLERİNİN KÖKLENDİRİLMESİNDE OKSİN UYGULAMALARI VE KÖKLENDİRME ORTAMI SICAKLIĞININ ROLÜ

Deniz GÜNEY¹

¹ Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü,
Trabzon, ORCID: 0000-0001-7222-6162, d_guney@ktu.edu.tr

GİRİŞ

Bitkiler, buldukları ortamlarda üstlendikleri ekolojik, ekonomik, estetik ve diğer işlevsel özellikleri ile peyzaj tasarımlarının canlı ve dinamik öğeleridir (Güneroğlu ve Pektaş, 2022). Peyzaj alanlarındaki yaygın kullanımı ile dikkat çekici olan *Malus floribunda* Siebold ex Van Houtte (süs elması), Rosaceae familyasına ait bir süs bitkisi olup türün anavatanı Doğu Asya'dır (Cepeda ve Villaran, 1999; Höfer vd., 2014; Kılıç vd., 2016; Kırbag ve Aydoğan, 2017). Diğer birçok ılıman iklim meyve ağacı gibi, süs elması da soğuk ılıman iklimlerde iyi yetişmekte ve kış soğuklarına dayanabilmektedir (Höfer vd., 2014). Tür, güzel görümlü pembe ve kırmızimsı çiçekleri nedeniyle çoğunlukla peyzaj alanlarında kullanılsa da, ekşi ve ağız buruşturucu tadı olan elmalarıyla da Türkiye'de diyabete karşı çare olarak sirke ve marmelat üretiminde kullanılmaktadır (Kırbag ve Aydoğan, 2017; Coklar vd., 2018). Ayrıca, kuşlar için çekici olan meyveleri sayesinde yaban hayatına destek verme amacına hizmet edebilmektedir (Kılıç vd., 2016). Peyzaj ve tıbbi alanlardaki çalışmalarda kullanılmasının yanı sıra yaban hayatına katkılar sunması gibi birçok fonksiyonu olan süs elması türünün uygun yöntemlerle üretilmesi büyük önem arz etmektedir. Nitekim meyve ağaçlarının gövde çelikleri kullanılarak vejetatif yolla üretilmesinin ağaçların iyileştirilmesi ve kısa sürede büyük plantasyonların kurulması açısından giderek daha hayati duruma geldiği ifade edilmektedir (Sally, 2012). Bitkisel üretim yöntemleri, klon bankalarında ve tohum bahçelerinde genotip koruma aracı olarak yaygın şekilde kullanılsa da tüm ilerlemelelere rağmen, fitohormon uygulamalarıyla bitkisel üretim olasılığı çoğu tür için belirsizliğini korumaktadır (Mukhtar, 2019).

Süs bitkilerinin üretimi için en temel yöntemin vejetatif üretim yöntemi olduğu ileri sürülmektedir (Ürgenç, 1992). Öte yandan vejetatif üretim, tehdit altındaki türlerin hızlı bir şekilde üretilmesi ve istenen özelliklere sahip türlerin devamlılığı için de ideal bir yöntemdir (Hartmann vd., 2002; Tchoundjeu vd., 2004). Vejetatif üretim yöntemleri arasında en çok kullanılan yöntemlerden olan gövde çelikleri ile üretme anaç bitki özelliklerinin korunması, fidanların kısa sürede elde edilmesi ve hızlı bir şekilde çiçek ile meyve üretimi gibi avantajlar sunmaktadır (Nadeem vd., 2000; Raju ve Prasad, 2010; Saumya vd., 2014).

Süs bitkilerinin çelikle üretilmesinde köklenme kabiliyeti üzerine bazı iç ve dış faktörler etki etmektedir. İç faktörler arasında çelikle depo edilen besin miktarı, çelik tipi, anaç bitkinin yaşı, kallus ve adventif köklerin oluşumu ile çeliklerdeki yaprak ya da tomurcukların varlığı vb. yer alırken, dış faktörler arasında fitohormon uygulaması, köklendirme ortamı, ışık ve alttan ısıtma uygulaması gibi çeşitli faktörler yer almaktadır (Hartmann vd., 2002; Husen ve Pal, 2006; Sevik ve Guney, 2013; Gehlot vd., 2014; Kaushik ve Shukla, 2020; Güney vd., 2021a; Bayraktar vd., 2022). Yıl içindeki toplama zamanı ve odunlaşma durumu dikkate alınarak yumuşak, yarı odunsu ve odunsu çelik olarak sınıflandırılan

çelik tipleri, türe göre değişmekle birlikte köklenme başarısı üzerine etki eden önemli bir faktördür (Ürgenç, 1992; Hartmann vd., 2002; Yahyaoglu ve Güney, 2013; Turna, 2017). Diğer bir önemli etken olarak fitohormonlar (bitki büyüme düzenleyicileri), hem çevresel hem de stresli koşullar altında büyüme ve gelişme tepkilerine aracılık etmeye ya lokal olarak (sentez yerlerinde) hareket edebilen ya da bitki gövdesi içindeki başka bir bölgeye taşınabilen bitki biyosentetik yollarından türetilen bileşiklerdir (Peleg ve Blumwald, 2011). Kökleri ve sürgün gelişimini desteklemek (Monteuuis, 2016), bitki büyümesini düzenlemek ve teşvik etmek için bitki dokularında sentezlenen fitohormonlar (Dunsin vd., 2016), temelde oksinler, giberilinler, sitokininler, absisik asit ve etilen olarak sınıflandırılmaktadır (Iqbal vd., 2014). Çelikle üretim yönteminde, çeliklerin köklenmesini ve büyümesini hızlandırmak ya da arttırmak amacıyla fitohormon kullanımı gerekmektedir (Arif vd., 2022). Oksinler, kök oluşumu ve çelik kalitesi üzerinde olumlu etki yapan fitohormonlardır (Blythe vd., 2007). Oksin grubunda yer alan indol-3-bütirik asit (IBA), indol-3-asetik asit (IAA) ve a-naftalin asetik asit (NAA) gibi fitohormonlar, gövde çeliklerinin köklenme yeteneğini kontrol etmede kullanılmaktadır (Tchoundjeu vd., 2002; Gateablé ve Pastor, 2006; Husen ve Pal, 2007; Sudomo vd., 2013; Bayraktar vd., 2018a; Güney vd., 2023). Bunların arasında IAA, tanımlanan ilk bitki hormonu olup (Fahad vd., 2015), hücre uzaması, vasküler doku gelişimi ve apikal baskınlık gibi bitki büyümesiyle ilgili süreçlerin düzenlenmesinde anahtar bir rol oynamaktadır (Wang vd., 2001). Tıpkı IAA gibi IBA ve NAA'da çelikleri köklenmeye tahrik etmektedir (Copes ve Mandel, 2000; Ludwig-Müller, 2000; Shahzad vd., 2019). Çelikle üretimde köklendirme hormonunun konsantrasyonu türe, çelik tipine, yetiştirme koşullarına, yılın mevsimine ve köklendirme hormonu bileşenlerinin maliyet etkinliğine bağlı olup, başarılı bir bitki üretimi için en uygun kök hormonu konsantrasyonunun seçilmesi gereklidir (Kaushik ve Shukla, 2020). Çeliklerin köklenmesi ve vejetatif büyümesi üzerinde pay sahibi olan köklendirme ortamı ise köklenme yüzdesi ve kök kalitesine doğrudan etki etmektedir (Farooq vd., 2018). İyi bir köklendirme ortamı, bitkinin kullanabileceği suyu tutmakta, havalanma ve gaz değişimi için alan oluşturmakta ve bitkilere bir tutunma sağlamaktadır (Galavi vd., 2013). Perlit ve vermikülit gibi ortamlar bitki üretim yöntemlerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmakta olup en uygun ortamın seçilmesi başarılı bitki üretimi için önem taşımaktadır (Jaleta ve Sulaiman, 2019). Ayrıca, alttan ısıtma uygulaması da köklendirme başarısını olumlu yönde etkilemektedir (Grolli vd., 2005).

Yapılan literatür araştırması kapsamında, süs elmasının çelikle üretilmesi üzerine detaylı çalışmalara pek rastlanmamıştır. Bu çalışma kapsamında farklı köklendirme ortamı sıcaklıkları ile fitohormon uygulamalarının süs elması türünün yumuşak çelikler ile üretilmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma ile süs elması türünün en iyi üretim koşulları tespit edilerek üreticilere yön göstermek amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında görsel özellikleri ile peyzaj çalışmaları için sıklıkla tercih edilen ve meyveleri ile de doğada bulunan canlılara besin sağlayan süs elması türü vejetatif yolla üretilmiştir. Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Kanuni Yerleşkesinde bulunan 20 yaşındaki anaç bireyin son yıllık sürgünlerinden Mayıs ayında kesilerek hazırlanan yumuşak çelikler çalışma materyalini oluşturmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Çelik materyallerinin alındığı anaç birey ve dikilen çeliklere ilişkin görseller

Çalışma KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasında yürütülmüştür. Teknolojik koşulları bünyesinde barındıran serada otomasyon sistemi ile iki farklı sera ortamı hazırlanmıştır. Bu iki ortam Sera-1 ve Sera-2 ortamları olarak isimlendirilmiş olup, iki ortam için de hava sıcaklığı $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve nem düzeyi $\%70\pm 2$ olarak belirlenmiştir. Sera ortamları için asıl belirleyici olarak köklendirme ortamı sıcaklığı tayin edilmiştir. Sera-1 ortamı için hava sıcaklığından 5°C daha fazla olacak şekilde $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ olarak ayarlanan köklendirme ortamı sıcaklığı, Sera-2 ortamında hava sıcaklığı ile aynı olacak şekilde $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ olarak ayarlanmıştır. Sera ortamlarının bu şekilde ayarlanmasına, literatürde yer alan bazı çalışmalardaki köklendirme ortamı sıcaklığının hava sıcaklığından yaklaşık 5°C daha fazla olması neticesinde elde edilen olumlu etkiler neden olmuştur (Bayraktar vd., 2018b; Güney vd., 2021b).

Köklendirme ortamı olarak su tutma ve havalanma kapasitesinin yüksek olması nedeniyle perlit tercih edilmiştir. Öte yandan, çeliklerdeki köklenmeyi artırmak amacıyla bitki büyüme düzenleyicilerin (fitohormonlar) oksin grubunda bulunan indol-3-bütirik asit (IBA), indol-3-asetik asit (IAA) ve a-naftalin asetik asit (NAA), pudra formda olmak üzere 3000 ve 5000 ppm konsantrasyonlarında hazırlanarak kullanılmıştır. Nitekim daha önce yapılan bazı çalışmalarda (Bayraktar vd., 2017; Yıldırım vd., 2020; Güney vd., 2021c) eksojen oksin uygulamalarının kök oluşumu üzerine pozitif yönde etki ettiği bildirilmiştir.

Çalışma kapsamında hazırlanan yumuşak çelikler köklendirme ortamlarına rastlantı blokları deneme deseni esas alınarak üç tekrarlı olacak şekilde dikilmiştir. Buna göre, toplamda 420 adet çelik (2 sera ortamı \times 3 fitohormon \times 2 konsantrasyon \times 10 çelik \times 3 tekrar olmak üzere 360 adet işlem çeliği ve 2 sera ortamı \times 10 çelik \times 3 tekrar olmak üzere 60 adet kontrol çeliği) köklendirme ortamına aktarılmıştır. Buradan hareketle çalışmanın işlemlerini Sera-1 ve Sera-2 ortamlarındaki perlit köklendirme ortamlarına aktarılan kontrol, IBA 3000, IBA 5000, IAA 3000, IAA 5000, NAA 3000 ve NAA 5000 ppm oluşturmuştur.

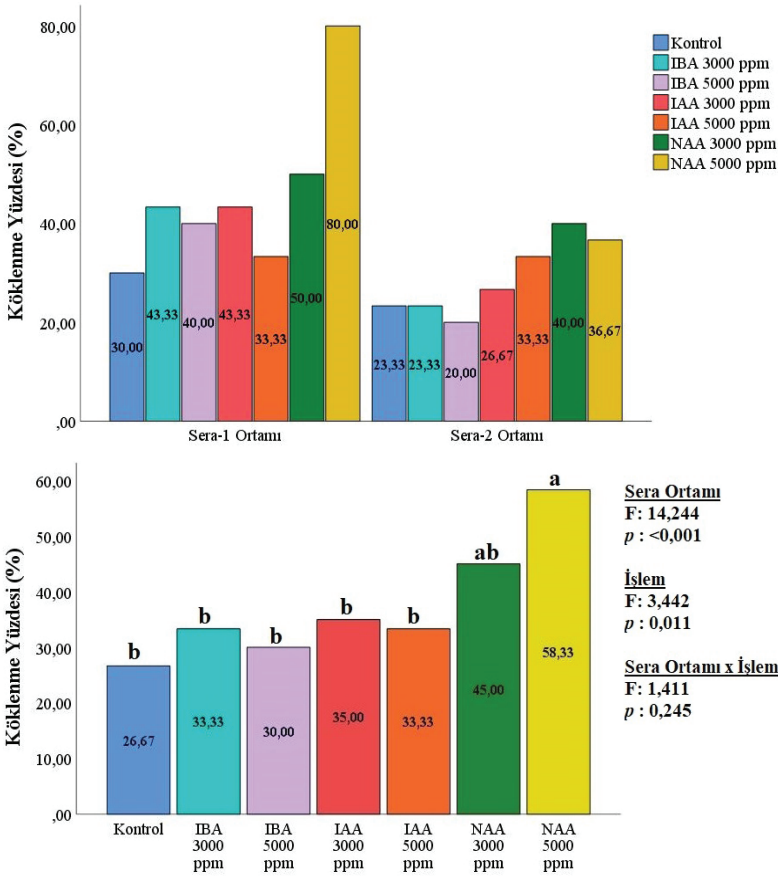
Anaç bitkiden çelik materyalleri alınırken nem kaybını en aza indirmek amacıyla sabah erken saatlerde çalışma gerçekleştirilmiş ve materyaller ıslak bezle sarılarak soğutucu ile seraya taşınmıştır. Yaklaşık 10 cm uzunluğunda hazırlanan yumuşak çelikler bekletilmeden Sera-1 ve Sera-2 ortamlarına dikilmiştir. Dikimi sonrasında oluşabilecek muhtemel kontaminasyon, nem kaybı ya da diğer olumsuzluklara karşı düzenli olarak sera ortamları kontrol edilmiştir. Öte yandan, ilk kök oluşum tarihi de yapılan kontroller esnasında kaydedilmiş olup bu esnada çeliklerin zarar görmemesi için özen gösterilmiştir.

Köklenme sürecini tamamlayan çelikler köklendirme ortamından sökülmüş olup, bu çeliklerde köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı değerleri belirlenmiştir. Köklenme yüzdesi, köklenen çeliklerin dikilen çelik sayısına oranının yüz ile çarpılması ile elde edilmiştir. Çelikler söküldükten sonra oluşan en uzun ana kök uzunluğunun cetvel kullanılarak ölçülmesi ile kök boyları tespit edilirken, bu ana köklerin sayılması ile de kök sayıları tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler IBM SPSS Statistics 27 istatistik programı kullanılarak varyans analizi ile Duncan testine tabi tutulmuştur. Ölçülen karakterlere ilişkin sera ortamları, işlemler ve sera ortamı \times işlem etkileşimi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık olup olmadığını tespit etmek amacıyla varyans analizi (Univariate) yapılmıştır. Öte yandan, işlemler açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilen karakterlere ilişkin Sera-1 ve Sera-2 ortamlarında elde edilen veriler birlikte değerlendirilerek işlemler arasında ortaya çıkan gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir.

BULGULAR

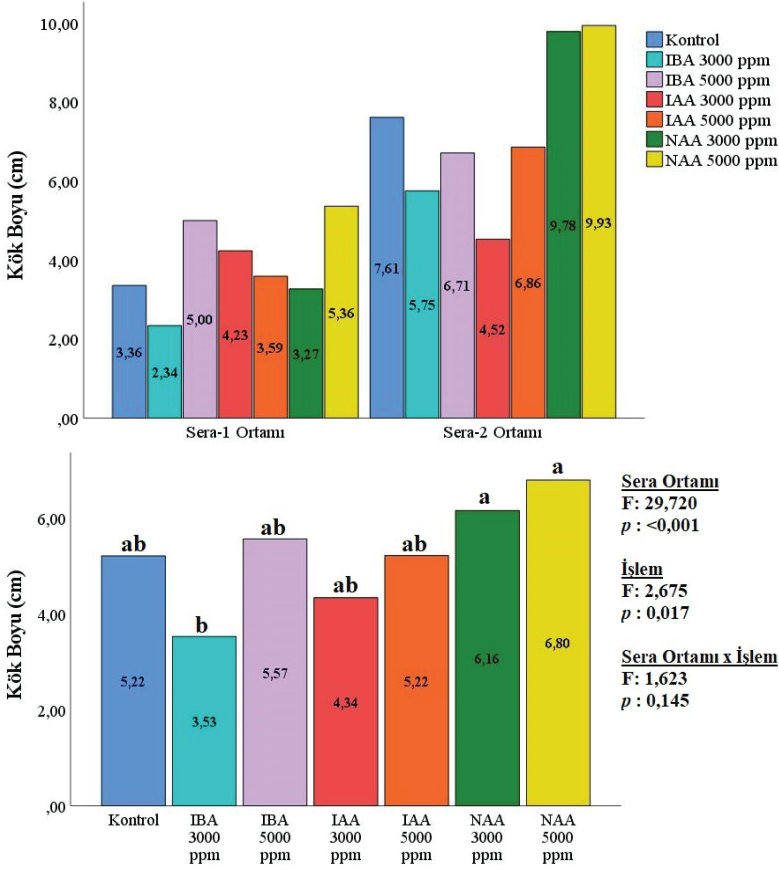
Çalışma sonucunda süs elması çelikleri dikimi takiben 132 gün sonra kök oluşumlarını tamamladıklarından köklendirme ortamından sökülmüştür. Bu süre zarfında yapılan incelemeler neticesinde, ilk kök oluşumunun Sera-1 ortamındaki ($20\pm 2^\circ\text{C}$ hava sıcaklığı, $25\pm 2^\circ\text{C}$ köklendirme ortamı sıcaklığı, $\%70\pm 2$ nem düzeyi) NAA 5000 ppm işleminde 37 gün sonunda olduğu belirlenmiştir. Sera-1 ve Sera-2 ortamlarında işlemlere ilişkin oluşan ortalama köklenme yüzdesi değerleri ile varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarının grafiksel olarak gösterimi Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Köklenme yüzdesine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Şekil 2 incelendiğinde, en yüksek ortalama köklenme yüzdesi değerinin %80,00 ile ilk kök oluşumunun da meydana geldiği Sera-1 ortamındaki NAA 5000 ppm işleminde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca, genel olarak bir değerlendirme yapıldığında da yine %45,71 ile Sera-1 ortamındaki işlemlerin köklenme yüzdesi ortalamasının Sera-2 ortamındakine (%29,05) kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, köklenme yüzdesi açısından sera ortamları arasında %99 güven düzeyinde ve işlemler arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya çıkarken, sera ortamı × işlem etkileşimine ilişkin ise istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşmamıştır. Duncan testi sonuçları, işlemler arasında üç farklı grup oluştuğunu göstermiştir. Buna göre, en yüksek değer elde edildiği NAA 5000 ppm işlemi tek başına birinci grubu teşkil ederken, NAA 3000 ppm işlemi ikinci gru-

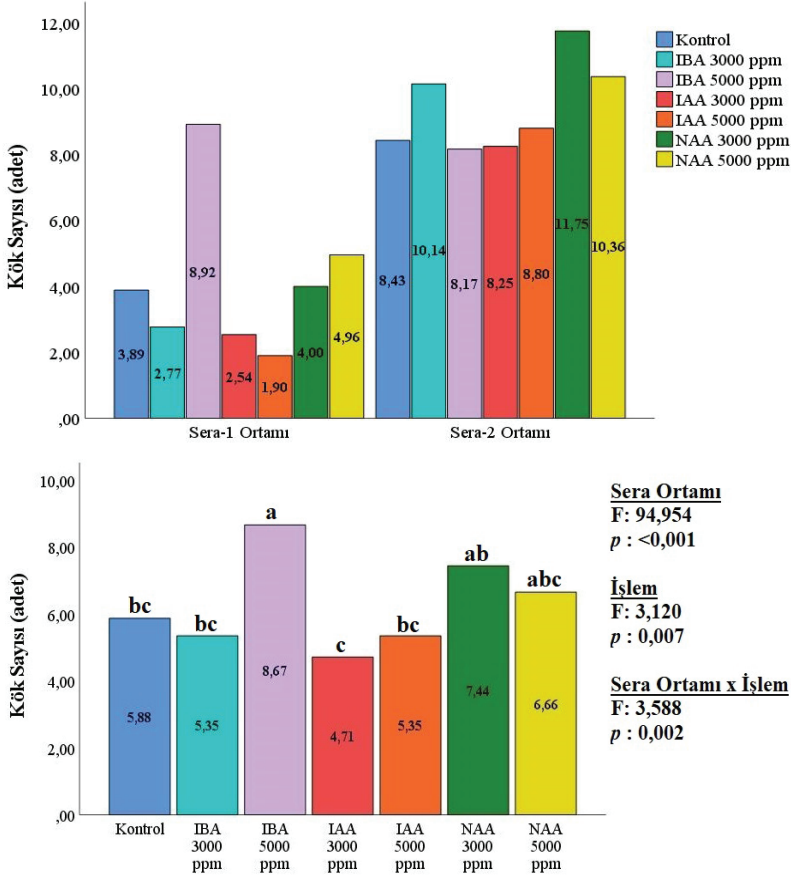
bu, kontrol, IBA 3000 ppm, IBA 5000 ppm, IAA 3000 ppm ve IAA 5000 ppm işlemleri ise birlikte üçüncü grubu teşkil etmiştir. Sera ortamlarında işlemler açısından meydana gelen ortalama kök boyları, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları grafikler halinde aşağıda verilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Kök boyuna ilişkin ortalamalar ile varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Kök boyuna ilişkin grafiklerden görüleceği üzere, en uzun ortalama kök boyu 9,93 cm olarak Sera-2 ortamındaki ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$ hava sıcaklığı, $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ köklendirme ortamı sıcaklığı, $70\pm 2\%$ nem düzeyi) NAA 5000 ppm işleminde meydana gelmiştir. Ayrıca, Sera-2 ortamındaki ortalama kök boyu değerinin 7,63 cm, Sera-1 ortamındaki ortalama kök boyu değerinin ise 4,05 cm olduğu tespit edilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, kök boyu bakımından sera ortamları arasında ($p < 0,01$) ve işlemler arasında ($p < 0,05$) istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşurken, sera ortamı \times işlem etkileşimine ilişkin ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık meydana gelmemiştir. Duncan testi

sonuçlarına göre ortaya çıkan üç farklı gruptan ilkinin NAA 3000 ppm ve NAA 5000 ppm işlemleri, ikincisini kontrol, IBA 5000 ppm, IAA 3000 ppm ve IAA 5000 ppm işlemleri, üçüncüsünü ise IBA 3000 ppm işlemi oluşturmuştur. Sera-1 ve Sera-2 ortamlarında ayrı ayrı olmak üzere işlemlerde elde edilen ortalama kök sayıları, varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Kök sayısına ilişkin ortalamalar ile varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Kök sayısı açısından en yüksek ortalama değer Sera-2 ortamındaki NAA 3000 ppm işleminde 11,75 adet ile oluşmuştur. Diğer tüm işlemlerin aksine IBA 5000 ppm işlemi ise 8,92 adet ile Sera-1 ortamında daha yüksek ortalama kök sayısı değerine ulaşmıştır. Sera-1 ve Sera-2 ortamlarındaki ortalama kök sayısı değerlerinin sırasıyla 4,26 adet ve 9,64 adet olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4’te yer alan varyans analizi sonuçlarına göre, kök sayısı açısından sera ortamları arasında, işlemler arasında ve sera ortamı × işlem etkileşiminde %99

güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. Anlamlı farklılıkların oluştuğu işlemler arasındaki gruplaşmalara ilişkin Duncan testi sonucunda, beş farklı grup oluştuğu belirlenmiştir. Sera-1 ve Sera-2 ortamları birlikte değerlendirildiğinde ortalama kök sayısı en yüksek olan IBA 5000 ppm işlemi birinci grubu ve en düşük olan IAA 3000 ppm işlemi sonuncu grubu meydana getirmiştir.

En yüksek ortalama köklenme yüzdesinin elde edildiği Sera-1 ortamındaki NAA 5000 ppm işleminden sökülen çelikler ile en uzun ortalama kök boyu (NAA 5000 ppm) ve en yüksek ortalama kök sayısı (NAA 3000 ppm) değerlerinin elde edildiği Sera-2 ortamındaki işlemlerden sökülen çeliklere ilişkin görseller aşağıda verilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Sökülen çeliklere ilişkin genel görseller (Sol üst: Sera-1 ortamındaki NAA 5000 ppm işlemi; Sağ üst: Sera-2 ortamındaki NAA 5000 ppm işlemi; Alt: Sera-2 ortamındaki NAA 3000 ppm işlemi)

Şekil 5 dikkatlice incelendiğinde, en yüksek köklenme yüzdesinin elde edildiği Sera-1 ortamındaki NAA 5000 ppm işleminden sökülen çeliklerin

kök boyu ve kök sayısı açısından Sera-2 ortamından sökülen çeliklere kıyasla daha zayıf kaldığı görülmüş olup, bu durum çalışma sonuçlarına da yansımıştır. Buradan hareketle, köklenme yüzdesi değerlerinin köklenme başarısı için tek başına değerlendirilmemesi gerektiği anlaşılmış olup, daha net bilgi için kök boyu ve kök sayısı gibi kök morfolojisini de içeren detaylı ölçümlere olan ihtiyaç ön plana çıkmıştır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Malus floribunda Siebold ex Van Houtte (süs elması) türünün yumuşak çeliklerinin köklendirilmesi üzerine oksin ve köklendirme ortamı sıcaklığı etkilerinin araştırıldığı çalışmada, Sera-1 ve Sera-2 olmak üzere köklendirme ortamı sıcaklıkları ayarlanan ortamlara dikilen kontrol çelikleri ile birlikte 3000 ve 5000 ppm konsantrasyonlarındaki IBA, IAA ve NAA fitohormonları ile muamele edilen çelikler çalışmanın işlemlerini oluşturmuştur. Çalışma neticesinde, köklendirme ortamı sıcaklığının artmasına bağlı olarak köklenme yüzdesi değerlerinde artışlar ortaya çıkmıştır. En yüksek köklenme yüzdesi değeri %80,00 ile Sera-1 ortamındaki ($25\pm 2^\circ\text{C}$ köklendirme ortamı sıcaklığı) NAA 5000 ppm işleminde meydana gelmiştir. Bu değer, Sera-2 ortamında ($20\pm 2^\circ\text{C}$ köklendirme ortamı sıcaklığı) oluşan en yüksek köklenme yüzdesi değerinin (NAA 3000 ppm işlemi - %40,00) tam iki katı daha fazla olarak elde edilmiştir. Bakhtaulova (2020) tarafından *Malus sieversii* türünün yumuşak çelikle üretilmesi üzerine yapılan çalışmada, en yüksek köklenme yüzdesi değeri %46,70 olarak IBA 50 mg/l ile muamele edilen çeliklerde ortaya çıkmıştır. M9 elma anacından alınan yeşil çeliklerin üretilmesi amacıyla Babaoğlu ve Kalyoncu (2011) tarafından yapılan çalışmada, %85-90 nem düzeyinde IBA 2000 ppm ile muamele edilen çeliklerde %80,95 ile en yüksek köklenme yüzdesi değeri belirlenmiştir. Dvin vd. (2011) MM111 elma anacını sert çelikle köklendirmeyi denedikleri çalışmalarında, en yüksek köklenme yüzdesini kokopit ve perlit karışık köklendirme ortamına diktikleri IBA 2500 mgL⁻¹ ile muamele edilen çeliklerde %37,03 olarak elde etmişlerdir. M9 elma anacının yumuşak çelikler ile köklendirilmesi üzerine yapılan başka bir çalışmada, en yüksek köklenme yüzdesi %46,00 olarak kontrol çeliklerinde meydana gelmiştir (Ersoy vd., 2009). Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, çalışma sonuçlarına benzer şekilde köklendirme ortamı sıcaklığının artışıyla köklenme yüzdesi değerlerinde de artışların elde edildiği birçok çalışma mevcuttur (Güney vd., 2016; Yıldırım vd., 2017; Güney ve Turna, 2022). Köklenme yüzdesi açısından elde edilen değerlerin aksine kök boyu ve kök sayısı açısından Sera-2 ortamında daha yüksek sonuçlar ortaya çıkmıştır. Buna göre, en uzun ortalama kök boyu değerinin 9,93 cm ile NAA 5000 ppm işleminde, en yüksek ortalama kök sayısı değerinin ise 11,75 adet ile NAA 3000 ppm işleminde olduğu belirlenmiştir. Köklendirme ortamı sıcaklığı değişse de hem köklenme yüzdesi, hem kök boyu ve hem de kök sayısı açısından en yüksek sonuçlar sürekli olarak NAA fitohormon uygulamasının yapıldığı çeliklerde

meydana gelmiş olup, kontrol çeliklerinden önemli oranda fazla değerler elde edilmiştir. M9 elma anacının yumuşak çeliklerinin köklendirildiği bir çalışmada, en uzun ortalama kök boyunun 3,80 cm ile %95-100 nem düzeyindeki IBA 8000 ppm işleminde olduğu, en yüksek ortalama kök sayısının ise 16,05 adet ile %95-100 nem düzeyindeki IBA 4000 ppm işleminde olduğu belirlenmiştir (Babaoğlu ve Kalyoncu, 2011). Karakurt vd. (2009) MM106 elma anacının sert çelikle köklendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, en yüksek ortalama kök sayısını IBA 1000 ppm işleminde 16,50 adet olarak tespit etmiştir. M9 elma anacı üzerine yapılan diğer çalışmada, en uzun ortalama kök boyu ve en yüksek ortalama kök sayısı değerleri sırasıyla 2,03 cm (%95-100 nem düzeyi - kontrol) ve 1,62 adet (%95-100 nem düzeyi - IBA 3500 ppm) olarak ortaya çıkmıştır (Ersoy, 2009). Elma üzerine yapılan diğer çalışmalara kıyasla benzer ya da daha yüksek köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı değerleri bu çalışma sonucunda elde edilmiştir. Bitki büyüme düzenleyicilerinin farklı konsantrasyonları kullanılarak elma türlerinin çelikle köklendirilmesi üzerine benzer çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Sharma vd., 2005; Lone ve Sofi, 2007; Sivaci ve Yalcin, 2008). Çelikle üretimdeki köklenme başarısı üzerine oksin uygulamalarının olumlu etkileri pek çok çalışma ile ortaya koyulmuştur (Howard, 1985; Sevik ve Güney, 2013; Bayraktar vd., 2018c, Yıldırım vd., 2020; Güney vd., 2023).

Çalışma sonuçları bir bütün olarak ele alındığında, köklendirme ortamı sıcaklığının hava sıcaklığından 5°C daha yüksek ayarlanması ile köklenme başarısı artırılmıştır. Öte yandan, hava ve köklendirme ortamı sıcaklıklarının aynı olması ile kök boyu ve kök sayısı gibi özellikler açısından daha kaliteli fidanlar üretilmiştir. Her iki durumda da oksin grubu fitohormonlardan olan NAA kullanımının köklenme üzerine olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarının süs elması üzerine yapılacak olan üretimlerde ihtiyaca ve amaca yönelik olarak sıcaklık düzeyleri ile oksin tercihleri için bir kılavuz olacağı ve bilimsel çalışmalara altlık teşkil edeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Arif, A., Husna., Tuheteru, F.D. and Rosnawati (2022). Shoots cuttings propagation of endangered and endemic tree species of *Kalappia celebica* Kosterm using the application of Rootone-f. *Agriculture and Forestry*, 68(2), 121-131. doi:10.17707/AgricultForest.68.2.09
- Babaoğlu, D. ve Kalyoncu, İ.H. (2011). M9 Elma Anacının yeşil çelikle çoğaltılması üzerine değişik nem ve indol butirik asit (IBA) uygulamalarının etkileri. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25(1), 46-52.
- Bakhtaulova, A.S. (2020). Technology of *Malus sieversii* softwood cutting. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 421, No. 8, p. 082023). IOP Publishing.
- Bayraktar, A., Güney, D. ve Chavoshi, S.H. (2022). Kırmızı yapraklı japon akçaağacının çelikle üretilmesinde farklı sera ortamları ile oksinlerin etkileri. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 9(Özel Sayı), 84-90.
- Bayraktar, A., Yıldırım, N., Atar, F. and Turna, I. (2018a). Effects of some auxins on propagation by hardwood cutting of autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.). *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 5(2), 112-116.
- Bayraktar, A., Atar, F., Yıldırım, N. and Turna, I. (2018b). Effects of different media and hormones on propagation by cuttings of European yew (*Taxus baccata* L.). *Sumarski List*, 142(9-10), 509-516.
- Bayraktar, A., Yıldırım, N., Atar, F. and Turna, I. (2018c). Effects of different rooting media and hormones on propagation by softwood cuttings of *Elaeagnus umbellata*. 4th Non-Wood Forest Products Symposium (p. 7), October 4-6, Bursa, Türkiye.
- Bayraktar, A., Yıldırım, N., Atar, F. and Turna, I. (2017). The effects of rooting media and some auxins on propagation by cutting of *Cryptomeria japonica* D.Don 'Elegans' (Henk&Hochst.) Mast. International Forestry and Environment Symposium (p. 202), November 7-10, Trabzon, Türkiye.
- Blythe, E.K., Sibley, J.L., Tilt, K.M. and Ruter, J.M. (2007). Methods of auxin application in cutting propagation: A review of 70 years of scientific discovery and commercial practice. *Journal of Environmental Horticulture*, 25(3), 166-185.
- Cepeda, E. and Villaran, M.C. (1999). Density and viscosity of *Malus floribunda* juice as a function of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*, 41(2), 103-107.
- Coklar, H., Akbulut, M., Alhassan, I., Kirpıtcı, Ş. and Korkmaz, E. (2018). Organic acids, sugars, phenolic compounds and antioxidant activity of *Malus floribunda* coccinella fruit, peel and flesh. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 17(5), 47-59.
- Copes, D.L. and Mandel, N.L. (2000). Effects of IBA and NAA treatments on rooting Douglas-fir stem cuttings. *New Forests*, 20, 249-257.

- Dunsin, O., Ajiboye, G. and Adeyemo, T. (2016). Effect of alternative hormones on root ability of *Parkia biglobosa*. *Journal of Scientia Agriculturae*, 13(2), 113-118.
- Dvin, S.R., Ganji Moghadam, E. and Kiani, M. (2011). Rooting response of hardwood cuttings of MM111 apple clonal rootstock to indole butyric acid and rooting media. *Asian Journal of Applied Sciences*, 4, 453-458.
- Ersoy, N., Kalyoncu, I.H., Aydin, M. and Yilmaz, M. (2009). Effects of some humidity and IBA hormone dose applications on rooting of M9 apple clonal rootstock softwood top cuttings. *African Journal of Biotechnology*, (17), 2510-2514.
- Fahad, S., Hussain, S., Bano, A., Saud, S., Hassan, S., Shan, D., Khan, F.A., Khan, F., Chen, Y., Wu, C., Tabassum, M.A., Chun, M.X., Afzal, M., Jan, A., Jan, M.T. and Huang, J. (2015). Potential role of phytohormones and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: Consequences for changing environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 4907-4921. doi:10.1007/s11356-014-3754-2
- Farooq, M., Kakar, K., Golly, M.K., Ilyas, N., Zib, B., Khan, I., Khan, S., Khan, I., Saboor, A. and Bakhtiar, M. (2018). Comparative effect of potting media on sprouting and seedling growth of grape cuttings. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, 4(3), 31-39.
- Galavi, M., Karimian, M.A. and Mousavi, S.R. (2013). Effects of different auxin (IBA) concentrations and planting beds on rooting grape cuttings (*Vitis vinifera*). *Annual Review and Research in Biology*, 3(4), 517-523.
- Gateablé, G. and Pastor, M. (2006). Ontogenic stage, auxin type and concentration influence rooting of *Oxera sulfurea* stem cuttings. *Acta Horticulture*, 723, 269-272.
- Gehlot, A., Gupta, R.K., Tripathi, A., Arya, I.D. and Arya, S. (2014). Vegetative propagation of *Azadirachta indica*: Effect of auxin and rooting media on adventitious root induction in mini-cuttings. *Advances in Forestry Science*, 1, 1-9.
- Grolli, P.R., Morini, S. and Loreti, F. (2005). Propagation of *Platanus acerifolia* Willd. by cutting. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(6), 705-710.
- Güneroğlu, N. ve Pektaş, S. (2022). Yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitki taksonlarının peyzaj mimarlığındaki önemi: KTÜ Kanuni Kampüsü örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 23(1), 79-89.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F., Chavoshi, S.H. and Turna, İ. (2023). The effects of different rooting temperatures and phytohormones on the propagation of boxwood cuttings. *Baltic Forestry*, 29(1), id593-id593.
- Güney, D. ve Turna, İ. (2022). *Bazı süs bitkilerinin çelikle köklendirilmesinde ortam sıcaklığı ile eksojen oksin uygulamalarının etkileri*. Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Teori ve Araştırmalar, Doç. Dr. Ali Bolat (Editör), Serüven Yayınevi, İzmir, ss.45-59.

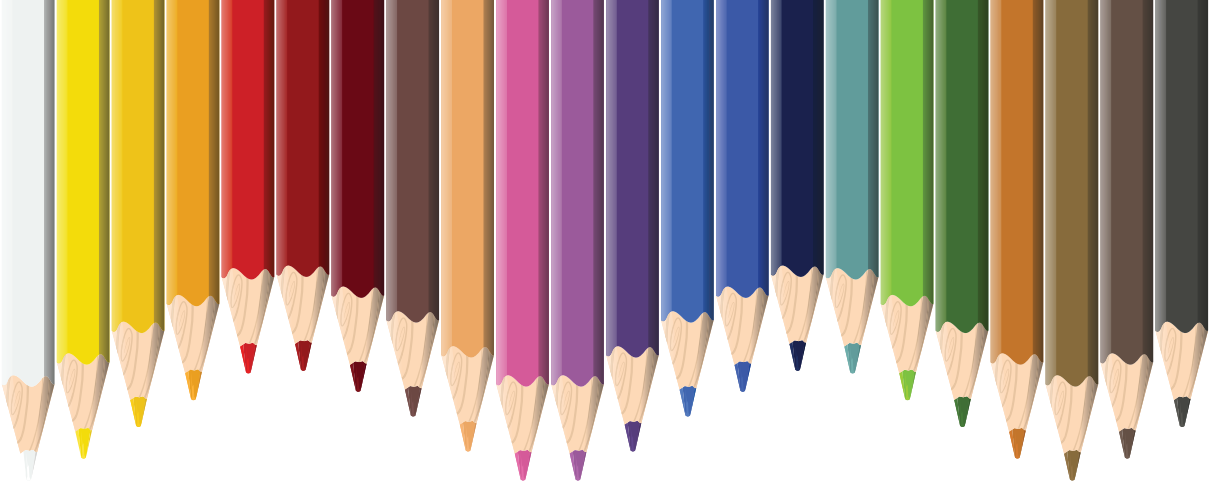
- Güney, D., Chavoshi, S.H., Bayraktar, A. and Atar, F. (2021a). The effects of temperature and exogenous auxin on cutting propagation of some junipers. *Dendrobiology*, 86, 29-38.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F. and Turna, İ. (2021b). The effects of different factors on propagation by hardwood cuttings of some coniferous ornamental plants. *Şumarski List*, 145(9-10), 467-477.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F. ve Turna, İ. (2021c). Açelya (*Azalea* sp.) çeliklerinin köklendirilmesi üzerine farklı fitohormonların etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 8(1), 80-87.
- Güney, D., Chavoshi, S.H. ve Bayraktar, A. (2016). *Magnolia liliiflora* türünün çelik ile köklendirilmesi üzerine farklı sera ortamı ve hormonların etkisi. VI. Süs Bitkileri Kongresi, Tam Metin Bildiriler Kitabı (57-62), 19-22 Nisan, Antalya.
- Hartmann, T.H., Kester, D.E., Davies, F.T. and Geneve, R.L. (2002). *Plant propagation, principles and practises*. 7th edition, New Jersey, pp. 880.
- Howard, B.H. (1985). Factors affecting the response of leafless winter cuttings of apple and plum to IBA applied in the powder formulation. *Journal of Horticultural Sciences*, 60(2), 161-168.
- Höfer, M., Eldin Ali, MAMS., Sellmann, J. and Peil, A. (2014). Phenotypic evaluation and characterization of a collection of *Malus* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61, 943-964.
- Husen, A. and Pal, M. (2006). Variation in shoot anatomy and rooting behaviour of stem cutting in relation to age of donor plants in teak (*Tectona grandis* Linn. F). *New Forests*, 31, 57-73.
- Husen, A. and Pal, M. (2007). Metabolic changes during adventitious root primordium development in *Tectona grandis* Linn. f. (teak) cuttings as affected by age of donor plants and auxin (IBA and NAA) treatment. *New Forests*, 33, 309-323.
- Iqbal, N., Umar, S., Khan, N.A. and Khan, M.I.R. (2014). A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: Regulation of proline metabolism. *Environmental and Experimental Botany*, 100, 34-42.
- Jaleta, A. and Sulaiman, M. (2019). A review on the effect of rooting media on rooting and growth of cutting propagated grape (*Vitis vinifera* L). *World Journal of Agriculture and Soil Science*, 3(4), 1-8.
- Karakurt, H., Aslantas, R., Ozkan, G. and Guleryuz, M. (2009). Effects of indol-3-butyric acid (IBA), plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and carbohydrates on rooting of hardwood cutting of MM106 Apple rootstock. *African Journal of Agricultural Research*, 4, 60-64.
- Kaushik, S. and Shukla, N. (2020). A review on effect of IBA and NAA and their combination on the rooting of stem cuttings of different ornamental crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(3), 1881-1885.
- Kılıç, T., Kazaz, S., Ergür, E.G. ve Gül, A. (2016). Meyve özellikli odunsu bitki türle-

rinin peyzaj amaçlı bitkisel tasarımda kullanılabilme olanakları. VI. Süs Bitkileri Kongresi (s. 358-369), 19-22 Nisan, Antalya, Türkiye.

- Kırbağ, S. and Aydoğan, D. (2017). The investigation of phytochemical contains, antioxidant and antimicrobial activities of *Malus floribunda* Siebold ex Van Houtte from Eastern Turkey. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3), 349-354.
- Lone, I.A. and Sofi, K.A. (2007). Studies on the effect of Indole Butyric Acid and time of planting on performance of M9 and M26 apple rootstock cutting under high altitude conditions. *The Asian Journal of Horticultural*, 2(1), 34-36.
- Ludwig-Müller, J. (2000). Indole-3-butyric acid in plant growth and development. *Plant Growth Regulation*, 32(2-3), 219-230.
- Monteuuis, O. (2016): Micropropagation and production of forest tree. In Park, Y.S., Bonga, J.M., Moon, H.K., eds. *Vegetatif propagation of forest tree*, National Institute of Forest Science (NIFoS). p 32-55 Seoul, Korea.
- Mukhtar, R.B. (2019). Effect of rooting media and hormone concentrations on vegetative propagation of *Balanites aegyptiaca*. *Journal of Forestry Research*, 30(1), 73-76.
- Nadeem, M., Palni, L.M.S., Purohit, A.N., Pandey, H. and Nandi, S.K. (2000). Propagation and conservation of *Podophyllum hexandrum* Royle: An important medicinal herb. *Biological Conservation*, 92(1), 121-129.
- Peleg, Z. and Blumwald, E. (2011). Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 14, 290-295.
- Raju, N.L. and Prasad, M.N.V. (2010). Influence of growth hormones on adventitious root formation in semi-hardwood cuttings of *Celastrus paniculatus* Wild.: A contribution for rapid multiplication and conservation management. *Agroforestry Systems*, 79, 249-252.
- Sally, A.S. (2012). Effects of auxins and leaf size on rooting of *Treculia africana* (Decne) stem cuttings. *Journal of Environmental Engineering Research*, 1(210), 1-5.
- Saumya, M.T., Surendra, T. and Hrideek, T.K. (2014). Vegetative propagation for different physiological ages of *Embelia ribes* cuttings in different seasons. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 2(2), 8-12.
- Sevik, H. and Guney, K. (2013). Effects of IAA, IBA, NAA, and GA3 on rooting and morphological features of *Melissa officinalis* L. stem cuttings. *The Scientific World Journal*, 2013, 1-5.
- Shahzad, U., Kareem, A., Altaf, K., Zaman, S., Ditta, A., Yousafi, Q. and Calica, P. (2019). Effects of auxin and media additives on the clonal propagation of guava cuttings (*Psidium guajava* L.) Var. Chinese Gola. *Journal of Agricultural Science and Food Research*, 10(3), 265.
- Sharma, M.K., Bhat, K.M., Srivastava, K.K. and Singh, S.R. (2005). Effect of IBA on production of apple clonal rootstocks by semi-hardwood cuttings. *Environ-*

ment and Ecology, 23S(Special 4), 794-796.

- Sivaci, A. and Yalcin, I. (2008). The seasonal changes in endogenous levels of indole-3-acetic acid, gibberellic acid, zeatin and abscisic acid stems of some apple varieties (*Malus sylvestris* Miller). *Asian Journal of Plant Sciences*, 7, 319-322.
- Sudomo, A., Rohandi, A. and Mindawati, N. (2013). Application of rootone f growth regulator substance on manglid cutting (*Manglietia glauca* BI). *Jurnal penelitian hutan tanaman*, 10(2), 57-63.
- Tchoundjeu, Z., Avana, M.L., Leakey, R.R.B., Simons, A.J., Asaah, E., Duguma, B. and Bell, J.M. (2002). Vegetative propagation of *Prunus africana*: Effects of rooting medium, auxin concentrations and leaf area. *Agroforestry Systems*, 54, 183-192.
- Tchoundjeu, Z., Mpeck, M.L., Asaah, E. and Amougou, A. (2004). The role of vegetative propagation in the domestication of *Pausinystalia johimbe* K. Schum, a highly threatened medicinal species of West and Central Africa. *Forest Ecology and Management*, 188, 175-183.
- Turna, İ. (2017). *Kent ormancılığı (Kentsel yeşil alanlar)*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 245, Fakülte Yayın No: 43, Trabzon: KTÜ Matbaası.
- Ürgenç, S., (1992). *Ağaç ve süs bitkileri, fidanlık ve yetiştirme tekniği*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Ders Kitabı, Üniversite Yayın No: 3676, Fakülte Yayın No: 418, 569 s., İstanbul.
- Wang, Y., Mopper, S. and Hasentein, K.H. (2001). Effects of salinity on endogenous ABA, IAA, JA, and SA in *Iris hexagona*. *Journal of Chemical Ecology*, 27, 327-342.
- Yahyaoglu, Z. ve Güney, D. (2013). *Ağaç ıslahı ders notu*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ders Notları Yayın No: 93, Trabzon.
- Yıldırım, N., Bayraktar, A. and Atar, F. (2017). Seed characteristics and cutting propagation of alder buckthorn (*Frangula dodonei* Ard. subsp. *dodonei*) with medicinal and aromatic importance. 1st International Congress on Medicinal And Aromatic Plants (p. 826), May 9-12, Konya, Türkiye.
- Yıldırım, N., Bayraktar, A., Atar, F., Güney, D., Öztürk, M. and Turna, İ. (2020). Effects of different genders and hormones on stem cuttings of *Salix anatolica*. *Journal of Sustainable Forestry*, 39(3), 300-308.



Bölüm 6

YILLIK BİTKİLERDEN KAĞIT ÜRETİMİNİN TARİHİ SÜRECİ VE BUGÜNKÜ YERİ

Ayhan GENÇER¹

¹ Prof., Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100 Bartın, TÜRKİYE, agencer@bartin.edu.tr

GİRİŞ

Kağıdın tariçesinde kağıt elde etmeyi hedefleyen kişilerin aynı veya başka zamanda ve farklı coğrafyalarda belki de birbirlerinden habersiz olarak çaba gösterdikleri bilinmektedir. Bu kişilerin kağıt üretimimi için yabanarısı peteği, yıllık bitki sapları, pamuk ve keten paçavralarından kağıt elde etmeyi denedikleri ve o gününün şartlarına göre de başarılı oldukları geçmiş kayıtlardan anlaşılmaktadır. Ancak, daha sonraları üretim şekilleri incelendiğinde kağıdın liflerden oluştuğu henüz bilinmediği, ince yapılı otsu bitkilerin saplarını yassılaştırarak bütün olarak kullanma fikri ile hareket edildiği anlaşılmıştır. Bu alandaki çalışmalarına devam ederken, buğday sapı, değişik saz ve kamış gibi ince gövdeli bitki saplarını suda beklettikten sonra ezme, taş veya tokmaklarla dövme ile keçeleştirerek yazı yazılabilecek özelliklilerde düzgün yüzey elde ettikleri bilinmektedir. Daha düzgün yüzey elde etmek amacıyla da kağıt yüzeyini kil veya kireç gibi örtücü maddelerle sıvadıkları ve üzerini pürüzsüz taşlarla da düzgünleştirdikleri hakkında bilgiler de mevcuttur. Bu işlemler modern kağıt üretiminde sıvama ve kalenderlemenin ilk halidir. Kağıdın icadı ile ilgili bilginin kronolojik sıralamasında ve kaynaklarında bazı tutarsızlıkların mevcut olduğu bilinmektedir. Bunun nedeni, o zamanlarda günlük yazılı kayıt tutulmaması ve belli bir dönemden sonra hikayeleşmiş sözlü anlatımların kayıt altına alınmasından kaynaklanabilir. Bu durum yakın geçmişe ve günümüze ulaşan tarihi belgelerin sonradan incelenmesi ile anlaşılmıştır. Bu nedenle bu derleme çalışmasında bu kısma kadar kronolojik sıralama ve kaynak kullanılmamıştır.

Bitkilerin dokularını oluşturan hücrelerin temelini oluşturan liflerdir. Bu lifler türelere göre değişiklikler göstermekle beraber morfolojik yapıları da farklı olabilir. Kağıt üretiminde kullanılan bitki türünün lif özelliklerine bağlı olarak üretilen kağıdın özellikleri de değişebilir. Kağıt üretiminde kullanılan bitkilerin esas bileşenleri selüloz, hemiselülozlar ve lignindir. Bu temel bileşenleri bünyesinde bulunduran, ağaç çalı, ve diğer otsu bitkilerinin hepsine hammadde olarak ortak bir ad koyacak olursak bunların tamamına birden 'lignoselülozik hammaddeler' diyebiliriz. Lignoselülozik hammaddelerden faydalanmak, farklı amaçlarla da olsa, insanoğlunun varlığından bu yana süregelen bir süreçtir. Faydalanmanın en başında beslenme ve barınma gelmekle beraber tarihi süreçte çağa göre değişiklik göstermiştir. Yukarıda belirtildiği gibi kağıt üretiminde kullanılan ilk lif hammaddeleri odun dışı kaynaklar grubuna dahil olan yıllık bitkilerden temin edilmiştir. Taş mekanik yöntemle kağıt üretiminin endüstriyel olarak başlaması ile hammadde olarak odun kullanılmaya başlanmıştır. O dönemlerde insan nüfusuna oranla, orman varlığının fazlalığı ve kağıt ihtiyacının az olması bu endüstride odun dışı hammadde arayışı olmamıştır. Ancak, özel amaçla üretilen kağıtlarda belli başlı lifsel kaynaklar kullanılmıştır. Artan nüfusa orantılı olarak kağıt tüketiminin de artması ile hammadde kaynaklarındaki daralmadan dolayı odun dışı bitkiler tekrar kağıt

endüstrisinde kullanılma ihtiyacı doğmuştur.

Bu amaçla tarımı yapılan ekin sapsarı ve kendiliğinden yetişen saz ve kamışlar kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır. Her ne sebeple olursa olsun odun dışı ürünlerden belirli periyotlarda önemli bir biyokütle arzı mevcuttur. Bu potansiyelin orman endüstrisinde kullanılması asli orman ağaçlarına olan baskıyı azaltmaktadır. Ayrıca, yıllık bitkilerin kağıt hamuruna dönüştürülmesi odundan daha kolaydır. Odunda öncelikle kabuk soyma ve yongalama gibi enerji gideri, iş gücü ve işlem süresi daha fazladır. Yıllık bitkilerde oduna göre boyutlandırma kolaydır, daha az enerji gerektirir ve kabuk soyma yapılmaz. Ancak, kabukları soyulan kenevir gibi yıllık bitkilerin kabuk lifleri tekstil endüstrisinde çok kıymetli olduğundan kabuk soyma maliyeti önemsenmeyebilir.

Kağıt sektöründe hammaddeye olan talep nedeniyle bazı sorunlar yaşansa da kağıt endüstrisinin bu günkü üç temel ana sorunu ve önerilen çözümler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1-Hammadde temini: bu sorun kerestelik tomrukların pahalı olması nedeniyle kağıt hamuru endüstrisinde kullanılamaması. Bu sorunu gidermek için boş alanların hızlı gelişen türlerle ağaçlandırılmasına destek verilerek özel teşebbüsün hem kendine kazanç sağlaması hem de hammadde üretimine katkısı olması amacıyla çalışmalar mevcuttur. Ancak, hızlı yetişen ağaç türlerinde de yetiştirme süresi yıllık bitkilerin yanında oldukça uzundur. Bu nedenlerle, tarımsal alanlarda artık olarak kalan lifsel hammaddelerin değerlendirilmesi veya doğrudan lifsel hammadde kaynağı olan kendir, kenevir, kamış ve sorgum gibi bitkilerin üretimi teşvik edilmeli ve tarımsal desteklerden yararlandırılmalıdır.

2-Enerji maliyeti: enerji tüketiminin azalması birim başına maliyeti azaltacaktır. Yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretiminde pişirme süresi daha kısa olduğundan ton hamur başına maliyet azalır.

3-Çevre kirlenmesi: Çevre kirlenmesinin azaltılmasında yıllık bitkilerin kullanılması, kullanılacak kimyasal madde oranını azaltmaktadır. Çünkü, oduna göre pişirilmesi daha kolay olan yıllık bitkilerin hamura dönüştürülmesinde kullanılan kimyasal madde de azalmaktadır (Hammett vd., 2001)

Bu sorunlar artan insan nüfusu ve taleplerine bağlı olarak katlanarak artacaktır. Bu üç temel sorunun ortadan kaldırılması mümkün olmayabilir. Ancak, hammadde olarak yıllık bitkilerin kullanılması durumunda sorunların çözümüne yardımcı olacaktır.

Lignoselülozik hammaddelerin kağıt üretimi bakımından en önemli hücreleri selülozu en çok bulduran ve kağıdı oluşturan hücrelerdir. Bu hücrelere 'lif' veya 'lifsel hücre' adı verilmektedir. Morfolojik özellikleri uygun olsa da, her lif hücresinin kağıt üretiminde kullanılabilirliği mümkün olmayabilir. Bir lignoselülozik hammaddenin kağıt endüstrisinde kullanılabilmesi için bu hammaddenin;

1-Teknik Yönden

2- Ekonomik yönden

Üretim amacına uygun olması koşulu aranır.

Hammaddenin teknik yönden uygun olma koşulları;

1-Hammadde lifsel olmayan bileşiklerden ve kirleticilerden kolayca ayrılmalıdır

(Reçine ve paranzim hücreleri gibi)

2- Rengi mümkün olduğu kadar beyaz olmalı. Çünkü daha sonra uygulanan ağartma işlemleri hem pahalı hem de hamurun verim ve diğer özelliklerini olumsuz etkilemektedir.

3-Hammadde işleneceği teknik yöneme uygun seçilmelidir.

4-Bu teknik yöntem içerisinde, sarf edilen enerji, kimyasal madde ve bunların geri kazanılabilmeleri açısından ekonomik sınırlar içinde kalmalıdır.

5-Verimi göz önünde bulundurulmalıdır.

6-Genel olarak temiz olmalı ve çürümeye karşı dayanıklı olmalıdır.

Ekonomik yönden uygunluk koşulları;

1- Miktarı yeterli olmalıdır

2- Yetiştigi yere kolay ulaşılmalı ve toplanması kolay olmalıdır

3- Taşınması kolay ve taşınma masrafları düşük olmalıdır

4- Kalite ve miktar olarak temin edilmesinde devamlılık bulunmalıdır

5- Hammaddenin liflendirilebilmesi için gerekli olan kimyasal madde ve buhar gibi yardımcı maddeler ucuz olmalıdır.

6- Gereği halinde kullanılan hammadde yerine başka bir hammadde kolaylıkla kullanılabilir (Bostancı, 1987).

Bu özellikler incelendiğinde ülkemiz coğrafyasında bu şartları yerine getiren yegane hammadde olarak odun görünmektedir. Ancak, odunun orman endüstrisi, inşaat sektörü, deniz, kara ve hava taşıtları, yakacak ve madencilik başta olmak üzere yoğunlukla kullanılması hammaddeye olan talebi artırmaktadır. Bunların yanında, kullanım oranına göre bütün hammaddelerin bolluk ve kıtlık dönemleri olmuştur. Bu durum hammadde darlığı ve buna bağlı fiyat artışı ve rekabet yaratmaktadır. Ayrıca, ülkelerin coğrafyası, bitki örtüsü, orman varlığı, ekonomik durum ve buna bağlı olarak iş gücü maliyetleri dikkate alındığında odun dışı lifsel maddelerin dikkate alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Kağıt hamuru üretiminde lif özelliklerine göre oduna ikame olarak kullanılabilen yıllık bitkiler kabaca iki gruba ayrılabilir;

1-İğne yapraklı ağaç liflerine alternatif; pamuk (linter olarak), kenevir ve kenaf, bambu vb.

2-Yapraklı ağaç odun liflerine alternatif; ekin sapları, bagas, bambu, sazlar ve otlar, esparto, kenaf, mısır sapları, sorgum sapları vb. (Abd El-Sayed vd., 2020)

Yıllık bitkilerden elde edilen lifleri kaynaklarına göre dört gruba ayırabiliriz;

1-Otsu bitkilerin gövde lifleri : ekin sapları

2-Kabuk lifleri : keten, kenevir kabuk lifleri

3- Yaprak lifleri: Manila Keneviri (abaca), sisal keneviri

4- Tohum kılları : pamuk (Hurter, 1988)

1-Otsu bitkilerin gövde lifleri

Otsu bitkiler denildiğinde ilk akla gelen ekinlerdir. Bunlar ülkelerin iklimlerine bağlı olarak değişmekle beraber çoğunlukla tohumundan insan ve hayvan beslenmesinde yararlanılan tahıllardır. Bunların en başında buğday olmak üzere, mısır, arpa, yulaf, çeltik ve tritikale gibi başlıca ekinler sıralanabilir. Bunların dışında daha sınırlı olarak ekimi yapılan bitkiler de mevcuttur. Ekinler genellikle tahıl amaçlı ekildiğinden geriye kalan sapları doğrudan lifsel hammadde kaynağı olarak kullanılması mümkündür. Bu bitkilerin boğumları hariç diğer gövde kısımlarında yeterli miktarda lif mevcut olup, uygun kağıt hamuru üretim yöntemi kullanılarak oduna göre daha ucuz kağıt hamuru elde edilebilir.

2-Kabuk lifleri

Kabuk lifleri genellikle endüstriyel ve tıbbi amaçla ekimi yapılan keten, kenevir gibi bitkilerin kabuk liflerinden yararlanılır. Önceleri kabuk liflerinden çuval örülen kenevir bitkisinden

SEKA (Selüloz ve Kağıt Endüstrisi) Kastamonu tesislerinde sigara kağıdı üretilmekte idi. Tohum ve filizlerindeki kanabiol maddesinden dolayı kenevir ekimi son yıllarda yeniden cazip hale gelmiştir. Kanabiol morfin yapımında kullanılan ve tıpta uyuşturucu olarak kullanılan önemli bir maddedir. Keten tohumları yağ üretiminde ve kuş beslenmesinde kullanılan önemli bir hammadde. Keten ve kenevir gibi bitkilerin gövdelerini saran soymuk lifleri kağıt üretiminde, tekstil endüstrisinde ve halat yapımında, yelken üretiminde kullanılan oldukça sağlam bir hammadde.

3-Yaprak lifleri

Yapraktan lif üretiminde en çok sisal bitkisi kullanılır. Sıcak ve nemli iklim bitkisidir. Yapraklarında %3-4 lif bulunur. Kılıç şeklindeki etli ve sulu yapraklar çürümeye bırakılarak lif demetleri halinde alınan liflerin boyu oldukça uzundur. Kimyasal olarak incelendiklerinde %70 kadar selüloz içerebilirler. Daha çok halat yapımında kullanılmaktadırlar. Ayrıca, Manila Keneviri (abaca) da yaprağından lif üretiminde kullanılan önemli bir lifsel kaynaktır. Yapısında %65 kadar selüloz bulunabilir. Filipinler’de üretimi ve kullanımı yaygın olmakla beraber, kaba dokuma, dolgu, yelken ve halat yapımında kullanılır.

4- Tohum kılları

Hindistan cevizi lifleri: Hindistan cevizi meyve kabuklarında bulunur. Hindistan cevizinin yenilecek kısmı alındıktan sonra, geriye kalan kabuk suda bekletilerek lif dışında kalan maddelerin çürümesi sağlanır. Lifler dayanıklı olduğundan bozulmazlar. Daha sonra geriye kalan kısım tokmaklarla dövülerek lifler ayrılır. Elde edilen lifler rijit, fakat sağlam yapıdadırlar. Çuval, yelken, halat, fırça ve paspas üretiminde kullanılırlar.

Pamuk lifleri: Pamuk bitkisinin tohumlarında bulunan % 98’ i selüloz olan kıllardır. Pamuk kozası çığit ve pamuk kıllarından oluşur. Çırçır işleminde sonra çığit ayrılarak yağı sıkılır. Küspesi hayvan yemi olarak kullanılır. Pamuk tohumu lifleri 30-35 mm civarındadır. Elde edilen pamuğun lif uzunluğu işleme makinesi ve yöntemine, göre değişir. Başlıca tekstil, sağlık olmak üzere kağıt sanayine kadar bir çok kullanım alanı mevcuttur.

FAO raporlarına göre yıllık bitkilerin kağıt hamuru üretiminde kullanılma oranı gün geçtikçe artış göstermektedir. Dünyada yıllık bitkilerden elde edilen kağıt hamurunun yüzdelik dağılımı aşağıda Tablo 1’deki gibidir.

Tablo 1 Dünyada Yıllık Bitkilerden Kağıt hamuru üretimi (%) (Sridach, 2010)

Hammadde	Kullanılan- kısım	Oran (%)	Lif Uzunluğu (mm)
Ekin sapsarı	Samanı	44	0.6-0.9
Şeker Kamışı	Bagas	18	1.8-2.4
Kamış	Sapsarı	14	1.6-2.4
Bambu	Gövde	13	2.4-3.4
Diğer	Muftelif kısımlar	11	----

FAO tahminlerine göre 2050 yılında dünya 840 milyon ton buğdaya ihtiyaç duyacaktır (Sharma vd., 2015). Banglades’te yapılan bir tahmin çalışmasında mevcut üretimin 5 yıllık değişimi ile gelecekteki bir tahmini üretim hesaplanmıştır. Bu çalışmaya göre artışın devam edeceği tahmin edilmiştir (Karim vd., 2010). Buğdayda sap/tane oranı türe, yetiştirme yerine, yağışa ve

doğru tarım uygulamasına bağlı olarak değişmekle beraber ortalama olarak 0.5 alınmaktadır. Bu durumda gelecekte yaklaşık 420 milyon ton buğday sapı arzı söz konusudur. Buğday sapsuları hayvancılıkta saman olarak kullanılmakla beraber talep durumu bölgeden bölgeye değişmektedir. Ayrıca, karlılık durumuna göre sektörler arasında rekabet doğabilmektedir. Odun hammaddesinin yapacak kereste değeri her zaman mevcut olduğundan bu pazarda değeri gün geçtikçe yükselecektir. O halde kağıt ve lif levha gibi ürünlerin üretiminde yıllık bitkilerin kullanılması hammadde esnekliği bakımında önemlidir. Kağıt ve lif levha üretiminde lif kaynağının ne olduğu önemli değildir. Önemli olan liflerin morfolojik özelliklerinin uygun olmasıdır. Kağıt, karton ve mukavva üretiminden esinlenerek lif levha üretimi fikri de ortaya atılmış ve belli denemelerden sonra gerçekleştirilmiştir. İlk zamanlarda odun hammaddesi kullanıldığı halde günümüzde yıllık bitki lifleri de başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, yapılan akademik çalışmalarda da değişik yıllık bitki artıkları hammadde olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak pamuk sapsularının yaş yöntemle sert lif levha (Gençer vd., 2000) ve kuru yöntemle orta yoğunlukta lif levha (Gençer ve Eroğlu, 2001) üretimine uygun olduğu belirtilmiştir. Buğday sapı liflerinden elde edilen orta yoğunlukta lif levha (MDF)'lerin mekanik özelliklerinin yapraklı ağaç liflerinden elde edilen levhalarla benzer özellik gösterdiği (Eroğlu ve İstek, 2000) ve buğday sapı-odun liflerinden %50-50 karışımla MDF üretiminin ekonomik ve teknik olarak da uygun olduğu belirtilmiştir (Eroğlu vd., 2001). Ayrıca, kağıt üretimine uygun olmayan lifsel hammaddelerin lif levha üretiminde kullanılabileceği önerilmiştir. Kayısı odun liflerinin kağıt hamuru üretimine uygun olduğu ancak meyve endokarp liflerinin levha sektöründe kullanılması tavsiye edilmektedir (Gençer vd., 2018).

Kâğıt ve kâğıt hamuru üretiminde ekin sapsuları arasında en yaygın kullanılan lifsel hammadde buğday sapıdır. Lifler bireysel hale getirildiklerinde henüz silindirik formlarını korumaktadırlar. Lif çeperi kalın olup kâğıt üretimi sırasında kollapsa uğramayan lifler iki silindirin bir birine temas alanı kadar bir yapışma alanı sağlarlar. Ayrıca, kalın çeperli lifler dövme karşı olumsuz cevap verirler. Esneklik az olduğundan lif kesilmesi artar, saçaklanma azalır ve bunun sonucunda bağ oluşumu zayıflar. İnce çeperli lümen çapı geniş olan lifler kalın çeperli liflere göre daha esneklerdir. Daha kolay kollapsa uğrayarak yan yana iki lif arasındaki temas alanının artmasına fırsat verirler. Bunun sonucunda artan bağ sayısı orantılı olarak kâğıdın direnç özellikleri yükselir. Liflerin morfolojik özelliklerini bilmesi, hangi hammaddeden ne özelliklerde kağıt üretileceği hakkında ön bilgi vereceğinden bu bilgiler ışığında kağıt üretimi için doğru hammadde kullanılması mümkündür. Ürüne uygun hammadde seçimi ile sektörde daha fazla kar elde etmek mümkündür. Yıllık bitki lifleri boğum ve boğum aralarından oluşur. Bu tür hammaddeler, selüloz içeriğinin genellikle % 50 civarında olduğu, oduna yakın olan bambu, bagas, çeltik sapı, buğday sapı, sorgum sapı, mısır sapı, kamış vb. Ancak, içerdikleri selülozun heterojenliği

nedeniyle, bu tür bitkilerin kağıt hamuru üretiminde kullanımı oduna göre azdır (Liu vd., 2018). Ayrıca, kağıt üretimine uygun olmayan lifsel hammaddelerin lifleva üretiminde kullanılabileceği önerilmiştir. Kayısı odun liflerinin kağıt hamuru üretimine uygun olduğu ancak meyve endokarp liflerinin levha sektöründe kullanılması tavsiye edilmektedir (Gençer vd., 2018).

Muz yalancı gövdesinden $\text{NH}_4\text{OH-KOH}$ metoduyla elde edilen kağıt hammurlarının ambalaj kağıdı üretimine uygun olduğu belirtilmiştir (Ondaral ve Ersoy Kalyoncu, 2022).

Diğer taraftan Türkiye'nin önemli çamlarından biri olan Sarıçam'da 0-50 yaşlı meşçerelerde yıllık dekar başına biyokütle artışı 217,50 kg/da (Durkaya vd., 2009), Kızılcım'da 90,13 (Durkaya vd., 2010a), and 115,33 kg/da Karaçam (Durkaya vd., 2010b). Ayrıca, doğal yetişen karaçam ile ağaçlandırma da yetiştirilen karaçamın toplam kütesinin birbirleri ile benzer olduğunu ancak, biyokütle dağılımında fark olduğunu belirtmişlerdir (Durkaya vd., 2019). Yapılan bir çalışmada sorgumun sap veriminin 4713,2 kg/da olduğu belirtilmiştir (Keskin vd., 2005). Ülkemiz odun hammaddesi arzında önemli yer tutan çam türlerinin dekardan odun hammaddesi verimi ile karşılaştırılacak olursak sorgumun önemli bir biyokütle kaynağı olduğu sonucuna varabiliriz.

Yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretiminde yapılan bir çalışmada Eğrelti otu saplarının lif özellikleri, diğer odun dışı kaynakların ve titrek kavağın liflerine benzer olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Eğrelti otu saplarının kraft hamuru özelliklerinin, sert ağaçların (kavak ve okaliptüs) ve yaygın odun dışı kağıt yapım hammaddelerinkilerle karşılaştırılabilir olduğunu belirlemişlerdir (Gülsoy ve Şimşir 2018).

Değişik toprak işleme yöntemleri ile yetiştirilen tahıllardan ortalama sap verimi arpada 937 kg da-1, buğdayda 1094 kg da-1 elde edilmiştir. En yüksek dane verimi arpada 601.3 kg da-1, buğdayda 566.7 kg/da-1 olarak bulunmuştur (Yalçın vd., 2008). Tahılların esas ekilme amacı tane olması ve yan ürün olarak elde edilen sapların da değişik amaçlarda kullanılması önemlerini giderek artırmaktadır. Artan dünya nüfusuna oranla tahıl artışı da zorunludur. Bu durumda yıllık bitki sapları arzında artış olacaktır. Bu tahılların başında insan ve hayvan beslenmesinde önemli rolü olan buğday gelmektedir.

Buğday sapı lifleri ince çeperli ve narin yapılıdır. Bu özellikleri sayesinde formasyonu iyi, kapalı yüzeyli (deliksiz) ve baskı kalitesi yüksek kağıtlar üretmeye uygundur (Wagberg vd., 1990). Ayrıca, buğday sapları sülfürsüz prosesler için uygun bir hammaddedir. Sülfür prosesler diğerlerinde çevre daha az zararlıdır. Bu nedenle günümüz çevreci üretimde kabul edilebilir üretim yöntemleri arasındadır (Sun vd., 1997).

İnsan ve hayvan beslenmesinde öneme sahip tahılların yetişme coğrafyası oldukça geniştir. Dünyanın değişik iklimlerine adaptasyon sağlamış deği-

şik türler sayesinde insan ihtiyaçlarını karşılamada önemli yer tutmaktadırlar. Bölgelerin hayvan yetiştirme potansiyelleri ve şekillerine göre ekin saplarının kuru ot değeri değişebilir. Ancak, ihtiyaç durumuna göre de lifsel hammadde olarak kullanılabilme olanakları nedeniyle önemli potansiyele sahiptirler. Buğday saplarından KOH yöntemi ile elde edilen hamurlardan baskı kalitesi yüksek kağıtlar elde edilebileceği belirtilmiştir (Gençer ve Eroğlu, 2017).

Buğday (*Triticum aestivum* L.) sapından soda-oksijen yöntemiyle elde edilen kağıt hamurları hipoklorit (H) ve peroksit (P) ile iki kademeli ağartma işlemi ile kristalen özelliklerinin artmasına bağlı olarak optik özelliklerinin geliştiği tespit edilmiştir (Gümüşkaya vd. 2003).

Buğday saplarından KOH-Hava yöntemiyle elde edilen kağıtların optik ve mekanik özelliklerinin buğday saplarından NaOH yöntemiyle elde edilen hamurlara benzer olduğu bildirilmiştir (Gençer 2017). Pamuk saplarından kraft-NaBH₄ yöntemiyle elde edilen hamurlar yüksek kaliteli yazı ve baskı kağıdı, gazete kağıdı üretiminde kullanılacağı, uzun lifli hamurlarla karşılaştırıldığında da ambalaj kağıdı üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir (Tutus et al 2010). Süpürge otu gövdelerinden elde edilen kağıt hamurlarından üretilen kağıtların sağlamlık özelliklerinin iğne yapraklı ağaç hamurları ile rekabet edecek özelliklerde olduğu belirtilmiştir (Gençer, 2015).

Kivi (*Actinidia deliciosa*) periyodik olarak yıllık budama işleminden geçirildiğini ve budama atıklarının önemli miktarda potansiyel hammadde kaynağı olduğu bildirilmiştir. Kivi budama artıklarından kabuklu ve kabuğu soyulmuş örneklerden Kraft yöntemi ile elde edilen hamurlardan üretilen kağıtların arasında kabuğun olumsuz etkilerinden dolayı önemli bir fark olmadığı ancak yapılacak çalışmalarda kabuk soyma maliyetinin hesabının yapılması ve kabuk uzaklaştırıp uzaklaştırmaması hakkında karar verilmesi gerektiğini belirtmiştir (Gencer 2015).

Bamya saplarından kimyasal yöntemle elde edilen kağıt hamurunun verimi düşük, kappa numarası biraz yüksek olsa da viskozite değerinin diğer non-wood hamurlarına benzer olduğu, kimyasal özelliklerinin kağıt hamuruna uygun olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, bamya saplarından elde edilen kağıtların fiziksel özellikleri buğday sapı ve pamuk saplarından elde edilen kağıtlara benzer olduğu vurgulanmıştır. Bu yönleri ile bamya saplarının kağıt hamuru üretiminde oduna alternatif bir hammadde kaynağı olabileceği ve uzun lifli hamurlarla karıştırıldığında elde edilecek kağıtların direnç özelliklerinin iyileştirilebileceği sonucuna varılmıştır (Çiçekler vd. 2022).

Tütün saplarında ortalama lif uzunluğu 1.23 mm olduğu ve Tütün saplarından %0.2 antrakınon ilaveli % 43.94 elenmiş verim elde edildiği soda hamuru elde edildiğinde ağartılabilir özelliklerde olduğu (Shakhes vd. 2011).

Ekin sapları tahıl üretiminden geri kalan artık ürünlerdir. Bu sapların ka-

ğıt endüstrisinde değerlendirmesi hammadde maliyetini düşürmekte olup, ülkeler ve coğrafyalar arasında ters durum da söz konusu olabilir.

Yıllık bitkilerin avantajları;

Her yıl ürün alındığından sürekli bir potansiyeli vardır.

Piştirme çözeltisinin yıllık bitkilere penetrasyonu kolaydır.

Piştirme süresi kısa, piştirme sıcaklığı daha düşüktür.

Piştirme ve ağartmada kullanılan kimyasal maddeler daha düşük oranda tutulabilir.

Bu avantajların yanında;

Yoğunlukları düşük olduğundan piştirme kazanından birim hacimden daha düşük oranda daha az hamur elde edilir.

Lif oranları oduna göre daha düşüktür. Buna karşın lifsel yapıda olmayan paransim hücrelerinin miktarı daha fazladır.

Ekstraktif ve mineral maddeleri yüksektir. Özellikle silis geri kazanma ünitelerinde ciddi sorunlara neden olmaktadır.

Yıllık bitkilerden elde edilen hamurların verimi ve direnç özellikleri zayıftır.

Hamur yıkama, eleme ve kağıt yapımı sırasında bazı problemleri doğurur. Yıllık bitki kaynaklı hamurların süzülmesi odun hamurlarına oranla daha zordur. Bu durum kağıt makinesinin hızının düşürülmesi zorunluluğunu doğurur (Hammett vd., 2001). Makine hızındaki düşüş birim zamanda üretilecek kağıt miktarını azalttığından toplam üretim maliyetinde artış meydana getirecektir.

Yıllık Bitkilerden Kağıt Hamuru Üretimi

Kağıt hamuru üretiminde kullanılan esas madde selülozdur. Pek çok bitki hücrelerinin hücre çeperinde büyük oranda bulunan selüloz, sayısız denilebilecek kadar D-glikoz yapı elemanlarının zincir şeklinde birbirine bağlanması sonucu oluşan bir polisakkarittir. Bu zincir uzunluğunun büyüklüğü selülozun gerilme ve kopmaya karşı dayanıklılığını gösterir.

Bir hammaddeden kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru üretiminde kullanılan kimyasal madde miktarı lignin oranına bağlı olup, lignin oranı yüksek olması halinde kimyasal madde tüketimi de fazla olur. Piştirme süresi uzun olur, daha yüksek sıcaklık gereklidir. Lignin miktarı çoğunlukla yıllık bitki saplarında odundan daha düşük olduğundan kağıt hamuru üretimi bakımından kimyasal madde tüketimi, sıcaklık ve süre bakımından daha ekonomik üretim yapmaya uygundur. Ayrıca, yıllık bitkilerin dokusu oduna oranla daha yumuşak ve narin olduğundan piştirme sırasında çözelti penetrasyonu oduna göre daha kolaydır.

Yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretiminde odundan kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru üretilen bütün yöntemler kullanılabilir. Diğer taraftan, odun yongaları için kullanılan pişirme şartları daha düşük seviyelerde tutularak iyi sonuçlar alınabilir. Bir çok yöntem mevcut olmasına karşılık sıklıkla kullanılan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

1.Yıllık Bitkilerden Kireç Kaymağı İle Kağıt Hamuru Üretimi

Bu yöntemde yıllık bitki sapları en-boy 3-4 m derinlik 2-2.5 m olan havuzlarda kireç kaymağı ile 5 gün bekletilir. Bu sürenin sonunda yumuşayan saplar boşaltılarak, mekanik bir işlemle liflendirilir. Hamur sarı renkli olduğundan daha çok oluklu mukavva üretiminde iç kısımda ondüleli tabakada kullanılır.

Kapalı bir kap içerisinde kireç kaymağı kullanarak da kağıt hamuru üretilir. Doldurulup boşaltılan döner küresel kazanalar bu yöntem için uygundur. Böyle bir pişirmede tam kuru sapa oranla CaO cinsinden %7-10 kireç kaymağı kullanımı uygundur. Sıcaklık 130-140°C olması halinde 3-5 saat süre yeterlidir. Atık suları kirletici olmamakla beraber, tarımsal sulama suyu olarak da kullanılabilir. Hamurda kalan kireç artıkları eleklerde tıkanmalara yol açarken, hamurun kaba düşük kaliteli olmasına sebep olur. Bu hamurlar ambalajlık ve sargılık kağıt, oluklu mukavva kullanımına daha uygundur.

2.Yıllık Bitkilerden Soda (NaOH) Yöntemi İle Kağıt Hamuru Üretimi

Yıllık bitkilerden ağartılabilir özellikte hamur üretiminde kullanılan bir yöntemdir. Mevcut asit yöntemlere kıyasla, alkali yöntemlerle elde edilen kağıtlar daha dayanıklı olup, üretim maliyetleri ve yöntemin kirletici özellikleri daha azdır (Crouse ve Douglas 1991).

Sorgum saplarından soda yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde ideal koşulların diğer yıllık bitki saplarından elde edilen kağıt hamurlarına benzer olduğu ve optik özelliklerinin odun hamurlarına benzer olduğu belirtilmiştir (Gençer ve Şahin 2015).

3.Yıllık Bitkilerden Sülfat (NaOH+Na₂S) Yöntemi İle Kağıt Hamuru Üretimi

Yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretiminde zaman zaman tercih edilen bir yöntemdir. Elde edilen hamurlar genellikle ağartılmazlar. Sorgum saplarından Kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretiminden elde edilen kağıtların mekanik özelliklerinin bazı iğne yapraklı ağaç hamurlarından elde edilen kağıtlarla rekabet edecek seviye olduğu belirtilmiştir (Gençer ve Hatıl, 2019).

4.Yıllık Bitkilerden Soda-Oksijen Yöntemi ile Kağıt Hamuru Üretimi

Ekin saplarının Soda-Oksijen Yöntemi ile pişirilmesinde geleneksel yöntemlere göre aşağıdaki avantajları sağlamaktadır.

1-Pişirme işleminde kükürtlü bileşikler kullanılmadığından Kraft yönteminde görülen hava kirlenmesi olmadığı gibi su kirlenmesi de asgariye inmektedir.

2-Pişirme süresi kısa olduğundan sürekli (kontinyu) üretim yapan modern pişirme kazanlarının kullanımı mümkündür.

3-Pişirme ve ağartma bir arada gerçekleştiğinden elde edilen hamurların ağartılmaları kolaydır.

4-Kraft ve soda yönteminde genellikle 170°C ve 1-3 saat sürede yapılmakta olan pişirme işlemi soda-oksijen yöntemi ile 120°C ve 40 dakikada yapıldığından önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlar.

5-Ekin saplarında doğal olarak bulunan silikatlar oksijenin karbonhidratlar üzerine olan atağını önleyerek koruyucu etki yapmaktadır. Bu nedenle ilave bir koruyucuya ihtiyaç duyulmaz.

6-Soda-Oksijen hamurları kolay dövülmekte olup, dövmede harcanan enerji miktarı azdır.

Oduna alternatif bir hammadde kaynağı olan yıllık bitkilerin bu yöntemle değerlendirilmesi halinde, odun temini için ormanlara yapılan baskılar azaltılabilir (Eroğlu, 1980).

5.Yıllık Bitkilerden Organosolv Yöntemi ile Kağıt Hamuru Üretimi

Organosolv hamur üretim yöntemi geleneksel hamur üretim yöntemlerine göre çevreye daha az zararlı olduğundan tercih edilebilir. Atmosfere bırakılan sülfürü en aza indirmesi ve kloruz ağartmaya imkan sağlaması avantajı da vardır. Bütün lignoselülozik hammaddeler kullanılabilir (Sridach, 2010). Organosolv pişirmelerinde yan ürün olarak furfural, lignin ve hemiselulozlar elde edilebilir. Çözünen lignin tekrar hamur üzerine çökebilir. Kazandan sızıntı olması durumunda yangın ve patlama riski vardır (Hammett vd., 2001).

SONUÇ

Odun dışı lifsel hammaddelerden kâğıt ve kâğıt hamuru üretimi çok eskiye dayanmaktadır. Bu hammaddelerden en yaygın kullanılanlar ekin saplarıdır. Ekin saplarının liflendirilmesi oduna göre daha kolaydır. Bu nedenle ilk yıllarda ekin saplarının kullanılması tamamen mevcut imkânlarla teknik olarak uygun hammadde arayışından kaynaklanmaktaydı. Bu yüzden hammaddenin teknik uygunluğu ön plana çıkmıştır. Teknolojik gelişmeler sonucunda, odun hammaddesinin kullanılması ile yıllık bitkilere olan talep azalmıştır. Bunun başlıca nedeni o yıllarda orman kaynaklarının bolluğu ve odunun belli alandan daha fazla lifsel hammadde vermesidir. Ancak, orman endüstrisindeki gelişmelere bağlı olarak odun hammaddesine olan talebin artması, ülkeler arasındaki ekonomik rekabet, ülkelerin orman kaynakları veya coğrafi konumları gibi nedenlerden dolayı yıllık bitkilere olan talep yeniden artmıştır. Kağıt-

lık odun piyasasına en çok giren sektörler sırası ile yonga levha ve lif levha sektörleri olmuştur. Levha sektörü kağıtlık odun olan yapacak odun dışında kalan odunun en çok kullanıldığı alan olmuştur. Levha sektörünün kağıtlık odun hammaddesine olan talebinden dolayı kağıt sektörü de yıllık bitki sapları veya artıklarını kullanma seçeneğini değerlendirme imkanı mevcuttur. Bugün hammadde kıtlığından dolayı yıllık bitkilerin kâğıt endüstrisinde yeniden hızlı bir şekilde aranılan hammadde olması ekonomik imkânlarla uygun hammadde arayışından kaynaklanmaktadır.

Bir hammaddenin doğada kendini yenileme süresi kullanımda bolluk veya kıtlık yaşanması ile doğrudan orantılıdır. Ağaçların yetiştirme süresi hesaplandığında lignoselülozik hammadde döngüsünde oldukça uzun bir süre almaktadır. Ağaçların kök, gövde ve dallarını oluşturan odun hammaddesi teknik ve ekonomik kullanıma uygun olabilmesi için oldukça uzun bir süre geçmektedir. Her ne kadar hızlı gelişen kavak, çam ve pavlonya gibi türlerin 10-12 yılda kullanılabilirse de esas orman ağaçlarında bu süre 25-100 yıl gibi uzun periyotlara yayılabilmektedir. Bu süre türden türe farklılık göstermektedir. Oysa yıllık bitkilerde bu süre birkaç ay ya da maksimum bir yıllla sınırlıdır. Bu nedenlerle biyokütle arzı oldukça hızlıdır. Örneğin ekin saplarında bu süre maksimum 8-10 ayla sınırlıdır. Belli başlı ekinler, buğday, arpa, yulaf, çavdar ve çeltik olmakla beraber ülkelerin coğrafyası ve buna bağlı olarak da beslenme alışkanlığı ve ekonomik seviye bu bitkilerin ekilme oranlarına etki etmektedir.

Kağıt üretiminde yıllık bitkilerin yerini oduna bırakması toplanması taşınması, depolanması birim kütle başına oduna göre daha zor ve maliyetli olmasından kaynaklanmıştır. Ancak, ormanı az olan bazı coğrafyalarda tahıl üretimi oldukça yüksek miktarlarda olması yıllık bitki saplarının oldukça yüksek miktarlarda bir arz oluşturmaktadır. Bu durumda çözüm olarak mobil liflendiricilerin direkt olarak ekim alanlarına kurulması ile hammaddenin taşınma maliyetleri oldukça azaltılmaktadır. Mobil liflendiriciler Çin başta olmak üzere tahıl üretimi yüksek olan bazı ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretiminde odun yongalarından kağıt hamuru üretiminde kullanılan yöntemler daha mülahim koşullarda uygulanabilir. Daha az kimyasal madde tüketimi ve daha düşük sıcaklıklı, daha kısa süreli pişirme ile hamur elde edilebilir. Hamur kalitesi odun hamuru kalitesinde olmayabilir. Hamur verimi değişimle beraber genellikle düşük olabilir.

Kağıtçılıkta kullanılan selüloz kaynağının odun veya herhangi bir bitki-den alınması önemli değildir. Çünkü, selüloz esas bileşen olarak bütün bitkilerde aynıdır. Ancak, zincir uzunluğu aradaki farkı belirlemektedir. Liflerin morfolojik özelliğinin bilinmesi ve buna göre bir seçim yapılması en ideal hammaddeyi doğru kullanma bakımından önemlidir. Hammadde seçiminde hedeflenen hamur ve kağıt tipi göz önünde bulundurulmalıdır. Kağıt karton

ve lif levha üretiminde kullanılan hammaddenin kaynağının ligno-selülozik hammadde olması yeterlidir. Yani odun, otsu bitki veya çalı olması önemli değildir. Önemli olan bu hammaddenin teknik ve ekonomik yönlerden uygun olmasıdır. Bu nedenle, kağıt üreticileri arz-talep dengesine göre farklı hammaddelere yönelme seçeneğine sahiptir. Ayrıca, buğday arpa ve yulaf gibi bazı tahılların sapları hayvan beslenmesinde kuru ot ihtiyacında kullanılmaktadır. Bunun sonucunda hammaddeye olan talep artabilir. Bu durumlarda hamur üretimi yapacak işletmecinin hammadde fiyatı ve alternatif fiyat araştırması yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Abd El-Sayed, E. S., El-Sakhawy, M., & El-Sakhawy, M. A. M. (2020). Non-wood fibers as raw material for pulp and paper industry. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 35(2), 215-230.
- Crouse, B.W. and Douglas, G. W. (1991). Alkaline Papermaking: an overview, *Tapi* Vol. 74 No: 7, pp.152-159.
- Çiçekler, M., Özdemir, A., & Tutuş, A. (2022). Characterization of Pulp and Paper Properties Produced from Okra (*Abelmoschus esculentus*) Stalks. *Drvna industrija*, 73(4), 423-430.
- Durkaya, A., Durkaya, B., and Ünsal, A. (2009). "Predicting the above-ground biomass of Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in Turkey," *Afr. J. Biotechnol.* 8 (11), 2483-2488. DOI:10.5897/AJB08.1185.
- Durkaya, A., Durkaya, B., and Atmaca, S. (2010a). "Predicting the above-ground biomass of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Turkey," *Energ. Source-Part A* 32 (5), 485-493. DOI:10.1080/15567030802612473.
- Durkaya, A., Durkaya, B., and Çakıl, E. (2010b). "Predicting the above-ground biomass of crimean pine (*Pinus nigra* L.) stands in Turkey," *J. Environ. Biol.* 31, 115-118.
- Durkaya, B., Durkaya, A., & Yağcı, H. (2019). Biomass equations in natural black pines. *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 28 ± No. 2A/2019 pages 1132-1139.
- Eroğlu, H. (1980) O₂-NaOH Yöntemiyle Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Kâğıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması, Doçentlik Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon. 214 s.
- Eroğlu, H., İstek, A., (2000) "Medium Density Fiberboard (MDF) Manufacturing From Wheat Straw (*Triticum aestivum* L.)" *İnpaper International*, 4(3), 11-14 (2000).
- Eroğlu, H., İstek, A., & Usta M (2001). Buğday Saplarından (*Triticum aestivum* L.) ve Saman-Odun Karışımı Liflerden Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 305-311.
- Gençer A, Eroğlu H and Usta M (2000) Pamuk Saplarından HDF (Yüksek Yoğunlukta Lif Levha) Üretim Olanaklarının Araştırılması *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Volume:1,No: 1-2, ISSN 1302-0056
- Gençer, A., Eroğlu, H., and Özen, R. (2001). "Medium density fiberboard manufacturing from cotton stalks," *Inpaper International* 5 (2), 26-28.
- Gençer, A. (2015). "Research on the suitability of broomcorn stalks for paper production and the effects, of hot water pre-treatment on paper's properties," *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology* 2(8), 2089-2092.
- Gencer, A. (2015). The utilization of kiwi (*Actinidia deliciosa*) pruning waste for kraft

paper production and the effect of the bark on paper properties. *Drewno. Prace Naukowe. Doniesienia. Komunikaty*, 58(194).

- Gençer, A., Şahin, M. (2015). Identifying the Conditions Required for the NaOH Method for Producing pulp and Paper from Sorghum Grown in Turkey. *BioResources* 10(2), 2850-2858.
- Gençer, A ve Eroğlu, H (2017) Manufacturing of Pulp from Wheat Straw (*Triticum aestivum* L.) by KOH-Air Method, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 63-68, DOI:10.24011/barofd.322619.
- Gençer, A., Ozgul, U., Onat, S. M., Gunduz, G., Yaman, B., & Yazici, H. (2018). Chemical and morphological properties of Apricot wood (*Prunus armeniaca* L.) and fruit endocarp. *Bartın Orman Fakültesi Derg*, 20, 205-209.
- Gençer, A., Hatıl, C. (2019). Determination of Alkali and Sulfite Ratios in Paper Pulp Produced from Sorghum Stalks via the Kraft Method. *BioResources*, 14(1), 922-930.
- Gülsoy and Şimşir 2018 Chemical Composition, Fiber Morphology, and Kraft Pulping of Bracken Stalks (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), *DRVNA INDUSTRIJA* 69 (1) 23-33 (2018), doi:10.5552/drind.2018.1725.
- Gümüşkaya, E., Serin, Z., Ondaral, S., & Ustaömer, D. (2003). Buğday (*triticum aestivum* l.) sapı soda-oksijen kağıt hamurunun kimyasal ve kristal yapısı ile optik özellikleri arasındaki ilişkiler.
- Hammett, A. L., Youngs, R. L., Sun, X., & Chandra, M. (2001). Non-wood fiber as an alternative to wood fiber in Chinas pulp and paper industry.
- Hurter, A. M. (1988). Utilization of annual plants and agricultural residues for the production of pulp and paper. In *Pulping Conference: [proceedings](USA)*.
- Karim, M. R., Awal, M. A., & Akter, M. (2010). Forecasting of wheat production in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 35(1), 17-28.
- Keskin, B., Yılmaz, İ. H., and Akdeniz, H. (2005). "Yield and yield component of forage sorghum hybrid (*Sorghum bicolor* x *sorghum sudanense* Mtapf.) as influenced by varieties and maturity," *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 36 (2), 145-150.
- Liu, Z., Wang, H., & Hui, L. (2018). Pulping and papermaking of non-wood fibers. *Pulp and paper processing*, 1, 4-31. DOI: 10.5772/intechopen.79017. (KİTAP)
- Shakhes, J., Marandi, M. A., Zeinaly, F., Saraian, A., & Saghafi, T. (2011). Tobacco residuals as promising lignocellulosic materials for pulp and paper industry. *BioResources*, 6(4).
- Sridach, W. (2010). The environmentally benign pulping process of non-wood fibers. *Suranaree Journal of Science & Technology*, 17(2).
- Tutus, A., Ezici, A. C., & Ates, S. (2010). Chemical, morphological and anatomical properties and evaluation of cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.) in pulp industry. *Scientific Research and Essays*, 5(12), 1553-1560.

- Ondoral M, Ersoy Kalyoncu E (2022) Investigation of the NH₄OH-KOH Pulping Possibilities of Banana Pseudostem Wastes, AKU J. Sci. Eng. 22 (2022) 035702 (662-674), DOI: 10.35414/akufemubid.1098884.
- Sharma, I., Tyagi, B. S., Singh, G., Venkatesh, K., & Gupta, O. P. (2015). Enhancing wheat production-A global perspective. *Indian J. Agric. Sci*, 85(1), 3-13.
- Sun, R. C., Lawther, J.M., and Banks, W.B. 1997. Physico-Chemical Characterization of Organosolve Lignins from Wheat Straw, *Cellulose Chemistry and Technology*, 31, pp, 199-212.
- Yalçın, H., Çakır, E., Aykas, E., Önal, İ., Okur, B., Ongun, A. R., ... & Delibacak, S. (2008). Ege bölgesinde buğday ve arpa üretiminde koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim sistemleri. *Ülkesel Tahıl Sempozyumu*, 2(5).
- Wagberg, L., Zhao, X.P., Fineman I., and Li, F.N. 1990. Effect of Retention Aids on Retention and Dewatering of Wheat Straw Pulp, *TAPPI Vol: 73, No:4177,182 pp.*



Bölüm 7

ISPARTA İLİ KABAKGİL ÜRETİM ALANLARINDA KABAK MOZAYİK VİRÜSÜ (SQUASH MOSAIC VIRUS: SQMV)'NÜN BELİRLENMESİ¹

Handan ÇULAL KILIÇ²

Berhan BAŞAR³

Ece ERKOL⁴

¹ Bu çalışma 'TUBITAK 2209- Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı' tarafından maddi olarak desteklenmiştir.

² Doç. Dr. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, ORCID ID: 0000-0003-4020-9442

³ Zir. Müh. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, ORCID ID: 0009-0009-9898-5971

⁴ Zir. Müh. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, ORCID ID: 0009-0009-3925-6146

1. GİRİŞ

Ülkemiz verimli toprakları, iklim koşullarının elverişli olması sebebiyle sebzelerin kaliteli ve iyi koşullarda yetiştirildiği önemli ülkelerden biridir. Türkiye ve dünyada en çok yetiştirilen sebzeler; domates, hıyar, kavun, karpuz ve biberdir (Engindeniz, 2009). Ülkemiz, FAO (2018) verilerine göre dünya kavun üretiminde ikinci, karpuz ve hıyar üretiminde üçüncü, kabak üretiminde sekizinci sıradadır.

Kabakgil bitkileri 119 cins ve 825 türü içeren *Cucurbitaceae* familyası içerisinde yer almaktadırlar. Bu familyada bulunan kavun (*Cucumis melo* L.), hıyar (*C. sativus* L.), kabak (*Cucurbita* sp.) ve karpuz (*Citrullus lanatus* L.) en çok tüketilen sebzelerdendir (Günay, 1993). Isparta ili ve ilçelerinde kabakgillerden en fazla ekim alanı ve üretim miktarına sahip bitkiler sırasıyla; Hıyar-sofralık (2.208 dekar, 18.707 ton), karpuz (1.806 dekar, 6.134 ton), kavun (1.378 dekar, 3.394 ton), balkabağı (834 dekar, 3.330 ton)'dır (TUIK, 2021).

Kabakgiller farklı tarımsal ekosistemlerde yetiştirilebilmektedir. Ancak kabakgil yetiştiriciliğinde üretimi sınırlandıran biyotik etmenler bulunmaktadır. Bu etmenler; funguslar, bakteriler, virüsler ve virüs benzeri organizmalardır. Viral etmenler, kabakgil üretimini büyük oranda etkilemektedir ve kabakgil yetiştiriciliğini tehdit etmektedir. Ayrıca virüsler diğer hastalık etmenlerinden farklı olarak kimyasal mücadelelerinin bulunmaması sebebi ile de önemlidirler (Şevik ve Arlı-Sökmen 2001). Bunun yanı sıra virüs hastalıkları kabakgil ürünlerinde nitelik ve nicelik yönünden %50-100 arasında kayıplara yol açmaktadır (Menzel vd., 2020).

SqMV kabakgillerin enfekte eden önemli bir virüstür (Lecoq ve Desbiez, 2012). Dünya genelinde yaygındır. Virüs enfekteli fidelerde yaprak beneklenmesine ve bodurlaşmaya neden olur. Yaşlı yapraklarda deformasyon, damar açılması ve şiddetli mozayik oluşumuna yol açar. Enfekteli meyveler üzerinde şişil oluşumları, kabuklarda lekelenmeler görülür.

SqMV yaklaşık 30 nm çapında yuvarlak partiküllere sahip *Comoviridae* familyasının Comovirüs cinsinin bir üyesidir. Virüs, tohumla, vektör böceklerle (*Acalymma trivittata*; *Diabrotica undecimpunctata*, *Diabrotica bivittata*; *Epilachna chrysomelina*, *Epilachna paenulata*), mekanik inokulasyonla ve polenle taşınmaktadır. SqMV'nün kavunda tohumla taşınma oranı %10, kabakta ise %35 olduğu belirlenmiştir (Nolan ve Campbell, 1984).

Tarımsal üretimde sorun oluşturan virüs hastalıklarla mücadelede eradikasyon ve sanitasyon çalışmaları nisbeten zararın azalmasını sağlansa da kontrol tam olarak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle virüslerin zamanında ve doğru olarak teşhisinin yapılması ve mücadele programlarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde kabakgil üretim alanlarında virüslerin belirlenmesi ile ilgi-

li çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Yardımcı ve Özgönen, 2007; Yardımcı vd., 2015; Topkaya, 2015; Çulal-Kılıç vd., 2016; Kızmaz vd., 2016; Çat vd., 2016; Topkaya vd., 2019; Arslan vd., 2020; Topkaya, 2020; Usta vd., 2020; Karabıyık ve Yeşil, 2021).

Bu proje çalışması ile ülkemizin farklı bölgelerinde kabakgil üretim alanlarında varlığı araştırılmış olan kabak mozayik virüsü'nün Isparta ilindeki üretim alanlarında varlığı serolojik olarak ortaya konulmuştur. SqMV daha önce bölgede ele alınmamıştır. Bu virüsün daha önceden ele alınmamış olması ve ilk çalışma olması çalışmaya özgünlük katmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Örnekleme: Çalışma kapsamında, 2022 haziran-eylül ayları arasında, Isparta ili kabakgil üretiminin yoğun olarak yapıldığı ilçe ve köylerde surveyler yapılmıştır. Çalışmanın materyalini Isparta ili ve ilçelerindeki kabakgil üretim alanlarından toplanan yaprak örnekleri oluşturmuştur.

Simptomatolojik gözlemler sırasında virüs belirtisi gösteren örnekler toplanmıştır. Bu simptomlar, bitkide bodurluk, solgunluk, damar bantlaşması, yapraklarda deformasyon, yaprak ayasında incelleme, yapraklarda mozayik simptomsu, kloroz, nekroz belirtileri, meyvelerde deformasyon, meyvede halkalı lekeler, meyvelerde renk değişiklikleri, meyvede siğil oluşumu gibi simptomlardır. Alınan yaprak örnekleri polietilen torbalara konulduktan sonra laboratuvarında derin dondurucuya konulmuştur.



Şekil 1. Sürvey sırasında bitki örneklerinin toplanması

Sürveyler 2022 yılında kabakgil üretim sezonunda yapılmış ve araziden toplam 92 yaprak örneği toplanmıştır (Şekil 1)

Serolojik Test Yöntemi

Virüslerin teşhisinde DAS-ELISA yöntemi kullanılmıştır. Testleme de SqMV'ne özgü ELISA kiti kullanılmıştır. Kitler Bioreba firmasından temin edilmiştir.

DAS-ELISA yöntemi aşağıdaki şekilde uygulanmıştır;

1. ELISA tabaklarının her bir çukurcuğu kaplama tamponu ile seyreltilmiş virüslere özgü antikor ile hazırlanmış tampon çözelti ile kaplanmış ve buzdolabında tüm gece bekletilmiştir.

2. Yıkamayı takiben ekstraksiyon tampon çözeltisinde örnekler 1:20 oranında ezilerek her bir çukura 200'er µl konulmuş ve buzdolabında tüm gece bekletilmiştir.

3. Yıkama işlemi tekrarlanmıştır (Şekil 2).

4. Konjugat buffer ve konjugatlar sulandırılarak her bir çukura ilave edilmiş ve 37 °C'de tekrar bekletilmiştir.

5. İnkubasyondan sonra tekrar tüm çukurlar yıkama tamponu ile yıkanmıştır.

6. Substrat tamponu ile hazırlanmış olan substrat her bir çukura ilave edilmiş ve oda sıcaklığında bekletilerek renk değişimi gözlenmiştir.



Şekil 2. ELISA çalışması sırasında pleytlerin yıkanması

405 nm dalga boyunda okunan absorbans değerlerine göre sağlıklı kontrol değerinin en az iki katı ve daha yukarı okuma değeri veren örnekler pozitif olarak kabul edilmiştir (Çat vd., 2016).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sürvey Sonuçları: Isparta ili kabakgil alanlarında yapılan sürveylerde, yapraklarda mozayik, sararma, kabarcıklanma, damar açılması, nekrotik lekelere ve bitkide gelişme geriliği, bitki boyunda kısılma, deformasyon, gözlemlenmiştir (Şekil 3, 4, 5).



Şekil 3. Karpuz bitkisinde mozayik, deformasyon ve siğil belirtileri

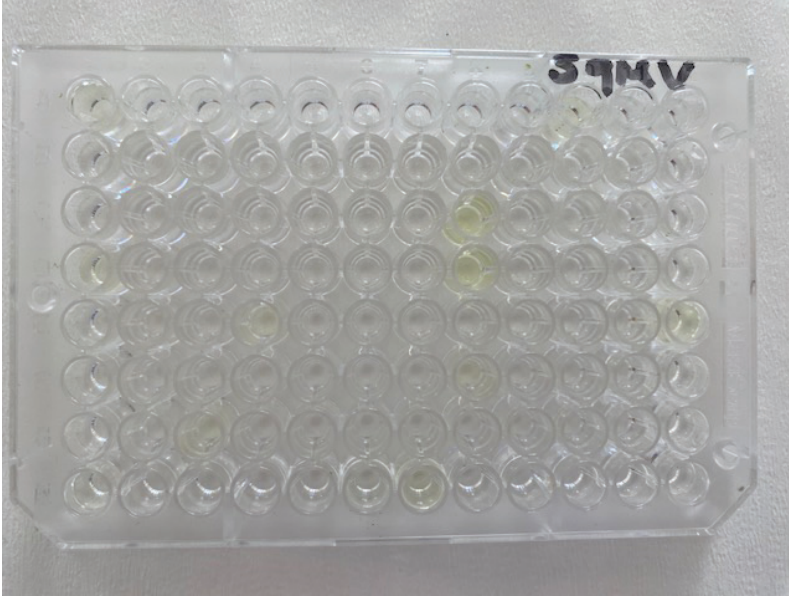


Şekil 4. Acur bitkisinin yapraklarında deformasyon, siğil oluşumu ve deformasyon



Şekil 5. Kabak bitkisi yapraklarında mozayik simptomsu

DAS-ELISA Sonuçları: Çalışma kapsamında Isparta iline bağlı ilçe ve köylerdeki (Kuleönü, Gönen, Senirce, Büyükçökçeli, Küçükçökçeli, Yakaören, İslamköy, Aksu, Deregümü ve Harmanören) kabakgil üretim alanlarından toplanan yaprak örnekleri SqMV antiserumları ile DAS-ELISA testine tabi tutulmuştur. Örneklere DAS-ELISA testinin uygulanması sonucunda gözlemsel olarak değerlendirildiğinde pozitif olan örneklerin bulunduğu çukurlarda sarı renk oluşumu meydana gelmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. DAS-ELISA testinden sonra tabaktaki renk sararmaları

DAS-ELISA testi sonuçlarına göre; toplanan 92 kabakgil örneğinin 10 adedi (%10.86) SqMV enfekteli bulunmuştur.

Tablo 1. DAS-ELISA testi sonuçlarına göre kabakgil çeşitlerinde SqMV ile enfekteli örnek sayısı ve enfeksiyon oranları

Test edilen bitki	Test edilen örnek sayısı	SqMV ile enfekteli örnek sayısı	% Hastalık Oranı
Kabak	60	8	13.33
Hıyar	7	1	14.28
Kavun	11	1	9.09
Acur	5	-	-
Karpuz	9	-	-
Toplam	92	10	10.86

DAS-ELISA sonuçlarına göre; Kavun alanlarından alınan 11 örneğin 1 adedinde virüs tespit edilmiş ve yöredeki enfeksiyon oranı %9.09 olarak belirlenmiştir. Hıyarda ise 7 örnekten 1'i enfekteli bulunmuş ve enfeksiyon oranı %14.28 olarak belirlenmiştir. Karpuz ve acur alanlarından alınan örneklerde ise SqMV'ne rastlanmamıştır (Tablo 1.).

Tablo 2. Örnek Alınan Yerlerdeki SqMV ile enfekteli örnek sayısı ve enfeksiyon oranı

Örnek alınan yer	Örnek sayısı	SqMV ile enfekteli örnek Sayısı	%Enfeksiyon oranı
Kuleönü	32	4	12.5
Gönen	3	-	-
Senirce	4	1	25
B.Gökçeli	6	-	-
K. Gökçeli	10	1	10
Yakaören	12	2	16.66
İslamköy	10	-	-
Aksu	5	-	-
Deregümü	6	1	16.66
Harmanören	4	1	25
Toplam	92	10	10.86

Isparta ilçe ve köylerden toplam 92 adet örnek toplanmıştır. DAS-ELISA test sonuçlarına göre; Gönen, Büyükgökçeli, İslamköy ve Aksu'da SqMV'ne rastlanmazken; sırasıyla Senirce ve Harmanören'de enfeksiyon oranı %25; Yakaören ve Deregümü'de %16.66; Kuleönü'de %12.5 ve Küçükgökçeli'de %10 olarak bulunmuştur (Tablo 2.).

Isparta ili ve ilçelerinde kabakgillerde virüslerin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar sınırlı ve dar kapsamlıdır. Bölgede daha önce yapılan çalışmalar sonucunda CMV, CABYV, ZYMV ve WMV-2 enfeksiyonları tespit edilmiştir.

Yardımcı vd. (2015)'nin Göller bölgesinde yaptıkları çalışmada 268 kabak bitkisinin 54'ünde hıyar mozayik virüsü DAS-ELISA ve RT-PCR yöntemi ile tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada da 1998-1999 yıllarında Isparta ilindeki kabakgil üretim alanlarında virüs benzeri semptomlar sergileyen örneklerle test bitkilerine mekaniksel inokulasyonlar yapılmış, semptomatolojik ve serolojik çalışmalar sonucunda kabakgil bitkilerinde ZYMV, CABYV ve WMV-2 virüslerinin varlığı belirlenmiştir (Yardımcı vd., 2000).

Yardımcı ve Özgönen (2007) aynı bölgede yaptıkları çalışmada kabakgil üretim alanlarında Cucurbit aphid borne yellows virus'unu belirlemişler ve bu virüsün varlığını ülkemizde bu çalışma ile ilk kez ortaya koymuşlardır.

Yapılan bu çalışma ile; Isparta ilindeki kabakgil üretim alanlarında SqMV'nün varlığı ilk kez ortaya konulmuştur.

4. SONUÇ

Kabakgillerde sorun olan bu virüse karşı iyi bir mücadele stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Virüs hastalıklarıyla en etkin mücadele yöntemi, hastalığı üretim alanına bulaştırmamaktır. Dayanıklı çeşitlerin kullanılması, virüsten arı üretim materyali kullanımı, vektör böceklerle mücadele edilmesi gibi işlemler virüs hastalıkları ile mücadelede etkili olan yöntemlerdir.

KAYNAKÇA

- Arslan, S., Yardımcı, N., & Çulal-Kılıç, H. (2020). Serological and molecular characterization of the cucurbit aphid-borne yellows virus affecting cucurbits in Southern Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29, 7239-7245.
- Çat, A., Yardımcı, N., & Çulal-Kılıç, H. (2016). Antalya ili ve ilçelerindeki örtüaltı hıyar (*Cucumis sativus* L.) ve kabak (*Cucurbita pepo* L.) üretim alanlarında viral etmenlerin saptanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 129-132.
- Çulal-Kılıç, H., Doğan, K., Yardımcı, N., & Isparta, L. (2016). Detection of Zucchini yellow mosaic virus from cucurbits in Burdur province Turkey. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 3(4), 4510-4512.
- Engindeniz, S. (2009). Türkiye’de sebze üretimi ve gelecek için bazı öneriler. *MPM Verimlilik dergisi*, 2, 99-117.
- FAO. (2018). Food and Agriculture Organization of United Nations veri tabanı. Erişim Tarihi: 3 Nisan 2022, <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Günay, A. (1993). *Özel Sebze Yetiştiriciliği*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara, 117 s.
- Karabıyık, M., & Yeşil, S. (2021). Eskişehir ili kabakgil ekim alanlarında görülen virüs hastalıklarının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(4), 591-600.
- Kızmaz, M., Sağır, Z.A., & Baloğlu, S. (2016). Diyarbakır ve Mardin illeri kabakgil üretim alanlarında görülen viral hastalıkların yaygınlıklarının ve etmenlerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(4), 397-406.
- Lecoq, H., & Desbiez, C. (2012). Viruses of cucurbit crops in the Mediterranean Region, an ever-changing Picture. *Advances in Virus Research*, 84, 67-126.
- Menzel, W., Maeritz, U., & Seigner, L. (2020). First report of Cucurbit aphid-borne yellows virus infecting cucurbits in Germany. *New Disease Reports*, 41, 1.
- Nolan, P. A., & Campbell, R. N. (1984). Squash mosaic virus detection in individual seeds and seed lots of cucurbits by enzyme-linked immunosorbent assay. *Plant Diseases*, 68, 971– 975.
- Şevik, M. A., & Sökmen, M. A. (2001). *Samsun ilinde kabakgil bitkilerinde görülen virüs hastalıkları*. IX. Türkiye Fitopatoloji Kongre Bildirileri, 3-8 Eylül 2001, No: 45, Tekirdağ, 180-189.
- Topkaya, Ş. (2015). *Kabak Sarı Mozaik Virüsü İzolatlarının Kodladığı Genlerin Diziliminin Belirlenmesi ve Moleküler Karakterizasyonu*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Topkaya, S., Desbiez, C., & Ertunç, F. (2019). Presence of cucurbit viruses in Ankara and Antalya province and molecular characterization of coat protein gene of Zucchini yellow mosaic virus Turkish isolates. *Fresenius Environmental Bul-*

letin, 28(4), 2442-2449.

- Topkaya, (2020). Kastamonu ili ve çevresinde kabakgil yetiştirilen alanlarda enfeksiyon oluşturan viral etmenlerin saptanması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, cilt 9, sayı, 1, 65-72.
- TUIK. (2021). Bitkisel Üretim İstatistikleri veri tabanı. Erişim tarihi: 18 Mayıs 2022, <https://biruni.tuik.gov.tr>
- Ullman, D. E., Cho, J. J., & German, T. L. (1991). Occurrence ve Distribution of Cucurbit Viruses in the Hawaiian Islves. *Plant Diseases*, 75, 367-370.
- Usta M., Güller, A., & Günay, A. (2020). The molecular characterization of the coat protein sequence and differentiation of CMV- subgroup I on tobacco from native flora in Turkey. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(2), 523-534.
- Yardımcı, N., Çulal-Kılıç, H., & Kör, A. (2015). Identification of Cucumber mosaic virus (CMV) on Squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivars in lakes region of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. Vol. 24, No: 2, 417-421.
- Yardımcı, N., Özgönen, H., & Arıcı, E. (2000). *Isparta ilinde Cucurbitaceae kültürlerinde görülen virüs hastalıklarının tanınması üzerinde çalışmalar*. 3. Sebze tarımı sempozyumu, bildiri kitabı, 202-207, Isparta
- Yardımcı, N., & Özgönen, H. (2007). First report of Cucurbit Aphid-Borne Yellows Virus in Turkey. *Australasian Plant Disease Notes*, 2, 59.



Bölüm 8

BİTKİ KORUMA UYGULAMALARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YAKLAŞIMLAR

Şaban KARAAT¹

¹ Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü ORCID: 0000-0002-3736-4436
skaraat@adiyaman.edu.tr

1. Giriş

Bir bilim dalı olarak tarım, bir diğer ismiyle ziraat, bitkisel ve hayvansal ürünlerin yüksek kalite ve verim ile üretilmesi, muhafazası, işlenmesi ve pazarlanması faaliyetlerinin tümünü kapsamaktadır. Üretilen ürünler ele alındığında tarım, bitkisel ve hayvansal üretim olarak iki genel grupta değerlendirilmektedir. Bitkisel üretim aynı zamanda hayvansal üretime de zemin hazırlamakta olduğundan büyük önem taşımaktadır. Zira insanlık tarihine bakıldığında yerleşik hayatın ve medeniyetlerin sürdürülerek geliştirilmesinde bitkisel ve hayvansal üretimin yadsınamaz bir etkisi olmuştur. Bu bağlamda, yürütülen faaliyetlerin sürdürülebilir olması önemli bir noktadır. Nitekim yakın geçmişe kadar tarımsal faaliyetlerin çevresel unsurlar üzerindeki olumsuz etkileri önemsenmeyecek seviyede gerçekleşirken özellikle 1960'lı yıllarda gerçekleşen Yeşil Devrimden sonra hızlı bir şekilde artmıştır (Şahinöz, 1990). Yaşanan gelişmeler sonucunda tarımsal faaliyetler bir bütün olarak değerlendirildiğinde dünyada doğal dengeyi tehdit eden bir unsur haline gelmiş, bu bağlamda insanlık tarihi boyunca yerleşik hayatı ve medeniyetlerin sürdürülerek geliştirilmesine katkı sunan tarımsal faaliyetler tam aksine bir tehdit haline gelmiştir.

Artan nüfus, sanayileşme, kentleşme gibi birçok etken sonucu oluşan söz konusu olumsuz etkiler gözle görülür hale geldikçe sürdürülebilirlik kavramı önem kazanmıştır. Nitekim sürdürülebilirlik kavramı 1980'li yıllardan itibaren yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Latince 'Sustinere' kelimesine dayanan kavram; var olmak, devam ettirmek, sürdürmek anlamlarına gelmektedir (Onions, 1964). Çevresel alanlarla birlikte ekonomik, sosyal, siyasal, kültürel alanlarda da kullanılan sürdürülebilirlik kavramı, özetle mevcut kaynakların nesiller arasında mümkün olan en az kayıp ile aktarılmasını ifade etmektedir.

Tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirlik üzerindeki tehdidini oluşturan en önemli kaynaklarından birisi Bitki Koruma faaliyetleridir. Bitki Koruma, bitkisel üretime konu olan kültür bitkilerinde verim ve kalite kayıplarına neden olan biyotik ve abiyotik etkenlerle mücadele ederek bitkisel üretim üzerindeki zararını en aza indirmek için alınan tüm tedbirleri kapsayan bilim dalıdır (Baykal ve Kovancı, 1995). Söz konusu zararlı etkenler hastalık (Atay ve ark. 2022), zararlı (Karaat ve ark. 2021) ve yabancı otlar gibi biyotik etmenler veya don, yüksek sıcaklık, kuraklık gibi abiyotik etkenler olabilmektedir. Yapılan araştırmalarda bitkisel üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otlardan kaynaklanan ürün kaybının yaklaşık %65-70 seviyelerinde olduğu, başarılı Bitki Koruma uygulamaları ile bu oran %35'lere kadar düşürülebilmektedir. Dünyada artan nüfus dolayısıyla artan gıda talebi düşünüldüğünde konunun önemi açıkça anlaşılmaktadır (Oerke ve ark., 1994).

Hastalık, zararlı ve yabancı otların etkileriyle meydana gelen ürün kayıplarının azaltılmasına yönelik tedbirlerin teknik uygulamalar ile birlikte ekonomik ve yasal önlemleri de içerecek şekilde geniş bir kapsamı bulunmaktadır. Ancak

özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrasında tarımsal alanda atılan teknolojik atımlardan biri olan sentetik kimyasalların tarımda kullanılması Bitki Koruma uygulamalarını da derinden etkilemiştir. Sentetik tarım ilaçları geniş etki yelpazesi, kolay uygulanabilirliği, uygun maliyetleri gibi nedenlerle kısa sürede Bitki Koruma faaliyetlerinde en yaygın uygulama halini almıştır. Nitekim ülkemizde Bitki Koruma uygulamalarının yıllık maliyeti yaklaşık 10 milyar TL olup bunun yaklaşık üçte birini tarım ilaçları oluşturmaktadır (Birişik, 2018).

Yapılan teknolojik adımların olası olumsuz etkileri hesaba katılmadan yaygınlaştırılması ve sonraki süreçte söz konusu etkilerin ortaya çıkması tüm alanlarda olduğu gibi tarımsal faaliyetlerin de sürdürülebilirliğinin sorgulanmasına yol açmış, Sürdürülebilir Tarım kavramının önemi üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda çeşitli görüşler ve çözüm önerileri sunulmuş; Organik Tarım, İyi Tarım gibi yetiştiricilik sistemleri geliştirilmiştir. Sürdürülebilir Tarım ile ilgili yapılan değerlendirmelerde, bu kapsamda geliştirilen çözüm önerileri ve yetiştiricilik sistemlerinin tümünde Bitki Koruma faaliyetleri ve özellikle kimyasal mücadele uygulamaları en çok dikkat çekilen noktalar arasında ilk sıralarda yer almaktadır (Eryılmaz ve ark., 2019). Bu bağlamda, farklı zirai mücadele yöntemlerinin bütüncül olarak ele alındığı ve birbirini tamamlayacak şekilde uyumlu olarak uygulanmasını öneren bir yaklaşım olarak Entegre Mücadele kavramı oluşturulmuştur (TAGEM, 2023). Tüm bu gelişmelerin sürdürülebilirlik açısından ele alınması ve bu doğrultuda yönetilmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Bitki Koruma faaliyetleri kapsamında yapılan mücadele yöntemleri ayrı ayrı değerlendirilerek ele alınmıştır. Yapılan değerlendirme ile söz konusu mücadele yöntemleri genel özellikleri ve etkileri ile sürdürülebilirlik açısından sunduğu katkılar ve oluşturabileceği tehditler tartışılmıştır.

2. Bitki Koruma Uygulamalarının Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi

Tarımsal uygulamalar kapsamında çevresel unsurları en çok tehdit eden uygulamalar arasında ilk sıralarda yer alan Bitki Koruma uygulamaları kültür bitkilerinde verim ve kalite kayıpları oluşturan hastalık, zararlı ve yabancı otlar ile mücadele için çok çeşitli mücadele yöntemlerini kapsamaktadır. Bunlar arasında; Kültürel Mücadele, Fiziksel ve Mekanik Mücadele, Biyoteknik Mücadele, Biyolojik Mücadele tarımsal sürdürülebilirlik açısından hiç veya az miktarda tehdit oluştururken, örneğin Kimyasal Mücadele ve Biyoteknolojik Mücadele diğer mücadele yöntemlerine göre sürdürülebilirlik açısından nispeten daha büyük riskler taşımaktadır. Söz konusu mücadele yöntemlerinin tarımsal sürdürülebilirlik açısından sağladığı katkılar ve oluşturduğu riskler yapılan uygulamalara göre değişmektedir. Bu bağlamda, Bitki Koruma faaliyetleri kapsamında uygulanan her bir mücadele yönteminin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

2.1. Kültürel Mücadele

Kültürel Mücadele genel anlamda yetiştiricilik ile ilgili iş ve işlemlerde dikkat edilmesi gereken unsurları ifade etmektedir. Kültür bitkilerinin daha dirençli olmasının sağlanması, hastalık ve zararlıların yetiştiricilik ortamında çoğalmasına elverişli şartların en aza indirilmesi için gerekli tedbirleri kapsamaktadır. Bu mücadele yönteminde zarar oluşturan etmenler ile dolaylı olarak mücadele etmek söz konusu olup temel amaç Bitki Koruma faaliyetlerine olan ihtiyacı azaltmaktır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır.

Toprak işleme Kültürel Mücadele kapsamında belirtilebilecek en temel yöntemlerden biridir. Toprak işleme ile kültür bitkileri arasında yetişen yabancı otlar, larvalarını toprağa bırakan zararlılar ve ayrıca zararlılara konukçuluk yapan bitkiler bertaraf edilebilmektedir. İlave olarak toprak işleme bitki kök sistemi ve dolayısıyla bitki gelişimi için önemli katkılar sunmakta olup kültür bitkilerinin daha dirençli olmasını sağlamaktadır. Öte yandan toprak işleme uygulamalarının dezavantajı olarak toprak yapısını ve faunasını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle toprak işlemez tarım araştırmacılar tarafından gündeme getirilmektedir (Ergül ve Polat, 2009). Toprak işlemez tarım ayrıca toprak yapısı ve faunası üzerinde olumsuz etkileri olan anız yakma uygulaması gereksinimini azaltarak katkı sunmaktadır. Öte yandan, toprak işleme önemli miktarlarda akaryakıt kullanımını gerektirmekte, dolayısıyla tabii kaynakların tüketilmesine ve karbondioksit salınımına neden olmaktadır. Elektrik gücüyle çalışmakta olan traktörlerin kullanımı bu konuda belli bir oranda çözüm oluşturacaksa da henüz söz konusu traktörlerin kullanımı yaygınlaşmamıştır (Pakdemirli ve ark., 2021). Ayrıca elektrik enerjisinin elde edilmesi de halen çoğunlukla yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarından sağlanmakta olması da sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi gereken bir başka husustur. Tüm bu yönleriyle sürdürülebilirlik açısından toprak işleminin bütüncül olarak ele alınması, yetiştirilen kültür bitkilerinin gelişimini sınırlandırmadan mümkün olduğunda azaltılması önem taşımaktadır.

Kültür bitkilerinin dayanıklılığını artırmada bir diğer önemli husus gübrelemedir. Gübreleme ile bitkilerin fizyolojik faaliyetleri için ihtiyaç duyduğu unsurlar temin edilerek bitki dokularının daha geçirimsiz ve dayanıklı olması ile bitkiler hastalık ve zararlılar ile mücadelede güç kazanmaktadır. Bu noktada sürdürülebilirlik açısından dikkat edilmesi gereken husus gübre olarak kullanılan materyaldir. Tarımda kullanımı yaygın olan kimyevi gübreler toprakta tuzluluğun artması ile çoraklaşmaya, yer altı sularının kirlenmesine, ayrıca yenilenebilir olmayan tabii kaynakların tüketilmesine neden olmaktadır (Sönmez ve ark., 2008). Öte yandan, gübrelemede ihtiyaçtan fazla azot gübresi kullanılmasının yeni sürgün oluşumunu ve bitki bünyesindeki su miktarını artırması dolayısıyla bitkilerin hastalık ve zararlılardan daha fazla etkilenmesi gibi hususlara da dikkat edilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilirlik açısından

ele alındığında gübreleme ihtiyaçlarının daha ziyade organik ve biyolojik kaynaklardan elde edilen gübreler ile karşılanması önemlidir. Zira söz konusu gübreler yeterli ve dengeli kullanıldığında topraktaki doğal döngüye katılarak herhangi bir zarar oluşturmadan katkı sunmaktadır (Mutlu, 2020). Bununla birlikte, biyolojik gübrelerin kullanımında doğal faunanın bitkinin dezavantajına veya sürdürülebilirlik açısından doğal dengeye zarar oluşturmayacak şekilde kullanılması önemlidir.

Hastalık ve zararlıların çoğalarak zarar oluşturması üzerinde nem ve sıcaklığın önemli etkileri bulunmaktadır. Her bir etmenin belirli bir nem ve sıcaklık isteği olup bitkilerin özellikle havalanmayan kapalı bölümlerinde hastalık ve zararlılar daha hızlı çoğalarak daha fazla zarar oluşturmaktadırlar. Dolayısıyla bitkiler arasında ve bitki içerisinde hava akışının olması önem taşımaktadır. Bu açıdan yetiştiricilik alanlarında bitkiler arası mesafenin en uygun şekilde ayarlanması önemlidir (Aktaş ve ark., 1996). Bitkiler arası mesafe bitkiler arasındaki rekabeti ve dolayısıyla bitki gelişimini de etkileyen bir unsur olduğundan ayrıca önemlidir. Terbiye ve budama da benzer şekilde hem bitki içi havalanmanın artırılmasına hem de bitki gelişimine katkı sunan uygulamalardır.

Sulama ve drenaj özellikle toprak kökenli hastalıkların yayılımı ve gelişiminin azaltılması için dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur. Sulama suları birçok toprak kökenli hastalığın taşınmasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte toprakta suyun drene edilmesi hastalık etmenlerinin çoğalmasını azaltma hususunda ve aynı zamanda yabancı otlarla mücadelede etkili olmaktadır. Öte yandan sulama ve drenaj bitki gelişimini de etkileyerek bitkilerin dayanıklılığında önemli rol oynar. Su tutma kapasitesi yüksek olan topraklarda suyun iyi drene edilememesi sonucunda bitki kök gelişimi ve dolayısıyla bitki gelişiminin zarar görmesi bitki direncini olumsuz yönde etkilemektedir. Fazla suyun drene edilmesi ayrıca toprak tuzluluğunun artmasını önlemesi açısından sürdürülebilirlik için ilave katkı sunmaktadır (Başaran, 2020). Fazla su gibi bitki su ihtiyacının etkili ve yeterli bir şekilde karşılanmaması da bitki gelişimini kısıtlayıcı bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, sulama periyodunun uzun tutulması vejetasyon süresini uzatarak zararlı etmenlerin taze sürgün ve konukçu ihtiyacının daha fazla karşılanması anlamına gelmekte olup kültür bitkilerinde meydana gelen tahribatı artırabilmektedir.

Kültürel mücadele kapsamında ayrıca tarımsal faaliyetlerde kullanılan alet ve ekipmanların temizliğine dikkat edilmesi, budama artıklarının ve yabancı otların uzaklaştırılması, temiz bitki çoğaltım materyallerinin kullanılması, ekim-dikim ve hasat zamanının uygun olarak uygulanması ve münavebe yapılması diğer önemli uygulamalar arasında sayılabilir (Atay, 2023; Mali ve ark., 2000). Sayılan önlem, tedbir ve uygulamalar hastalık ve zararlı etmenlerinin üretim alanı içinde, üretim alanları arasında, bölgeler ve hatta ülkeler arasında yayılımını azaltacak uygulamalar olması bakımından kritik önem taşımaktadır.

2.2. Fiziksel ve Mekanik Mücadele

Zararlı etmenlerin toplanarak uzaklaştırılması veya engellenmesine yönelik olarak insan gücü, alet veya makinaların kullanılmasıyla yapılan mücadeleyi kapsayan bu mücadele yönteminde uygulamalar zararlı etmenlere doğrudan yapılmakta olup kültürel mücadeleden bu yönüyle ayrılmaktadır. Zararlı etmenlerin bitki kısımlarıyla birlikte veya tek tek toplanarak imha edilmesi, yine zararlı etmenlerin malçlama yapılarak, yapışkanlar, levhalar, hendek veya çitlerle engellenmesi, tuzaklarla yakalanması veya tuzaklar ile popülasyon takibinin yapılması, solarizasyon veya fumigasyon gibi dezenfekte işlemlerinin yapılması bu mücadele yöntemi kapsamında sayılabilecek önlemlerdir.

Sayılan mücadele yöntemleri sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde zararlı etmenlerin toplanması için herhangi bir risk öngörülmemektedir zira yapılacak toplama uygulaması söz konusu türün besin zincirindeki yerini etkileyecek seviyede olmayacaktır. Benzer durum engelleme uygulamaları için de geçerli olmakla birlikte yabancı otların baskılanması/engellenmesi amaçlarıyla yapılan malçlama uygulamalarında kullanılan malç malzemelerinin toprağa karışması ve ayrıca geçirimsiz malç malzemelerinin toprak faunasına etkisi incelenmelidir. Bu bağlamda örneğin saman gibi organik malzemeler veya tekstil malcı gibi geçirimli malzemeler sürdürülebilirlik açısından tercih edilmesi daha uygun olabilir. Benzer şekilde, sera alanlarında yapılan solarizasyon ve fumigasyon uygulamalarının da toprak faunası üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceği dikkate alınmalı, topraksız tarım ya da diğer alternatif yöntemler öncelikle tercih edilmelidir (Gümrükçü, 2004).

Uygulanan en eski bitki koruma yöntemleri arasında olan fiziksel ve mekanik mücadele yöntemleri sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde kültürel mücadele gibi önemli katkılar sunmakta, bununla birlikte uygulamada doğal dengenin bozulmasına yönelik tehditler dikkate alınmalıdır. Zira doğada canlılar besin zinciri dahilinde bir denge halindedirler. Bu durumda zararlı türlerin belli bir oranda ortadan kaldırılması ekosistemdeki besin zincirine zarar verebilmekte istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Söz konusu tehdit Toplu Tarama Mücadelesi için de geçerli olup zararlı etmenlerle yapılan mücadelede doğal denge gözetilmelidir (TAGEM, 2023).

2.3. Biyoteknik, Biyolojik ve Biyoteknolojik Mücadele

Biyolojik bazlı zirai mücadele yöntemleri sürdürülebilir Bitki Koruma uygulamaları için en geniş ve ümitvar imkanlar sunan ve aynı zamanda Entegre Mücadelenin de ana unsurlarını oluşturan mücadele yöntemleridir. Özellikle sürdürülebilirlik kavramının önem kazanmasıyla bu alanlardaki araştırmalar hız kazanmış, başarılı uygulamaların geliştirilmesi ile pratikte kullanımı giderek artmış ve artmaktadır.

Zararlı etmenlerin farklı biyolojik özelliklerinden yararlanılarak çeşitli yöntemlerle şaşırtılması ve doğal davranışlarının bozulması ile kültür bitkileri üzerinde meydana getirdikleri zararın bertaraf edilmesini kapsayan uygulamalara Biyoteknik Mücadele adı verilmektedir. Bu kapsamda ses ve ışık gibi fiziksel etkileyiciler ile cezbediciler (feromonlar, besin cezbedicileri, yumurta bırakma cezbedicileri), uzaklaştırıcılar, beslenmeyi engelleyiciler ve yumurtlamayı engelleyiciler gibi kimyasal etkileyiciler kullanılabilir (Birişik, 2013). Zirai mücadele yöntemleri arasında sürdürülebilirlik açısından en az seviyede tehdit oluşturan dolayısıyla en çok katkı sunan mücadele yöntemlerinden biri olan Biyoteknik Mücadele, örneğin bakla zınnı [*Epicometis hirta* (Poda)(Coleoptera: Scarabaeidae)] gibi bazı zararlılar ile mücadelede başarı ile uygulanmaktaysa da uygulama alanları kısıtlıdır (Yaşar ve ark., 2013). Pratikte ağırlıklı olarak zararlıların popülasyon yoğunluklarının takibini yapmak üzere kullanılan feromon tuzaklarıyla dolaylı mücadele yoluyla uygulanan biyoteknik mücadelenin doğrudan mücadele olarak kullanım olanaklarının geliştirilmesi sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır.

Biyolojik Mücadele hastalık, zararlı ve yabancı otların neden olduğu ürün kayıplarının bir başka biyolojik etmenle azaltılması veya engellenmesine yönelik uygulamaları kapsayan mücadele yöntemidir. Temel anlamda yüzyıllardır çeşitli şekillerde uygulanan biyolojik mücadele özellikle son yüzyılda kavramlaşmış ve yakın zamana kadar genellikle zararlı türlerin mücadelesi için örneğin bir zararlı böcek için o zararlı böceğin ergini, larvası veya yumurtalarıyla beslenen başka bir böceğin kullanılması şeklinde uygulanmıştır (Peng, 1983; DeBach ve Hagen, 1964). Son yüzyılda fitopatoloji alanında kat edilen gelişmeler sonucu biyolojik mücadele hastalıkların mücadelesinde de kullanılmaya başlanmış olup halen günümüzün güncel araştırma alanlarından birini oluşturmaktadır (Atay ve ark. 2020). Bunun yanında özellikle otobur böceklerin beslenme alışkanlıklarından yararlanarak yabancı otların mücadelesinde de biyolojik mücadeleden faydalanılmaktadır (Castells ve Berenbaum, 2006). Biyolojik mücadelede zarar oluşturan etmenlerin popülasyon yoğunluğu zarar oluşturmayacak seviyede tutacak şekilde zararlı etmenin aleyhine bir doğal denge oluşturulmakta, bu yönüyle sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde önemli katkılar sunmaktadır. Bu noktada doğal dengenin gözetilmesi, kullanılan organizmaların etkisinin hedef alınan zararlı etmeni baskılamak yetiştiricilik alanındaki faunayı bozacak ve sürdürülebilirlik açısından tehdit oluşturacak derecede olmaması önem taşımaktadır. Bu noktada kullanılan organizmaların kullanılacak ekosistemlerden elde edilerek uygulanması sürdürülebilir bir yaklaşım olarak benimsenmektedir (Atay ve ark. 2020).

Biyoteknolojik Mücadele hastalık, zararlı ve yabancı otlarla moleküler genetik gibi farklı yöntemlerle doğrudan veya dolaylı olarak yapılan mücadele uygulamalarını kapsamaktadır. Doğrudan yapılan uygulamalara; RNA

İnterferans (RNAi) teknolojisi, CRISPR/Cas9 gibi teknolojilerle epigenetik mekanizmalar kullanılarak yapılan uygulamalar, transgenik organizmalarla yapılan uygulamalar örnek olarak verilebilir (Koçak ve ark., 2018; Viebahn ve ark., 2009). Dolaylı olarak yapılan uygulamalara dayanıklı kültür çeşitlerin ıslah edilmesi gösterilebilir. Bu sayede kültür bitkileri zararlı etmenlere karşı dayanıklılık veya tolerans kazanmakta ve zirai mücadele uygulamalarına olan ihtiyaç azaltılmaktadır (Gatehouse, 2008). Bununla birlikte, dayanıklı bitki geliştirmede bir diğer strateji olan ve özellikle yabancı otlarla mücadelede kullanılan pestisitlere dayanıklı bitki geliştirmenin sürdürülebilirlik açısından önemli dezavantajları bulunmaktadır. Bu kapsamda örneğin Glyphosate etken maddeli yabancı otlara dayanıklı çeşitlerin genetik mühendisliği uygulamalarıyla elde edilmesi örnek olarak verilebilir. Söz konusu uygulama kullanılan pestisit miktarını artırmakta, öte yandan kullanılan alanlardaki yabancı otlar belli bir süre sonra kullanılan pestisite dayanıklılık geliştirmektedir (Bain ve ark., 2017). Öte yandan, genetik mühendisliğine tabi tutulan bitkilerin sürdürülebilirlik açısından gerek biyo-çeşitlilik üzerinde, gerek insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceğine yönelik tehditler ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir (Khan, 2012; Pardo, 2003). Dolaylı yöntemler gibi doğrudan zararlı etmenleri hedef alan biyoteknolojik zirai mücadele uygulamalarının da benzer şekilde risk değerlendirmeleri yapılmalı, geliştirilen uygulamalar yapılan değerlendirmeler ışığında kontrollü olarak yaygınlaştırılmalıdır (Tonui ve ark., 2022).

2.5. Diğer Zirai Mücadele Yöntemleri

Önceki bölümlerde değerlendirilen mücadele yöntemlerine ilave olarak Yasal Mücadele, Kimyasal Mücadele ve Entegre Mücadele diğer önemli Bitki Koruma uygulamalarını oluşturmaktadır. Bunlar arasında Yasal Mücadele yapılan sertifikasyon, karantina ve kontrol uygulamalarını kapsamaktadır (Kadıoğlu, 2012). Bu mücadele sayesinde zararlı etmenlerin ülkeler ve bölgeler arasında taşınması azaltılmakta, zararlı etmenlerden arı çoğaltım materyali kullanımı yaygınlaşmakta, ayrıca çevresel risk oluşturan materyal ve uygulamalar kontrol altında tutulmaktadır. Bu yönleriyle bu mücadele aynı zamanda diğer tüm mücadele yöntemlerini de kontrol ederek etkilemesiyle sürdürülebilirlik açısından en önemli mücadele yöntemi olarak kabul edilebilir. Dolayısıyla, Yasal Mücadelenin bilimsel veriler ışığında sürekli güncel tutulmak suretiyle uygulanması önem taşımaktadır.

Kimyasal mücadele önceki bölümlerde bahsedildiği gibi zararlı etmenlerle mücadelede genel olarak pestisit ismi verilen kimyasalların kullanılmasıyla yapılan mücadele yöntemidir. Yüzyıllardır uygulanan bir yöntem olan kimyasal mücadelenin kullanımı özellikle son yüzyılda kat edilen bilimsel ve teknolojik gelişmeler sonucunda elde edilen sentetik kimyasalların kullanımının yaygınlaşmasıyla kullanımı artmıştır. Sağladığı çeşitli avantajlar ile kısa sürede üreticiler tarafından en çok tercih edilen ve genellikle ilk başvuru

mücadele yöntemi halini almıştır. Bununla birlikte, kullanılan sentetik pestisitlerin çevre ve insan sağlığına pek çok olumsuz etkileri tespit edilmiş ve geçmişten günümüze birçok etken maddenin üretim ve kullanımı yasaklanmıştır (Kaymak, 2015). Çevre ve insan sağlığına zararlarının yanında mücadele edilen zararlı etmenlerin dayanıklılığını artırmaları ve mücadele imkanlarını kısıtlamaları da sentetik pestisitlerin kullanımının bir diğer önemli zararı olarak ortaya çıkabilmektedir (Koçak ve ark., 2018). Bununla birlikte, çevre ve insan sağlığına zararı olmayan veya uygun doz ve uygulama aralıklarıyla kullanıldığında zararlı olmayan pestisitler de bulunmaktadır (Balcı ve Durmuşoğlu, 2020). Hülasa sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde kimyasal mücadelenin mümkün olduğunca en son tercih olarak ve en zararsız materyallerle uygulanması önem taşımaktadır.

Entegre Mücadele önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi tüm zirai mücadele yöntemlerinden faydalanılarak uyum içinde uygulandığı bir mücadeledir. Bir mücadele yöntemi olmasının ötesinde esasında bir mücadele anlayışı olan Entegre Mücadele; Kültürel Mücadele, Fiziksel ve Mekanik Mücadele, Biyoteknik, Biyolojik ve Biyoteknolojik Mücadele gibi sürdürülebilirlik açısından önem taşıyan mücadele yöntemlerinin öncelendiği, Kimyasal Mücadelenin son çare olarak kullanıldığı bir yaklaşımdır (Durmuşoğlu, 2011). Temel amacı tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması olan Entegre Mücadele; pestisit kalıntılarının azaltılması, çevrenin, doğal dengenin ve biyoçeşitliliğin korunması, bitki koruma maliyetlerinin azaltılmasını hedeflemektedir (Karsavuran, 2001). Tüm bu amaç ve hedefleri ile Entegre Mücadele sürdürülebilir tarım ve özelden sürdürülebilir Bitki Koruma uygulamaları için önemli katkılar sunmaktadır.

3. Sonuç

Tarım, artan nüfus ile birlikte artan gıda ihtiyacı nedeniyle giderek artmakta olan kritik bir öneme sahiptir. Aynı zamanda, tabii kaynakların tahrip olması ve giderek kıtlaşması, çeşitli sebepler nedeniyle meydana gelen küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi kısıtlayıcı faktörlerin baskısı da tarımın önemini daha da artırmakta stratejik bir konuma taşımaktadır. Tarımın ve dolayısıyla yeterli ve dengeli gıda arzının sürdürülebilirliği söz konusu etkenler nedeniyle giderek zorlaşmaktadır. Tarımın temel konusu olan bitkisel üretim de bu baskılayıcı durumun altında olup bu noktada en önemli dikkat edilmesi gereken konu başlıkları arasında Bitki Koruma uygulamaları ilk sıralarda yer almaktadır. Nitekim sürdürülebilir tarım uygulamaları söz konusu olduğunda akla gelen konular arasında Bitki Koruma uygulamaları öncelikli olarak dikkat çekilen ve gerekli tedbirlerin alınması konusunda önemsenen uygulamalardır. Yetiştiriciliği yapılan kültür bitkilerinin ürün ve kalite kayıplarına neden olan biyotik ve abiyotik etkenlerin olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla yapılan Bitki Koruma uygulamaları kapsamında çeşitli mücadele yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Bu mücadele yöntemlerinin her birinde

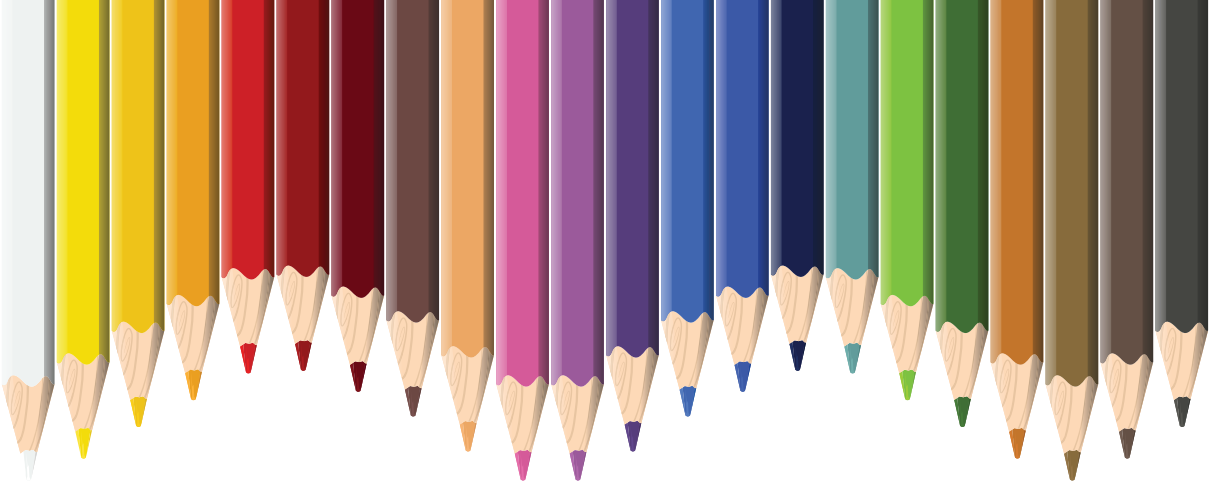
başta Kimyasal Mücadele olmak üzere farklı seviyelerde olsa da sürdürülebilirlik açısından göz önünde bulundurulması gereken riskli yönler bulunmakla birlikte avantaj sağlayan yönler beraber bulunmaktadır. Uygulamada söz konusu risklerin göz önünde bulundurulması, her bir mücadele yönteminden ekonomiklik ve sürdürülebilirlik açısından gerektiği kadar faydalanılması gerekmektedir. Entegre Mücadele kavramı bu noktada tarımda sürdürülebilirlik için önemli katkılar sunmaktadır. Her bir uygulamanın ekonomiklik ve sürdürülebilirlik açısından ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi ve buna istinaden uyumlu bir şekilde uygulanması kritiktir. Mümkün olduğunca öncelikle başta Kültürel Mücadele olmak üzere diğer tedbirler ile Bitki Koruma faaliyetlerine olan gereksinimin azaltılması, gerektiğinde de öncelikle çevre ve insan sağlığına en az seviyede risk oluşturan mücadele yöntemi ve uygulamalarının tercih edilmesi önem taşımaktadır. Bu noktada üreticilerin, resmi kurum ve kuruluşların ve diğer paydaşların hassasiyet ve dayanışma içinde hareket etmesi önemli bir sorumluluk olarak vurgulanmalıdır.

Kaynaklar

- Aktaş, H., Bostancıoğlu, H., Tunalı, B., & Bayram, E. (1996). Sakarya yöresinde buğday kök ve kökboğazı çürüklüğüne neden olan hastalık etmenlerinin belirlenmesi ve bu etmenlerin buğday yetiştirme teknikleri ile ilişkileri üzerinde araştırmalar. Bitki Koruma Bülteni, 36(3-4), 151-167.
- Atay, M., Kara, M., Uysal, A., Soylu, S., Kurt, Ş., Soylu, E.M. (2020). In vitro antifungal activities of endophytic bacterial isolates against postharvest heart rot disease agent *Alternaria alternata* in pomegranate fruits. Acta Horticulturae 1289, 309-314.
- Atay, M., Avan, M., Karaat, Ş. (2022). Ticari tohumluk patates yumrularında görülen bazı fungal etmenlerin yaygınlıklarının belirlenmesi. Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 4(2), 93-103.
- Atay, M. (2023). The importance of crop rotation in control of plant diseases. IV. International Hasankeyf Scientific Research and Innovation Congress, 29-30 Nisan, Batman, Türkiye.
- Bain, C., Selfa, T., Dandachi, T., & Velardi, S. (2017). ‘Superweeds’ or ‘survivors’? Framing the problem of glyphosate resistant weeds and genetically engineered crops. Journal of rural studies, 51, 211-221.
- Balcı, H., & Durmuşoğlu, E. (2020). Bitki koruma ürünü olarak biyopestisitler: tanımları, sınıflandırılmaları, mevzuat ve pazarları üzerine bir değerlendirme. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 11(2), 261-274.
- Başaran, F. (2020). Organik Tarımda Yabancı Otlarla Mücadelede Önleyici ve Kültürel Yöntemler.
- Baykal, N., Kovancı, B. (1995). Bitki Koruma. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Önlisans Programı, Yayın No: 902.
- Birişik, N. (2013). Teoriden Pratiğe Biyoteknik Mücadele ve Gelecek Stratejisi. Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 1. Baskı, Ankara.
- Birişik, N. (2018). Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele ve Gelecek Stratejisi. Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 1. Baskı, Ankara.
- Castells, E., & Berenbaum, M. R. (2006). Laboratory rearing of *Agonopterix alstroemeriana*, the defoliating poison hemlock (*Conium maculatum* L.) moth, and effects of piperidine alkaloids on preference and performance. Environmental entomology, 35(3), 607-615.
- DeBach P., Hagen K. S. (1964). P. DeBach (Ed.). Manipulation of entomophagous species. Biological control of insect pests and weeds. Reinhold. ss. 429-458.
- Durmuşoğlu, E., 2011. Entomoloji, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2355.
- Ergül, F., & Polat, H. (2009). Sürdürülebilir Tarım Açısından Sıfır Toprak İşleme. Ziraat Mühendisliği, (353), 60-64.

- Eryılmaz, G. A., Kılıç, O., Boz, İ. (2019). Türkiye’de organik tarım ve iyi tarım uygulamalarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 352-361.
- Gatehouse, J. A. (2008). Biotechnological prospects for engineering insect-resistant plants. *Plant Physiology*, 146(3), 881-887.
- Gümrükcü, E. (2004). Toprak dezenfeksiyonunda metil bromid alternatiflerinin önemi. *Derim*, 21(1), 10-20.
- Kadioğlu, İ. (2012). Türkiye Tarımında Bitki Koruma ve Bazı Güncel Yaklaşımların Değerlendirilmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (359), 18-25.
- Karaat, Ş., İslamoğlu, M., Çağlar, Ö., Atay, M. (2021). Adıyaman ili badem bahçelerinde saptanan zararlı türler. *Adıyaman Dergisi*, 9(1), 47-60.
- Karsavuran, Y., (2001). Entegre Mücadele ve Temel İlkeleri.
- Kaymak, S. (2015). Pestisit sektöründe araştırma ve geliştirme. *Meyve Bilimi*, 2(1), 27-34.
- Khan, S. J. (2012). Genetically modified organisms (GMOs): Food security or threat to food safety. *Pakistan Journal of Science*, 64(2).
- Koçak, E., Ertürk, Ş., & Yaman, M. O. (2018). Kültür Bitkilerinde Zararlı Olan Böceklerle Biyoteknolojik Mücadelede Son Yöntemler. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10-18.
- Mali, P. C., Uday, B., & Satish, L. (2000). Effect of planting dates and development of yellow mosaic virus on biochemical constituents of moth bean genotypes. *Indian Phytopathology*, 53(4), 379-383.
- Mutlu, N. (2020). Tarımsal üretim için entegre kaynak verimliliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 293-298.
- Oerke E.C., Dehwe H.W., Schonbeck F., Webber A. (1994). *Crop production and crop protection*. Elsevier, Amsterdam, 808s.
- Onions, C.T. (1964). *The Shorter Oxford English Dictionary*, Oxford: Clarendon press.
- Pakdemirli, B., Birişik, N., Aslan, İ., Sönmez, B., & Gezici, M. (2021). Türk Tarımında Dijital Teknolojilerin Kullanımı ve Tarım-Gıda Zincirinde Tarım 4.0. *Toprak Su Dergisi*, 10(1), 78-87.
- Pardo, C. A. (2003). Genetically modified organisms and biodiversity: assessing the threats. *Biotechnologia Aplicada*, 20(1), 1-8.
- Peng, S. J. (1983). Biological control--one of the fine traditions of the ancient Chinese agricultural techniques [Plant protection in China]. *Chung-kuo nung yeh k'o hsueh= Scientia agricultura sinica*.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., & Sönmez, S. (2008). Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Derim*, 25(2), 24-34.
- Şahinöz, A. (1990). Yeşil devrim ve açlık sorunu. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 233-239.

- TAGEM (2023). Zirai Mücadele Teknik Talimatları. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Menu/28/Yayinlar_veriler (Erişim Tarihi: 27.07.2023).
- Tonui, W. K., Ahuja, V., Beech, C. J., Connolly, J. B., Dass, B., Glandorf, D. C. M., ... & Romeis, J. (2022). Points to consider in seeking biosafety approval for research, testing, and environmental release of experimental genetically modified biocontrol products during research and development. *Transgenic Research*, 31(6), 607-623.
- Viebahn, M., Smit, E., Glandorf, D. C., Wernars, K., & Bakker, P. A. (2009). Effect of genetically modified bacteria on ecosystems and their potential benefits for bioremediation and biocontrol of plant diseases—a review. *Climate Change, Intercropping, Pest Control and Beneficial Microorganisms: Climate change, intercropping, pest control and beneficial microorganisms*, 45-69.
- Yaşar, B., Çeşme, İ., Baydar, M., Aysal, İ., & Yazır, A. (2013). Farklı mavi renkli huni tuzaklarının kiraz ağaçları çiçeklerinde beslenen bakla zınnı [*Epicometis hirta* (Poda)(Coleoptera: Scarabaeidae)]'nın yakalanması üzerine etkisi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 3(2), 99-106.



Bölüm 9

LİGNİN; SINIFLANRILMASI VE MOLEKÜL AĞIRLIĞI

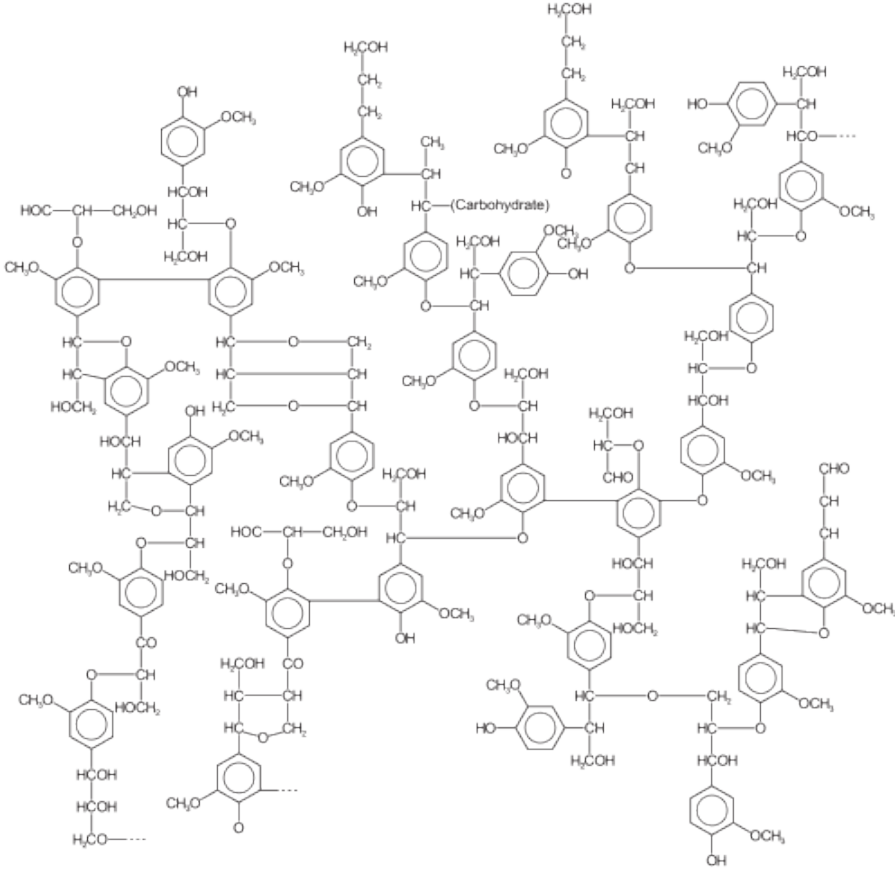
*Sezgin Koray GÜLSOY¹
Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ²*

1 Doç.Dr. Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100 Bartın, TÜRKİYE, sgulsoy@bartin.edu.tr

2 Prof.Dr. Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100 Bartın, TÜRKİYE, sgulsoy@bartin.edu.tr

1. GİRİŞ

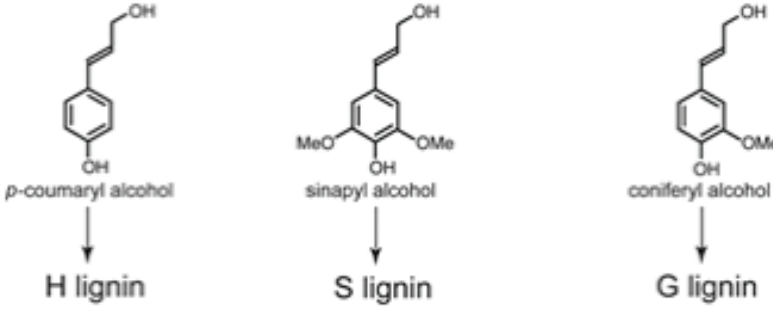
Lignin, ilk kez 1819 yılında İsveçli botanikçi A.P.Candolle tarafından kullanılan ve latince “lignum” yani “odun” anlamına gelen dünyada selülozdan sonra ikinci önemli doğal polimerdir. Üç boyutlu amorf yapıda olup, diğer doğal polimerlere (selüloz, hemiselülozlar vb.) göre karmaşık moleküler bir yapıya sahiptir (Şekil 1) (Adler, 1977).



Şekil 1. İ.Y.A ait ligninin kimyasal yapısı (Adler, 1977).

Lignin yapısı ve sahip olduğu bağlar bitki türü, bitkinin yaşı, yetiştirme ortamı ve elde etme yöntemine göre farklılıklar gösterir. İğne yapraklı ağaçlarda (İYA) tam kuru ağırlığa oranla % 26-32, yapraklı ağaçlarda (YA) % 20-26 ve yıllık bitkilerde oldukça düşük oranlarda bulunmaktadır. Lignin biyosentezi sırasında kambiyumda enzim katalizörlüğü ile D-Glukoz'dan fenil propan üniteleri oluşur. Glikozidik bağla bu üniteler Glukoza bağlanarak farklı zonlara iletilir. Lignin, monolignol adı verilen üç (3) fenol türevinden oluşmuştur; p-coumaryl alkol, coniferyl alkol ve sinapyl alkol (Şekil 2.).

İYA'larda guaiacyl, YA'larda guaiacyl ve syringyl, otsularda ise her üçü de bulunmaktadır. Lignin sınıflandırmasında farklı yaklaşımlar olsa da genel olarak kimyasal yapılarına (monolignol) göre bir düzenleme yapılmaktadır. En yaygın yaklaşım polimer içerisindeki temel fenolik birimlerin oranıdır (tip-G, tip -G-S, tip -H-G-S ve tip -H-G) (Calvo-Flores ve Dobado, 2010).



Şekil 2. Lignin monomerleri (Vanholme vd. 2010)

2. LİGNİNİN SINIFLANDIRILMASI

Atık olarak değerlendirilen lignin artık günümüzde akıllı bir materyal olarak karşımıza çıkmaktadır. Ligninin sınıflandırması biokütleyle uygulanan ayrıştırma yöntemine göre değişmektedir. Ayrıştırma, diğer bir ifadeyle degradasyon işlemi, lignin ve karbonhidratlar arasındaki bağların kopması ile gerçekleşir. Bu işlem doğal ligninin kimyasal bileşim özellikleri, yan zincirlerin ve fonksiyonel grupların yapısını etkilemektedir. Degradasyon süreçleri, kullanılan yöntem ve koşullara bağlıdır. Ligninde en çok bulunan ve en zayıf bağlar β -O-4 bağlarıdır. Bunlar, degradasyon süreçlerindeki hedef bağlardır. Diğer bağlar, β -5, β -1, β - β' , 5-5', ve 4-O-5 ise daha karmaşık ve degradasyonu daha zor olan bağlardır. Ligninin yapısı biokütleyle göre farklılık gösterdiği için uygulanacak ayrıştırma işlemlerinde bazı modifikasyonlar ve optimizasyonlara ihtiyaç duyulur (Lu vd.2017).

Ayrıştırma yöntemlerine göre lignin 4 farklı grupta sınıflandırılır (Torres vd. 2020; Xu ve Ferdosian, 2017);

- A) Sülfür içerenler:
- Kraft lignini (KL),
 - Lignosulfanotlar (LS),
- B) Sülfür içermeyenler:
- Soda lignini (SL),

- Organosolv lignin (OL),
- Buhar-patlama lignini (BL),

C) Diğer tip Lignin;

- Öğütülmüş odun lignini (MWL),
- Hidroliz lignini (HL),
- Piroliz lignini (PL),

D) Yeni Nesil (Çevreci)

- İyonik sıvı lignini (IL),
- Derin Ötektik lignin (DÖÇL),

2.1. Kraft lignini (KL): İlk kez 1879 yılında Carl F. Dahl tarafında patentlenen ve Almanca “güçlü” anlamına gelen sağlam dayanıklı Kraft kâğıt hamuru üretiminden elde edilen lignindir. 155–175 °C sıcak su, sodyum hidroksit (NaOH) ve sodyum sülfür (Na₂S) karışımında (beyaz likör) odun yongalarından, lignini uzaklaştırarak selüloz elde etmeyi hedefleyen bir yöntemdir.

İşlem sırasında açığa çıkan Kraft siyah likörden lignin eldesin asitle çöktürme ve elektrokimyasal yöntemler en yaygın olarak kullanılanlardır. Asitle çöktürmede siyah liköre ait pH değeri 13’den 5-7,5 indirilirken elde edilen KL % 1,5-3 (w/w) içermektedir. Daha az kimyasal gerektiren elektrokimyasal yöntemde ise iyon-değişim membranları kullanılmaktadır.

2.2. Lignosulfonatlar (LS): Sülfite kağıt hamuru üretiminden elde edilen bir lignini türüdür. Ca ya da Mg sülfite ile odun örneklerinin 125-170 °C ‘de 3-7 saat süre ile reaksiyonu sonucu lignindeki α ve β-eter bağlarının kırılması sağlanır. Prosesten yüksek saflıkta LS eldesi çözeltideki şekerlerin fermentasyon ile etanole dönüştürülmesi ve metal iyonların filtrasyonu ile gerçekleştirilir. LS % 5 oranında sülfür içermektedir ve yapıştırıcı, yüzey aktif madde ve bağlayıcı ajanı olarak kullanılmaktadır.

2.3. Soda lignini (SL) : 1845 yılında patenti alınan ilk kimyasal kağıt hamuru üretim yöntemi olan Soda yönteminde sülfür içerikli kimyasallar kullanılmamaktadır. 160-170 °C basınçlı bir reaktörde % 10-15 oranında NaOH gibi alkali ilavesiyle gerçekleştirilen bu yöntemde KL oranla daha düşük bir lignin eldesi sağlanır. Genellikle yıllık bitkiler (buğday sapı, kenaf vb.) ve kırsıtlı oranda yapraklı ağaç odunları kullanılır. Yıllık bitki kullanımı durumunda içerdiği yüksek karboksilik asit nedeni ile SL eldesi zordur. Yıllık bitkilerden elde edilen SL molekül ağırlıkları 840 g/mol ile 6820 g/mol arasında değişmektedir.

2.4. Organosolv lignini (OL) : Bu yöntem lignoselülozik materyalin farklı çözücüler, asit ya da alkali çözeltiler ile muamelesi sonucunda gerçekleşir. Yöntemin en büyük avantajı destilasyon ve çöktürme ile çözücü ile ligninin geri kazanılmasıdır.

2.5. Buhar-patlama lignini (BL): Biyokütle kısa süre ile (1-20 dak.) 180-230 °C'de yüksek basınç altında (1,1-3,2 MPa) buhar ile muamele edilir. Böylece lignoselülozik yapı bozunur ve kimyasal reaktiflik ve enzim bulaşımı artar. Buhar muamelesinden sonra alkali ile yıkayarak lignin ayrılır. KL lignini ile karşılaştırıldığında BL lignini daha düşük molekül ağırlığına sahiptir ve organik çözücülerde daha iyi çözülür.

2.6. Öğütülmüş odun lignini (MWL): Farklı çözücülerle bir dizi ekstraksiyon ve konsantrasyon adımları sonucunda elde edilir. Endüstriyel bir uygulaması olmasa da lignin eldesin de doğal yapıyı muhafaza eden bir yöntemdir.

2.7. Hidroliz lignini (HL): Şeker/bioetanol üretiminin bir yan ürünüdür. Asidik ve enzimatik hidroliz sonucunda yaklaşık % 60 (w/w) oranında katı lignin elde edilir.

2.8. Piroliz lignini (PL): Yüksek sıcaklıkta biyokütle (450 °C) bir reaktör içerisinde bozularak sıvı bio-yağ dönüşür. Bio-yağın suda çözünmeyen kısmı genellikle pirolitik lignin olarak adlandırılır. PL lignininin molekül ağırlığı diğer ligninlerden daha düşüktür (1560 g/mol). Bu durum yüksek sıcaklık sırasında lignini yapısının bozunmasından kaynaklanmaktadır.

2.9. İyonik sıvı lignini (IL): Yeşil çözücüler olarak değerlendirilen iyonik sıvılar sınırsız katyonik ve anyonik karışımlardan oluşan ve 100 °C'de veya altındaki sıvı organik tuzlardır. Polar, apolar, inorganik ve polimerik bileşiklerle çözüme yeteneğine sahiptirler. İlk kullanımı saf selüloz eldesi için olmasına rağmen son yıllarda lignin geri kazanımında da ilgi çekmeye başlamıştır.

2.10. Derin Ötektik lignin (DÖÇL): Derin ötektik çözücüler, hidrojen alıcı ve hidrojen verici özelliğe sahip kimyasalların oluşturduğu karışımlardır. Karışımın erime noktası, kendisini oluşturan bileşiklerden daha düşük olup 100 °C'nin altındadır. İyonik sıvılardan farkı daha ucuz, çevreci, kararlı olmalarıdır. Geri kazanımları ve tekrar kullanımları için gerekli olan enerji ihtiyacı ve maliyetler DÖÇ'lerin endüstride henüz kullanılmamalarının nedenidir.

3. LİGNİNİN MOLEKÜL AĞIRLIĞI

Ligninin molekül ağırlığı ve molekül ağırlık dağılımı fizikokimyasal özelliklerini ve reaktivitesini etkileyen en önemli faktörlerdir (Baumberger vd. 2007). Bu nedenle, 1960'lı yıllardan beri lignin ile ilgili makalelerinde çoğunda ligninin molekül ağırlıkları ve molekül ağırlığı dağılımları rapor edilmektedir (Chen ve Li, 2000; Jardim vd. 2020). Moacanin vd. (1955) lig-

nosülfonatın molekül ağırlığını ışık saçılımı yöntemi ile belirlemiştir. Marton ve Marton (1964), kraft ligninin moleküler ağırlık dağılımını belirlemeyi başarmışlardır. Forss ve Fremer (1964) ise kraft lignini ve lignosülfonatın moleküler ağırlık dağılımını jel geçirgenlik kromatografisi (GPC) ile belirlemiştir. Hem moleküler ağırlık hem de moleküler ağırlık dağılımı etkili bir şekilde belirlenebildiğinden, çok sayıda araştırmacı bu yöntemi lignin kimyası çalışmalarında kullanmıştır (Chen ve Li, 2000).

Ligninin nispeten yüksek molekül ağırlığı ve amorf yapıda olması biyopolimerin ortam sıcaklığında çoğu yaygın çözücüde sınırlı oranda çözünmesine neden olur (Waang vd. 2019a). Lignin ile ilgili bir başka zorluk ise, ligninin zincir uzunluğunun üniform olmaması ve heterojenliği nedeniyle spesifik bir molekül ağırlığının karakterize edilememesi ve ortalama molekül ağırlığına göre karakterize edilmesinin gerekliliğidir. Molekül ağırlığı, ağırlıkça ortalama moleküler ağırlık (M_w) ve sayıca ortalama moleküler ağırlık (M_n) olarak ifade edilir. Çoklu dağılım indeksi (polydispersity index) ise (PDI: M_w/M_n), polimerlerin moleküler ağırlık dağılımını temsil etmektedir. Ligninin M_n , M_w ve PDI değerleri, biyokütle türüne, ön arıtma koşullarına ve izolasyon yöntemine bağlı olarak değişmektedir (Tolbert vd. 2014).

Ligninin moleküler ağırlığını tespit etmek için buhar basıncı osmometri (Vapor Pressure Osmometry, VPO), ultrafiltrasyon, ışık saçılımı (statik ve dinamik), kütle spektrometresi, ve GPC gibi yöntemler kullanılmaktadır (Tolbert vd. 2014). Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılanı, geniş aralıktaki molekül ağırlıkları tespit etmesi, sentetik ve doğal polimerlerin toleransı, az miktardaki örnekte analiz yapılabilmesi (miligram boyutu) ve nispeten kısa işlem süresi gibi avantajları ile boyut dışlama kromatografisi (Size Exclusion Chromatography, SEC) olarak da bilinen GPC'dir (Wang vd. 2019a). Lignin örnekleri, tetrahidrofuran (THF) çözültisi içerisindeki çözünürlüklerinin artırılması amacıyla deney öncesinde metillendirme, asetillendirme veya silyllendirme işlemine tâbi tutulurlar (Tolbert vd. 2014). Teknik ligninler için yaygın olarak kullanılan yöntem, asetillenmiş lignin numunesinin THF ile çözüldürülerek molekül ağırlığının GPC'de belirlenmesidir. Bu yöntemin analiz maliyetinin yüksek olması ve numunelerin ön işlemlerinin zahmetli olması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca, THF nispeten pahalı bir çözücüdür (Chen ve Li, 2000). Son otuz yılda, GPC yöntemi ligninin molekül ağırlığının belirlenmesinde baskın hale gelmiştir (Wang vd. 2019b).

Molekül ağırlığı belirlenecek lignin örneğinin mümkün olduğunca saf olması gerekir. Lignin örneğinde bulunan elementel kükürt ve inorganik çökeltiler gibi safsızlıklar, analizden önce uzaklaştırılmalıdır. Ham kraft ligninleri ayrıca lignin-karbonhidrat komplekslerini (LCC) de içermektedir. Bunlar analiz edilecek numunede bırakılırsa, hesaplanan tüm molekül ağırlık değerleri tahmin edilemeyecek şekilde etkilenecektir. Bu nedenle analizden önce bunların da ortadan kaldırılması yaygın bir uygulamadır (Gellerstedt, 2015).

Kraft kağıt hamuru üretim yöntemi lignini parçalayarak molekül ağırlığının azalmasına neden olur. Kraft kağıt hamuru üretimi sırasında pişirme çözeltisi olarak, sodyum hidroksit ve sodyum sülfürden oluşan sulu bir çözelti kullanılır. Bu çözelti lignindeki bağların kopmasını kolaylaştırır ve ligninin depolimerizasyonu ile sonuçlanır. Kraft ligninin moleküler ağırlıkları, 200-200.000 g/mol aralığında rapor edilmiş olup, bu değer biyokütle türüne, analiz yöntemine ve izolasyon prosedürüne bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. (Tolbert vd. 2014). Çeşitli biyokütle kaynaklarından kraft yöntemi ile elde edilen lignin örneklerinin Mw, Mn ve PDI değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kraft lignininin molekül ağırlık değerleri.

Biyokütle	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	PDI:Mw/Mn	Kaynak
YA	3.300	1.000	3,3	Asikkala vd. 2012
YA	2.400	1.263	1,9	Kadla and Kubo, 2004
<i>Eucalyptus</i>	4.200	1.273	3,3	Dehne vd. 2016
YA (asetillenmiş)	3.290	1.793	1,83	Thielemans and Wool, 2005
<i>Eucalyptus grandis</i>	1.980	900	1,33	Tagami vd. 2019
<i>Eucalyptus</i>	2.653	1.059	2,51	Gordobil vd. 2016
<i>Eucalyptus exserta</i>	55.500	31.700	1,75	Wang vd. 2019b
<i>Eucalyptus globulus</i>	2.300	530	4,3	Brodin, 2009
<i>Fagus sylvatica</i>	1.711	1.044	1,64	Ház vd. 2019
Huş	19.650	7.523	2,69	Chen and Li, 2000
Huş (asetillenmemiş)	2.310	1.070	2,17	Jacobs ve Dahlman, 2000
İYA (LignoBoost)	623	403	1,55	Ház vd. 2019
Çam+Ladin	7.700	1.638	4,7	Dehne vd. 2016
<i>Picea abies</i>	6.650	1.490	1,93	Tagami vd. 2019
İYA	1.099	545	2,01	El Mansouri and Salvadó, 2006
İYA	7.195	1.540	4,67	Gordobil vd. 2016
İYA	6.500	1.600	4,1	Asikkala vd. 2012
İYA	6.000	1.400	6,2	Crestini vd. 2017
Çam (asetillenmiş)	4.391	2.390	1,84	Thielemans and Wool, 2005
Çam+Ladin	4.500	1.000	4,5	Brodin, 2009
İYA (Indulin AT, asetillenmemiş)	2.990	1.200	2,49	Jacobs ve Dahlman, 2000
İYA (asetillenmiş)	3.770	2.320	1,63	Jacobs ve Dahlman, 2000
İYA (asetillenmemiş)	2.570	1.710	1,50	Jacobs ve Dahlman, 2000

Soda kağıt hamuru üretim yöntemi genellikle yıllık bitkiler için uygun bir yöntem olup, biyokütle 160-170 °C’de NaOH ile muamele edilir. Bu yöntemde az miktarlarda fenolik hidroksiller oluşur ve aril-eter bağlarının kop-

ması ile alifatik hidroksil miktarı azalır (Gellerstedt ve Lindfors, 1984). Soda lignini, doğal ligninin yapısına daha çok benzeyen kükürt içermeyen lignin olarak kabul edilmektedir. İki tip lignin arasında yapılan bir karşılaştırmada kraft lignini, soda lignininden daha yüksek miktarda fenolik hidroksil grubu, daha yüksek molekül ağırlığı, daha yüksek cam geçiş sıcaklığı (T_g) ve daha yüksek kükürt içeriğine sahiptir (Lora ve Glasser, 2002). Soda lignini oldukça geniş bir molekül ağırlığı dağılımına sahip karmaşık ve heterojen bir karışımdır (Mousavioun ve Doherty, 2010). Çeşitli biyokütle kaynaklarından soda yöntemi ile elde edilen lignin örneklerinin Mw, Mn ve PDI değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Soda lignininin molekül ağırlık değerleri.

Biyokütle	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	PDI:Mw/Mn	Kaynak
Yıllık bitki (soda-AQ, sülfürik asit ile çökeltme)	1.953	1.253	1,54	Ház vd. 2019
Yıllık bitki (soda-AQ, asetik asit ile çökeltme)	621	404	1,54	Ház vd. 2019
Çavdar sapı	8.000	1.667	4,80	Wörmeyer vd. 2011
Uzun lifli bitkiler (soda-AQ)	1.301	647	2,01	El Mansouri and Salvadó, 2006
<i>Triticum</i>	4.700	1.237	3,80	Dehne vd. 2016
Okaliptus	11.660	5.470	2,13	Chen and Li, 2000
Bagas	2.410	2.160	1,12	Mousavioun ve Doherty, 2010
Buğday sapı	4.170	1.970	2,12	Domínguez-Robles vd. 2018
<i>Eucalyptus</i> (170°C’de 1 saat)	5.923	3.878	1,53	Xue vd. 2019
<i>Eucalyptus</i> (170°C’de 3 saat)	8.351	3.973	2,03	Xue vd. 2019
<i>Eucalyptus</i> (170°C’de 5 saat)	4.183	3.100	1,35	Xue vd. 2019

Lignosülfonatlar, sülfite kağıt hamuru üretimi esnasında yan ürün olarak üretilirler. Bu yöntemde, lignin parçalanıp, sülfonlanarak suda çözünür hale gelir (Fredheim vd. 2002). YA’daki delignifikasyon oranı, İYA karşılaştırıldığında daha yüksektir ve bu durum, YA’ın daha düşük lignin içeriğine ve ayrıca YA’larda bulunan siringilpropan (S) birimlerinin varlığına atfedilir (Tsutsumi vd. 1995). Ticari lignosülfonatların geniş moleküler ağırlık dağılımlarına sahip olduğu bilinmektedir. İYA’lardan elde edilen lignosülfonat fraksiyonlarının molekül ağırlığı 5.000 ile 400.000 g/mol arasında değişmektedir (Fredheim vd. 2002). YA lignosülfonatlarının ağırlıkça ortalama molekül ağırlığının, İYA lignosülfonatlarına göre daha düşük olduğu belirtilmiştir (Braaten et al.

2003). Çeşitli biyokütle kaynaklarından sülfite yöntemi ile elde edilen lignin örneklerinin Mw, Mn ve PDI değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Sülfite lignininin (lignosülfonat) molekül ağırlık değerleri.

Biyokütle	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	PDI:Mw/Mn	Kaynak
Mısır sapı	564	494	1,14	Liang vd. 2023
<i>Populus</i> sp (Ca)	12.000	2.200	5,30	Braaten vd. 2003
<i>Eucalyptus globulus</i> (Na)	6.300	2.200	3,00	Braaten vd. 2003
<i>Eucalyptus grandis</i> (Na)	5.700	1.900	3,00	Braaten vd. 2003
<i>Pinus massoniana</i> (Na)	7.082	3.441	2,05	Chen and Li, 2000
<i>Pinus massoniana</i> (Ca)	29.038	8.691	3,36	Chen and Li, 2000
<i>Pinus sylvestris</i> (öz odun)	4.100	2.100	1,95	Deshpande vd. 2022
<i>Picea abies</i> (Na)	61.000	5.000	12,30	Braaten vd. 2003
%80 <i>Picea abies</i> + %20 huş (Na)	36.000	4.300	8,80	Braaten vd. 2003
Ladin (Na)	64.000	7.200	8,80	Fredheim vd. 2002
Kavak (Na)	9.010	2.082	4,33	Yang vd. 2015

Organosolv kağıt hamuru üretiminde biyokütle 200 °C veya daha düşük sıcaklıklarda organik çözücüler (etanol, metanol, aseton, etilen glikol vbg.) veya organik asitler (asetik asit, formik asit vbg.) ile muamele edilir. Organosolv yöntemi Kraft ve sülfite yöntemine alternatif bir yöntem olup, daha çevreci olarak kabul edilen bir yöntemdir. Organosolv ligninler genellikle nispeten dar moleküler ağırlık dağılımlarına sahip, yüksek saflıkta, düşük moleküler ağırlıklı ligninlerdir (Lora ve Glasser, 2002). YA organosolv lignininin Mw değerleri 2.000 g/mol, İYA’ların ise 3.000 g/mol civarındadır (Gordobil vd. 2016). Çeşitli biyokütle kaynaklarından organosolv yöntemi ile elde edilen lignin örneklerinin Mw, Mn ve PDI değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Organosolv lignininin molekül ağırlık değerleri.

Biyokütle	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	PDI:Mw/Mn	Kaynak
<i>Miscanthus sinensis</i>	2.801	1.123	2,50	El Mansouri and Salvadó, 2006
<i>Miscanthus</i>	7.060	4.690	1,51	El Hage vd. 2009
<i>Miscanthus</i>	5.715	1.932	2,96	Obama vd. 2012
Çavdar sapı	8.680	1.702	5,10	Wörmeyer vd. 2011
Dallı darı (switchgrass)	4.200	980	4,3	Hu vd. 2012
<i>Populus</i>	2.107	795	2,65	El Mansouri and Salvadó, 2006
<i>Eucalyptus</i>	5.079	1.567	3,24	Gordobil vd. 2016
<i>Betula alnoides</i> (mikrodalga)	7.290	3.830	1,90	Zhou vd. 2012
<i>Betula alnoides</i> (yağ banyosu)	11.450	5.000	2,29	Zhou vd. 2012
YA (asetillenmemiş)	2.150	1.020	2,11	Jacobs ve Dahlman, 2000
<i>Pinus taeda</i>	13.500	7.590	1,77	Sannigrahi vd. 2010
<i>Picea</i>	5.600	1.436	3,90	Dehne vd. 2016
<i>Picea</i>	3.081	1.065	2,89	Gordobil vd. 2016

Biyokütlenin iyonik sıvılarla (düşük erime noktalı tuzlarla) muamelesi, biyokütleyi çözümlenerek ayrıştırabilen ve nispeten yeni bir muamele yöntemidir (Brandt-Talbot vd. 2017). Biyokütle 1:10 katı:sıvı oranında 100-150 °C’de iyonik sıvılarla muamele edilmesi sonrasında oluşan siyah çözümliden elde edilen lignin iyonik sıvı ligninidir. Muamelede kullanılan iyonik sıvıların fiyatının yüksek olması ve etkili bir lignin geri kazanımı sağlamaması nedeniyle biyokütlenin iyonik sıvı ile muamelesi endüstriyel ölçekte uygulanabilir bir yöntem değildir. Diğer taraftan, yöntem zehirli ve patlayıcı gaz üretmediği için “yeşil yöntem” olarak değerlendirilmektedir (John vd. 2022). Çeşitli biyokütle kaynaklarından iyonik sıvı kullanılarak elde edilen lignin örneklerinin Mw, Mn ve PDI değerleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. İyonik sıvı lignininin molekül ağırlık değerleri.

Biyokütle	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	PDI:Mw/Mn	Kaynak
Bagas	3.690	2.220	1,66	Tan vd. 2009
Mısır koçanı	4.310	1.060	4,07	Sun vd. 2013
<i>Miscanthus giganteus</i>	6.210	1.230	5,00	Brandt-Talbot vd. 2017
<i>Populus albaglandulosa</i>	6.347	3.908	1,62	Kim vd. 2011
<i>Eucalyptus globulus</i>	16.113	6.993	2,30	Ovejero-Pérez vd. 2020
<i>Malus domestica</i>	42.505	5.918	7,18	Prado vd. 2013

Derin ötektik çözücüler (DÖÇ) 21. yüzyılın başında iki veya daha fazla bileşenin birleştirilmesiyle keşfedilen, düşük maliyetli, toksik olmayan, hazırlanması kolay, çevre dostu ve biyolojik olarak parçalanabilir çözücülerdir (Zhang vd. 2012). DÖÇ'ler bu avantajları nedeniyle biyokütlenin ön muamelesi veya ekstraksiyonu için potansiyel çözücüler haline gelmiştir (Sumer ve Van Lehn, 2022). Biyokütle ılımlı koşullarda kolin klorür/laktik asit gibi DÖÇ'ler ile muamele edilmesi sonrasında oluşan siyah çözeltiden elde edilen lignin DÖÇ ligninidir. Yüksek saflıkta ve yüksek verimle lignin elde edilebilen bir yöntemdir. DÖÇ'ler iyonik sıvılara göre daha ucuz olup, çevre dostu çözücüler olduğu için biyokütlenin DÖÇ ile muamelesi de "yeşil yöntem" olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, biyokütlenin DÖÇ ile muamele sonrasında lignin elde edilme aşaması karmaşık yöntemler gerektirmemektedir (John vd. 2022). Çeşitli biyokütle kaynaklarından DÖÇ'ler kullanılarak elde edilen lignin örneklerinin Mw, Mn ve PDI değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Derin ötektik çözücü lignininin molekül ağırlık değerleri.

Biyokütle	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	PDI:Mw/Mn	Kaynak
<i>Acacia dealbata</i> (Kolin klorür/ levulinik asit, 1:2)	9.600	-	-	Magalhães vd. 2022
<i>Acacia dealbata</i> (Kolin klorür/ levulinik asit, 1:2)	9.440	-	-	Magalhães vd. 2022
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1.340	-	-	Alvarez-Vasco vd. 2016
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (Kolin klorür/ laktik asit, 1:5)	1.980	1.420	1,40	Shen vd. 2019
Buğday sapı	2.742	2.281	1,20	Tan vd. 2023

Biyokütleden buhar patlama yöntemi ile lignin elde edilmesinde odun yongaları 180–235 °C'de ve yüksek basınç (1,1–3,2 MPa) altında buharlandıktan sonra basınç tahliye edilir. Zaman, sıcaklık ve yonga boyutu bu yöntem için en önemli çalışma koşullarıdır. Hiçbir harici katalizör gerekmediğinden lignoselülozik biyokütlenin ön muamelesi için uygun maliyetli bir yöntemdir (John vd. 2022). Çeşitli biyokütle kaynaklarından buhar patlama yöntemi ile elde edilen lignin örneklerinin Mw, Mn ve PDI değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. *Buhar patlama lignininin molekül ağırlık değerleri.*

Biyokütle	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	PDI:Mw/Mn	Kaynak
Bagas (asetillenmiş)	7.390	2.110	3,60	Jacobs ve Dahlman, 2000
Mısır sapı	10.928	2.142	5,10	Wang ve Chen, 2013
Buğday sapı	3.560	2.560	1,39	Sun vd. 2004
Kavak	14.179	1.028	13,8	Baumberger vd. 2007
Kavak	2.140	1.110	1,92	Wang vd. 2020

Biyokütlenin 450 °C gibi nispeten yüksek sıcaklıkta asidik veya enzimatik hidrolizi ile elde edilen lignin hidroliz lignini olarak adlandırılmaktadır (John vd. 2022). Çeşitli biyokütle kaynaklarından hidroliz yöntemi ile elde edilen lignin örneklerinin Mw, Mn ve PDI değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. *Hidroliz lignininin molekül ağırlık değerleri.*

Biyokütle	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	PDI:Mw/Mn	Kaynak
<i>Triticum</i>	36.700	1.995	18,4	Dehne vd. 2016
Bagas	6.120	1.410	4,33	Jacobs ve Dahlman, 2000
Sorgum	1.303	763	1,71	Shu vd. 2016

“Öğütülmüş odun lignini” veya “Björkman lignini”, ince taneciğe sahip odun unu üzerinde titreşimli bir bilyalı değirmen kullanılarak ve daha sonra uygun organik çözücülerle (etanol, dioksan ve kloroform) ekstrakte edilerek izole edilebilir (Björkman, 1956, 1957). Bu prosedür kullanılarak doğal ligninin yaklaşık %30-50’si izole edilir. Bu prosedür sıktıcı bir yöntem olmasına karşın, lignini doğal lignine daha yakın bir şekilde izole eder (Rowell vd. 2005). Çeşitli biyokütle kaynaklarından öğütülmüş odun yöntemi ile elde edilen lignin örneklerinin Mw, Mn ve PDI değerleri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Öğütülmüş odun lignininin molekül ağırlık değerleri.

Biyokütle	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	PDI:Mw/Mn	Kaynak
<i>Miscanthus</i>	13.700	8.300	1,65	El Hage vd. 2009
Pamuk sapı	1.520	700	2,17	Kang vd. 2012
Bambu	12.090	5.410	2,23	Li vd. 2012
Dallı darı (switchgrass)	5.100	2.070	2,50	Hu vd. 2012
Mısır koçanı	2.130	1.000	2,13	Sun vd. 2013
<i>Bambusa rigida</i>	3.260	1.680	1,93	Wen vd. 2013
<i>Eucalyptus globulus</i>	6.700	2.600	2,60	Guerra vd. 2006
<i>Betula alnoides</i>	10.860	5.860	1,85	Zhou vd. 2012
<i>Fagus sylvatica</i>	5.510	3.690	1,49	Brosse vd. 2010
<i>Populus albaglandulosa</i>	13.250	4.176	3,17	Moon vd. 2011
<i>Populus trichocarpa</i>	8.550	3.167	2,7	Cao vd. 2012
<i>Pseudotsuga menziessi</i>	7.400	2.500	3,00	Guerra vd. 2006
<i>Sequoia sempervirens</i>	5.900	2.400	2,50	Guerra vd. 2006
<i>Abies concolor</i>	8.300	2.800	3,00	Guerra vd. 2006
<i>Pinus palustris</i> (normal odun)	14.900	4.700	3,20	Guerra vd. 2006
<i>Pinus palustris</i> (basınç odunu)	16.100	5.200	3,10	Guerra vd. 2006
<i>Pinus taeda</i>	13.500	7.590	1,77	Sannigrahi vd. 2010
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	7.760	-	-	Alvarez-Vasco vd. 2016

4. LİGNİNİN KULLANIM ALANI ÜZERİNE MOLEKÜL AĞIRLIĞININ ETKİSİ

Günümüzde kağıt fabrikalarında atık olarak çıkan lignin oldukça az bir kullanım alanına sahip olup, ligninin çoğu düşük değerli kazan yakıtı olarak yakılmaktadır (Pang vd. 2021). Ligninin kimyasal yapısının ve moleküller ağırlık dağılımının heterojenliği, katma değerli ürünlere etkili bir şekilde dönüştürülmesinin önünde önemli bir engel olup, ligninin uygulama değerini azaltmaktadır (Beckham vd. 2016). Ligninin fizikokimyasal durumu, çeşitli ürünlerin üretiminde nasıl ve nerede kullanılabileceğini belirler. Ligninin elde edildiği kaynak ve ekstraksiyon yöntemi, ligninin özellikleri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir (Lora ve Glasser, 2002). Çok çeşitli işlevselliğe sahip, oldukça çapraz bağlı bir malzeme olarak lignin, anlamlı moleküler ağırlık verileri verecek şekilde kolayca karakterize edilemeyebilir, ancak son kullanım özellikleriyle daha doğrudan ilgili diğer parametreler değerlendirilebilir. Buna rağmen, moleküler ağırlık verileri bazı yararlı kılavuz bilgiler sağlamaktadır (Doherty vd. 2011).

Ligninin moleküler ağırlığı, ligninden katma değeri yüksek ürünler elde edilmesini etkileyen temel bir faktördür (Tolbert vd. 2014). Biyokütleden izole edilen lignin düşük molekül ağırlığa sahip lignin (DMAL) ve yüksek mo-

lekül ağırlığa sahip lignin (YMAL) olmak üzere kabaca ikiye ayrılır. YMAL ile karşılaştırıldığında DMAL daha fazla hidroksil grubu içerir, bu da onu sert poliüretan köpükler (Li vd. 2020), termoset poliüretan kaplamalar (Griffini vd. 2015) gibi reaksiyon için daha fazla hidroksil grubunun gerekli olduğu bazı alanlara uygulanabilir kılar (Pang vd. 2021). DMAL, yüksek fenolik hidroksil içeriği avantajı sunar ve fenolik reçine (El Mansouri ve Salvadó, 2006) hazırlamak için fenolün yerine, epoksi reçine (Asada vd. 2015) hazırlamak için ise bisfenol A'nın yerine kullanım potansiyeline sahiptir.

Lignin, basit bir harmanlama işlemi kullanılarak polimere dahil edildiğinde, DMAL'ın YMAL'e kıyasla avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. DMAL'in karışımların (örneğin Polivinil Klorür(PVC)/lignin ve Polimetil Metakrilat(P-MMA)/lignin karışımları) plastikleşmesini hızlandırdığı ve dolayısıyla matristeki diğer fraksiyonlara göre daha düzgün bir biçimde dağıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca DMAL'den hazırlanan PVC/lignin karışımları da daha yüksek çekme mukavemeti ve darbe mukavemeti sergilediği belirlenmiştir (Yue vd. 2012). DMAL daha yüksek UV engelleme kapasitesine sahiptir ve DMAL'in PMMA'ya dahil edilmesi, PMMA'nın UV emme yeteneğinin iyileştirilmesiyle sonuçlanmıştır (Avelino vd. 2019).

Lignin, fenolik hidroksil gruplarının varlığı nedeniyle antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteler gibi bazı biyolojik aktiviteler sergilemektedir. DMAL, YMAL ile karşılaştırıldığında daha iyi biyolojik aktivitelere sahip olmasını sağlayan daha fazla fenolik hidroksil grubuna sahiptir. Bu nedenle, LMWL hem gram pozitif (*Staphylococcus aureus* ve *Bacillus subtilis*) hem de gram negatif (*Escherichia coli* ve *Salmonella enterica*) bakterilere karşı üstün antimikrobiyal performansa sahip olduğu belirtilmiştir (Pang vd. 2021).

Ligninin moleküler ağırlığı antioksidan aktivitesiyle yakından ilişkilidir (Zhou vd. 2023). Hussin vd. (2014) ligninin antioksidan özelliklerinin ligninin fenolik-OH içeriği ve moleküler ağırlığı ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Daha yüksek fenolik-OH içeriği ve daha düşük moleküler ağırlığa sahip lignin, daha yüksek antioksidan özelliklere sahip olacaktır. An vd. (2017), ligninin iyi antioksidan aktivitesinin yüksek toplam fenolik içerik ve düşük molekül ağırlığı gerektirdiğini belirtmişlerdir.

YMAL, fizikokimyasal özellikler açısından DMAL'den belirgin bir farklılık gösterir ve hidrofobiklik ve termal stabilite konusunda gelişmiş kapasite sergiler (Li ve McDonald, 2014). YMAL'nin yüksek hidrofobikliği, öncelikle DMAL'e kıyasla hidrofilik grupların (örneğin fenolik OH ve COOH) düşük içeriğinden kaynaklanır (Pang vd. 2020). YMAL'nin gelişmiş termal stabilitesi, DMAL'e kıyasla uçucu hale gelmesi daha zor olan uzun ve dallanmış yapılarına atfedilmiştir. Bu nedenle YMAL kullanılarak daha güçlü alev geciktiriciliğe sahip, ısıya dayanıklı polilaktik asit kompozitleri elde edilebilir (Costes vd. 2018).

Ligninin moleküler ağırlık özelliklerinin belirlenmesi, karbon lifi üretimi için oldukça önemlidir. DMAL'ler karbon lifine kırılgenlik kazandırır (Luo vd. 2011). YMAL'den elde edilen karbon liflerinin elastikiyet modülü, çekme mukavemeti ve uzama değerleri bakımından DMAL'den elde edilenlere göre daha iyi performansa gösterdiği belirtilmiştir (Li vd. 2019).

Lignin, asidik grupların (örneğin fenolik OH ve COOH) deprotonasyonu nedeniyle negatif yüklü olduğundan, metal iyonlarının ve katyonik organik kirleticilerin sulu çözeltilerden uzaklaştırılması için seçici adsorbanlar olarak uygulanabilir. YMAL, DMAL'e göre daha yüksek spesifik yüzey alanına sahiptir ve bu durum YMAL'nin adsorpsiyon performansını artırmaktadır. YMAL'in katyonik metilen mavisini DMAL'den daha fazla oranda adsorpladığı belirtilmiştir (Sui vd. 2020).

Sülfonlanmış alkali ligninin boya dispersiyon maddesi olarak kullanılması durumunda, düşük molekül ağırlığı ve geniş moleküler ağırlık dağılımının zayıf dispersiyon kabiliyetine yol açtığı, özellikle koyu renginin açık renkli boyalarda kullanımını sınırladığı belirtilmiştir. Diğer taraftan, ultrafiltrasyonla elde edilen yüksek moleküler ağırlığa sahip liginosülfonatlar, saflaştırılmamış liginosülfonatlara kıyasla daha az sülfonik gruplara sahiptir. Bu durum, boya üzerindeki dağılıma kabiliyetini önemli ölçüde azaltmaktadır (Qin vd. 2015).

Ligninin lif boyama etkisi, molekül ağırlığından, sülfonasyon derecesinden, renginden, fenolik hidroksil içeriğinden vb. etkilenmektedir. Düşük molekül ağırlıklı liginosülfonatlar, yüksek molekül ağırlıklı liginosülfonatlardan daha fazla karboksil ve fenolik hidroksil grubu içeriğine sahiptir. Bu nedenle daha düşük moleküler ağırlığa sahip liginosülfonatlar lifin önemli ölçüde boyanmasına neden olurlar (Qin vd. 2015). Diğer taraftan, ligninin ortalama molekül ağırlığının artmasıyla, fenolik hidroksil gruplarının içeriğinin azaldığı, alifatik hidroksil gruplarının içeriğinde ise arttığı gözlemlenmiştir (Tagami vd. 2019).

Sıralı bir solvent fraksiyonlama tekniği yoluyla hem İYA hem de YA kraft ligninlerinden izole edilen farklı molekül ağırlıklarına ve çeşitli kimyasal yapıya sahip lignin fraksiyonları, %100 biyo bazlı kompozit filmler hazırlamak için tunikat selüloz nano lif (CNF) nişasta karışımına dahil edildiğinde, ligninin doğal sertliği nedeniyle filmlere daha düşük kopma gerilimi ve daha yüksek Young modülü kazandırdığı tespit edilmiştir. Ancak, daha düşük moleküler ağırlığa ve çoklu dağılıma sahip YA lignini film yapısını güçlendirirken, daha yüksek moleküler ağırlığa ve daha düşük G+S birim içeriğine sahip İYA lignini filmlerin kopma gerilimini olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca, kompozit filmlerin azot atmosferindeki termal stabilitesinin, ligninin moleküler ağırlığı ile pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir (Zhao vd. 2019).

Lignindeki fenolik grup miktarı, ligninin UV koruma özelliklerini, çoklu dağılım indeksini (PDI) ve ligninin rengini etkilemektedir. Lignindeki fenolik gruplar ne kadar yüksek olursa, UV koruma özellikleri de o kadar yüksek olur. Diğer taraftan, ligninin PDI değeri ne kadar düşükse, ligninin rengi o kadar açık olur (Zhang ve Naebe, 2021).

4. SONUÇ

Bu derleme çalışmada ligninin yapısı, sınıflandırılması, molekül ağırlığı ve molekül ağırlığının kullanım yerine etkileri özetlenmiştir. Ligninin molekül ağırlığı üzerine biyokütle türünün ve lignin izolasyon yönteminin önemli ölçüde etkili olduğu ilgili kaynaklarla ortaya konulmuştur. Ayrıca, herhangi bir biyokütleden herhangi bir yöntemle elde edilen ligninin nerede ve nasıl kullanılacağını belirleyen faktörlerden birinin de molekül ağırlığı olduğu vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

- Adler, E. (1977). Lignin chemistry—past, present and future. *Wood Science and Technology*, 11(3), 169-218.
- Alvarez-Vasco, C., Ma, R., Quintero, M., Guo, M., Geleynse, S., Ramasamy, K. K., Wolcott, M., Zhang, X. (2016). Unique low-molecular-weight lignin with high purity extracted from wood by deep eutectic solvents (DES): a source of lignin for valorization. *Green Chemistry*, 18(19), 5133-5141.
- An, L., Wang, G., Jia, H., Liu, C., Sui, W., & Si, C. (2017). Fractionation of enzymatic hydrolysis lignin by sequential extraction for enhancing antioxidant performance. *International Journal of Biological Macromolecules*, 99, 674-681.
- Asada, C., Basnet, S., Otsuka, M., Sasaki, C., & Nakamura, Y. (2015). Epoxy resin synthesis using low molecular weight lignin separated from various lignocellulosic materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 74, 413-419.
- Asikkala, J., Tamminen, T., & Argyropoulos, D. S. (2012). Accurate and reproducible determination of lignin molar mass by acetobromination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(36), 8968-8973.
- Avelino, F., de Oliveira, D. R., Mazzetto, S. E., & Lomonaco, D. (2019). Poly (methyl methacrylate) films reinforced with coconut shell lignin fractions to enhance their UV-blocking, antioxidant and thermo-mechanical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125, 171-180.
- Baumberger, S., Abaecherli, A., Fasching, M., Gellerstedt, G., Gosselink, R., Hortling, B., Li, J., Saake, B., de Jong, E. (2007). Molar mass determination of lignins by size-exclusion chromatography: towards standardisation of the method. *Holzforschung*, 61, 459-468.
- Beckham, G. T., Johnson, C. W., Karp, E. M., Salvachúa, D., & Vardon, D. R. (2016). Opportunities and challenges in biological lignin valorization. *Current Opinion in Biotechnology*, 42, 40-53.
- Björkman, A. (1956). Studies on finely divided wood. Part I. Extraction of lignin with neutral solvents. *Svensk Papperstidning*, 59, 477-485.
- Björkman, A., & Person, B. (1957). Studies on finely divided wood. Part 2. The properties of lignins extracted with neutral solvents from softwoods and hardwoods. *Svensk Papperstidning*, 60(5), 158-169.
- Braaten, S. M., Christensen, B. E., & Fredheim, G. E. (2003). Comparison of molecular weight and molecular weight distributions of softwood and hardwood lignosulfonates. *Journal of wood Chemistry and Technology*, 23(2), 197-215.
- Brandt-Talbot, A., Gschwend, F. J., Fennell, P. S., Lammens, T. M., Tan, B., Weale, J., & Hallett, J. P. (2017). An economically viable ionic liquid for the fractionation of lignocellulosic biomass. *Green Chemistry*, 19(13), 3078-3102.
- Brodin, I. (2009). Chemical properties and thermal behaviour of kraft lignins (Licen-

- tiate Thesis). KTH, School of Chemical Science and Engineering (CHE), Fibre and Polymer Technology.
- Brosse, N., El Hage, R., Chaouch, M., Pétrissans, M., Dumarçay, S., & Gérardin, P. (2010). Investigation of the chemical modifications of beech wood lignin during heat treatment. *Polymer Degradation and Stability*, 95(9), 1721-1726.
- Calvo-Flores, F. G., & Dobado, J. A. (2010). Lignin as renewable raw material. *ChemSusChem*, 3(11), 1227-1235.
- Cao, S., Pu, Y., Studer, M., Wyman, C., & Ragauskas, A. J. (2012). Chemical transformations of *Populus trichocarpa* during dilute acid pretreatment. *Rsc Advances*, 2(29), 10925-10936.
- Chen, F., & Li, J. (2000). Aqueous gel permeation chromatographic methods for technical lignins. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 20(3), 265-276.
- Costes, L., Aguedo, M., Brison, L., Brohez, S., Richel, A., & Laoutid, F. (2018). Lignin fractionation as an efficient route for enhancing Polylactide thermal stability and flame retardancy. *Flame Retardancy and Thermal Stability of Materials*, 1(1), 14-24.
- Crestini, C., Lange, H., Sette, M., & Argyropoulos, D. S. (2017). On the structure of softwood kraft lignin. *Green Chemistry*, 19(17), 4104-4121.
- Dehne, L., Babarro, C. V., Saake, B., & Schwarz, K. U. (2016). Influence of lignin source and esterification on properties of lignin-polyethylene blends. *Industrial Crops and Products*, 86, 320-328.
- Deshpande, R., Sundvall, L., Grundberg, H., Henriksson, G., & Lawoko, M. (2022). Structural basis for lignin recalcitrance during sulfite pulping for production of dissolving pulp from pine heartwood. *Industrial Crops and Products*, 177, 114391.
- Doherty, W. O., Mousavioun, P., & Fellows, C. M. (2011). Value-adding to cellulosic ethanol: Lignin polymers. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 259-276.
- El Hage, R., Brosse, N., Chrusciel, L., Sanchez, C., Sannigrahi, P., & Ragauskas, A. (2009). Characterization of milled wood lignin and ethanol organosolv lignin from miscanthus. *Polymer Degradation and Stability*, 94(10), 1632-1638.
- El Mansouri, N. E., & Salvadó, J. (2006). Structural characterization of technical lignins for the production of adhesives: Application to lignosulfonate, kraft, soda-anthraquinone, organosolv and ethanol process lignins. *Industrial Crops and Products*, 24(1), 8-16.
- Forss, K., Fremer, K.E. (1964). The dissolution of wood components under different conditions of sulfite pulping. *Tappi* 47: 485-493.
- Fredheim, G. E., Braaten, S. M., & Christensen, B. E. (2002). Molecular weight determination of lignosulfonates by size-exclusion chromatography and multi-angle laser light scattering. *Journal of Chromatography A*, 942(1-2), 191-199.
- Gellerstedt, G. (2015). Softwood kraft lignin: Raw material for the future. *Industrial Crops and Products*, 77, 845-854.

- Gellerstedt, G., & Lindfors, E. L. (1984). Structural changes in lignin during kraft pulping. *Holzforschung*, 38, 151-158.
- Gordobil, O., Moriana, R., Zhang, L., Labidi, J., & Sevastyanova, O. (2016). Assessment of technical lignins for uses in biofuels and biomaterials: Structure-related properties, proximate analysis and chemical modification. *Industrial Crops and Products*, 83, 155-165.
- Griffini, G., Passoni, V., Suriano, R., Levi, M., & Turri, S. (2015). Polyurethane coatings based on chemically unmodified fractionated lignin. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 3(6), 1145-1154.
- Guerra, A., Filpponen, I., Lucia, L. A., & Argyropoulos, D. S. (2006). Comparative evaluation of three lignin isolation protocols for various wood species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(26), 9696-9705.
- Ház, A., Jablonský, M., Šurina, I., Kačík, F., Bubeníková, T., & Ďurkovič, J. (2019). Chemical composition and thermal behavior of kraft lignins. *Forests*, 10(6), 483.
- Hu, G., Cateto, C., Pu, Y., Samuel, R., & Ragauskas, A. J. (2012). Structural characterization of switchgrass lignin after ethanol organosolv pretreatment. *Energy & Fuels*, 26(1), 740-745.
- Hussin, M. H., Rahim, A. A., Ibrahim, M. N. M., Yemloul, M., Perrin, D., & Brosse, N. (2014). Investigation on the structure and antioxidant properties of modified lignin obtained by different combinative processes of oil palm fronds (OPF) biomass. *Industrial Crops and Products*, 52, 544-551.
- Jacobs, A., & Dahlman, O. (2000). Absolute molar mass of lignins by size exclusion chromatography and MALDI-TOF mass spectroscopy. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 15(2), 120-127.
- Jardim, J. M., Hart, P. W., Lucia, L., & Jameel, H. (2020). Insights into the potential of hardwood kraft lignin to be a green platform material for emergence of the biorefinery. *Polymers*, 12(8), 1795.
- John, M. J., Lefatle, M. C., & Sithole, B. (2022). Lignin fractionation and conversion to bio-based functional products. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 25, 100594.
- Kadla, J. F., & Kubo, S. (2004). Lignin-based polymer blends: analysis of intermolecular interactions in lignin-synthetic polymer blends. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 35(3), 395-400.
- Kang, S., Xiao, L., Meng, L., Zhang, X., & Sun, R. (2012). Isolation and structural characterization of lignin from cotton stalk treated in an ammonia hydrothermal system. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(11), 15209-15226.
- Kim, J. Y., Shin, E. J., Eom, I. Y., Won, K., Kim, Y. H., Choi, D., Choi, I.G., Choi, J. W. (2011). Structural features of lignin macromolecules extracted with ionic liquid from poplar wood. *Bioresource Technology*, 102(19), 9020-9025.
- Lawoko, M., Henriksson, G., & Gellerstedt, G. (2006). Characterisation of lignin-car-

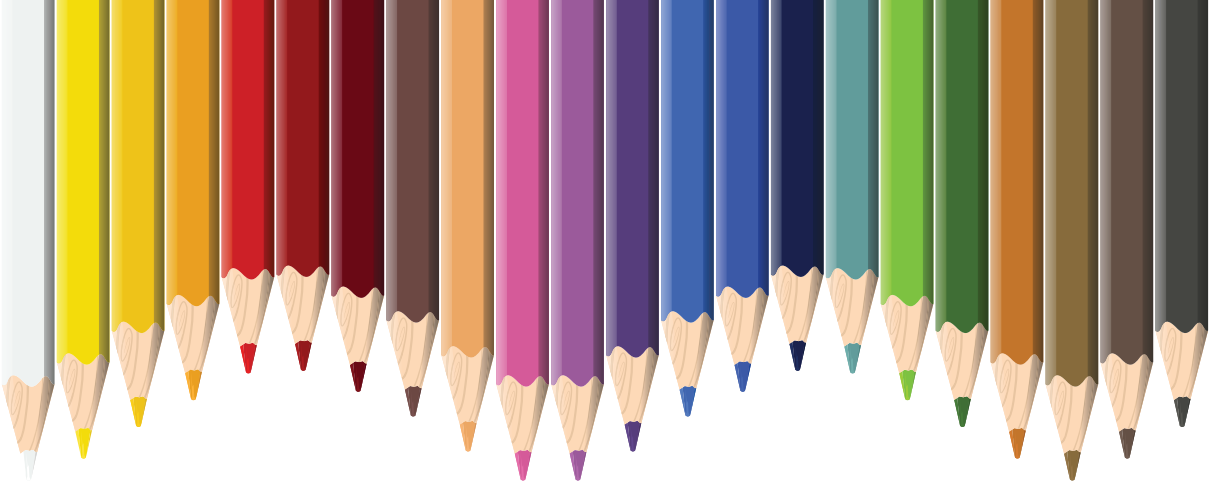
- bohydrate complexes (LCCs) of spruce wood (*Picea abies* L.) isolated with two methods, *Holzforschung*, 60,156-161.
- Li, M. F., Sun, S. N., Xu, F., & Sun, R. C. (2012). Formic acid based organosolv pulping of bamboo (*Phyllostachys acuta*): Comparative characterization of the dissolved lignins with milled wood lignin. *Chemical Engineering Journal*, 179, 80-89.
- Li, H., & McDonald, A. G. (2014). Fractionation and characterization of industrial lignins. *Industrial Crops and Products*, 62, 67-76.
- Li, Q., Li, M., Lin, H. S., Hu, C., Truong, P., Zhang, T., Sue, H.J., Pu, Y., Ragauskas, A.J., & Yuan, J. S. (2019). Non-Solvent fractionation of lignin enhances carbon fiber performance. *ChemSusChem*, 12(14), 3249-3256.
- Li, B., Zhou, M., Huo, W., Cai, D., Qin, P., Cao, H., & Tan, T. (2020). Fractionation and oxypropylation of corn-stover lignin for the production of biobased rigid polyurethane foam. *Industrial Crops and Products*, 143, 111887.
- Liang, J., Li, Z., Dai, S., Tian, G., & Wang, Z. (2023). Production of hemicelluloses sugars, cellulose pulp, and lignosulfonate surfactant using corn stalk by prehydrolysis and alkaline sulfite cooking. *Industrial Crops and Products*, 192, 115880.
- Lora, J. H., & Glasser, W. G. (2002). Recent industrial applications of lignin: a sustainable alternative to nonrenewable materials. *Journal of Polymers and the Environment*, 10, 39-48.
- Lu, Y., Lu, Y. C., Hu, H. Q., Xie, F. J., Wei, X. Y., & Fan, X. (2017). Structural characterization of lignin and its degradation products with spectroscopic methods. *Journal of Spectroscopy*, 2017, 1-15.
- Luo, J., Genco, J., Cole, B., & Fort, R. (2011). Lignin recovered from the near-neutral hemicellulose extraction process as a precursor for carbon fiber. *BioResources*, 6(4): 466-4593.
- Magalhães, S., Moreira, A., Almeida, R., Cruz, P. F., Alves, L., Costa, C., Mendes, C., Medronho, M., Romano, A., Carvalho, M.G., Gamelas, J.A.F., Rasteiro, M. D. G. (2022). Acacia wood fractionation using deep eutectic solvents: Extraction, recovery, and characterization of the different fractions. *ACS Omega*, 7(30), 26005-26014.
- Marton, J., & Marton, T. (1964). Molecular weight of kraft lignin. *Tappi Journal*, 47(8), 471-476.
- Moacanin, J., Felicetta, V. F., Haller, W., & McCarthy, J. L. (1955). Lignin. VI. Molecular weights of lignin sulfonates by light scattering. *Journal of the American Chemical Society*, 77(13), 3470-3475.
- Moon, S. J., Eom, I. Y., Kim, J. Y., Kim, T. S., Lee, S. M., Choi, I. G., & Choi, J. W. (2011). Characterization of lignin-rich residues remaining after continuous super-critical water hydrolysis of poplar wood (*Populus albaglandulosa*) for conversion to fermentable sugars. *Bioresource Technology*, 102(10), 5912-

5916.

- Mousavioun, P., & Doherty, W. O. (2010). Chemical and thermal properties of fractionated bagasse soda lignin. *Industrial Crops and Products*, 31(1), 52-58.
- Obama, P., Ricochon, G., Muniglia, L., & Brosse, N. (2012). Combination of enzymatic hydrolysis and ethanol organosolv pretreatments: Effect on lignin structures, delignification yields and cellulose-to-glucose conversion. *Bioresource Technology*, 112, 156-163.
- Ovejero-Pérez, A., Rigual, V., Domínguez, J. C., Alonso, M. V., Oliet, M., & Rodríguez, F. (2020). Acidic depolymerization vs ionic liquid solubilization in lignin extraction from eucalyptus wood using the protic ionic liquid 1-methylimidazolium chloride. *International Journal of Biological Macromolecules*, 157, 461-469.
- Pang, T., Wang, G., Sun, H., Wang, L., Liu, Q., Sui, W., Parvez, A. M., & Si, C. (2020). Lignin fractionation for reduced heterogeneity in self-assembly nanosizing: Toward targeted preparation of uniform lignin nanoparticles with small size. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(24), 9174-9183.
- Pang, T., Wang, G., Sun, H., Sui, W., & Si, C. (2021). Lignin fractionation: Effective strategy to reduce molecule weight dependent heterogeneity for upgraded lignin valorization. *Industrial Crops and Products*, 165, 113442.
- Prado, R., Erdocia, X., & Labidi, J. (2013). Lignin extraction and purification with ionic liquids. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 88(7), 1248-1257.
- Qin, Y., Yang, D., & Qiu, X. (2015). Hydroxypropyl sulfonated lignin as dye dispersant: Effect of average molecular weight. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 3(12), 3239-3244.
- Rowell, R. M., Pettersen, R., Han, J. S., Rowell, J. S., & Tshabalala, M. A. (2005). Cell wall chemistry. Chapter 3, *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*, 35-74.
- Sannigrahi, P., Ragauskas, A. J., & Miller, S. J. (2010). Lignin structural modifications resulting from ethanol organosolv treatment of loblolly pine. *Energy & Fuels*, 24(1), 683-689.
- Shu, R., Zhang, Q., Ma, L., Xu, Y., Chen, P., Wang, C., & Wang, T. (2016). Insight into the solvent, temperature and time effects on the hydrogenolysis of hydrolyzed lignin. *Bioresource Technology*, 221, 568-575.
- Sui, W., Pang, T., Wang, G., Liu, C., Parvez, A. M., Si, C., & Li, C. (2020). Stepwise ethanol-water fractionation of enzymatic hydrolysis lignin to improve its performance as a cationic dye adsorbent. *Molecules*, 25(11), 2603.
- Sumer, Z., & Van Lehn, R. C. (2022). Data-centric development of lignin structure-solubility relationships in deep eutectic solvents using molecular simulations. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10(31), 10144-10156.
- Sun, X. F., Xu, F., Sun, R. C., Wang, Y. X., Fowler, P., & Baird, M. S. (2004). Cha-

- acteristics of degraded lignins obtained from steam exploded wheat straw. *Polymer Degradation and Stability*, 86(2), 245-256.
- Sun, S. N., Li, M. F., Yuan, T. Q., Xu, F., & Sun, R. C. (2013). Effect of ionic liquid/organic solvent pretreatment on the enzymatic hydrolysis of corncob for bioethanol production. Part 1: Structural characterization of the lignins. *Industrial Crops and Products*, 43, 570-577.
- Tagami, A., Gioia, C., Lauberts, M., Budnyak, T., Moriana, R., Lindström, M. E., & Sevastyanova, O. (2019). Solvent fractionation of softwood and hardwood kraft lignins for more efficient uses: Compositional, structural, thermal, anti-oxidant and adsorption properties. *Industrial Crops and Products*, 129, 123-134.
- Tan, S. S., MacFarlane, D. R., Upfal, J., Edye, L. A., Doherty, W. O., Patti, A. F., Pringle, J.M., Scott, J. L. (2009). Extraction of lignin from lignocellulose at atmospheric pressure using alkylbenzenesulfonate ionic liquid. *Green Chemistry*, 11(3), 339-345.
- Tan, J., Yu, D., Yuan, J., Wu, H., Luo, H., Zhang, H., Li, X., Li, H., Yang, S. (2023). Efficient delignification of wheat straw for microbial lipid production enabled by a novel ternary deep eutectic solvent containing ethylene glycol. *Fuel*, 347, 128485.
- Thielemans, W., & Wool, R. P. (2005). Lignin esters for use in unsaturated thermosets: lignin modification and solubility modeling. *Biomacromolecules*, 6(4), 1895-1905.
- Tolbert, A., Akinosho, H., Khunsupat, R., Naskar, A. K., & Ragauskas, A. J. (2014). Characterization and analysis of the molecular weight of lignin for biorefining studies. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 8(6), 836-856.
- Torres, L. A. Z., Woiciechowski, A. L., de Andrade Tanobe, V. O., Karp, S. G., Lorenzi, L. C. G., Faulds, C., & Soccol, C. R. (2020). Lignin as a potential source of high-added value compounds: A review. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121499.
- Vanholme, R., Demedts, B., Morreel, K., Ralph, J., & Boerjan, W. (2010). Lignin biosynthesis and structure. *Plant Physiology*, 153(3), 895-905.
- Wang, G., & Chen, H. (2013). Fractionation of alkali-extracted lignin from steam-exploded stalk by gradient acid precipitation. *Separation and Purification Technology*, 105, 98-105.
- Wang, H., Pu, Y., Ragauskas, A., & Yang, B. (2019a). From lignin to valuable products—strategies, challenges, and prospects. *Bioresource Technology*, 271, 449-461.
- Wang, L., Uraki, Y., Koda, K., Gele, A., Zhou, X., & Chen, F. (2019b). Determination of the absolute molar mass of acetylated eucalyptus kraft lignin by two types of size-exclusion chromatography combined with multi-angle laser light-scattering detectors. *Holzforchung*, 73(4), 363-369.

- Wang, H., Liu, Z., Hui, L., Ma, L., Zheng, X., Li, J., & Zhang, Y. (2020). Understanding the structural changes of lignin in poplar following steam explosion pretreatment. *Holzforschung*, 74(3), 275-285.
- Wen, J. L., Xue, B. L., Xu, F., Sun, R. C., & Pinkert, A. (2013). Unmasking the structural features and property of lignin from bamboo. *Industrial Crops and Products*, 42, 332-343.
- Wörmeyer, K., Ingram, T., Saake, B., Brunner, G., & Smirnova, I. (2011). Comparison of different pretreatment methods for lignocellulosic materials. Part II: Influence of pretreatment on the properties of rye straw lignin. *Bioresource Technology*, 102(5), 4157-4164.
- Xu, C., & Ferdosian, F. (2017). Conversion of lignin into bio-based chemicals and materials (pp. 133-156). New York, NY, USA: Springer.
- Xue, Y., Li, Y., Liu, Z., & Hou, Y. (2019). Structural changes of lignin in soda delignification process and associations with pollution load. *BioResources*, 14(4), 7869-7885.
- Yang, D., Li, H., Qin, Y., Zhong, R., Bai, M., & Qiu, X. (2015). Structure and properties of sodium lignosulfonate with different molecular weight used as dye dispersant. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 36(4), 532-539.
- Yue, X., Chen, F., Zhou, X., & He, G. (2012). Preparation and characterization of poly (vinyl chloride) polyblends with fractionated lignin. *International Journal of Polymeric Materials*, 61(3), 214-228.
- Zhang, Q., Vigier, K. D. O., Royer, S., & Jérôme, F. (2012). Deep eutectic solvents: syntheses, properties and applications. *Chemical Society Reviews*, 41(21), 7108-7146.
- Zhang, Y., & Naebe, M. (2021). Lignin: A review on structure, properties, and applications as a light-colored UV absorber. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 9(4), 1427-1442.
- Zhao, Y., Tagami, A., Dobelev, G., Lindström, M. E., & Sevastyanova, O. (2019). The impact of lignin structural diversity on performance of cellulose nanofiber (CNF)-starch composite films. *Polymers*, 11(3), 538.
- Zhou, S., Liu, L., Wang, B., Xu, F., & Sun, R. (2012). Microwave-enhanced extraction of lignin from birch in formic acid: Structural characterization and antioxidant activity study. *Process Biochemistry*, 47(12), 1799-1806.
- Zhou, M., Fakayode, O. A., Ren, M., Li, H., Liang, J., & Zhou, C. (2023). Green and sustainable extraction of lignin by deep eutectic solvent, its antioxidant activity, and applications in the food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-19.
- Zhao, Y., Tagami, A., Dobelev, G., Lindström, M. E., & Sevastyanova, O. (2019). The impact of lignin structural diversity on performance of cellulose nanofiber (CNF)-starch composite films. *Polymers*, 11(3), 538.



Bölüm 10

FENOLİK BİLEŞİKLER VE BİYOLOJİK AKTİVİTE ÖZELLİKLERİ

Şeyma ÖZLÜSOYLU¹

Avni YILDIZBAŞ²

Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ³

1 Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100 Bartın, TÜRKİYE, akilic@bartin.edu.tr

2 Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100 Bartın, TÜRKİYE, akilic@bartin.edu.tr

3 Prof.Dr. Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100 Bartın, TÜRKİYE, akilic@bartin.edu.tr

1. GİRİŞ

Yeryüzünde yaşamla birlikte, insanoğlu birbirleriyle ve çevreleriyle sürekli etkileşim halinde olmaya, bitkileri ve diğer organizmaları keşfetmeye, tanımaya ve öğrenmeye başlamıştır. Bitkilerden barınak, oksijen, yiyecek ve ilaç olarak yararlanmışlardır. Zamanla ve toplumların oluşmasıyla insan, yaşamın gereksinimlerini karşılamada kullanıma uygun bitki materyallerini tanımayı ve sınıflandırmayı öğrenmiştir (Mamedov, 2012).

İlk olarak 1910 yılında Nobel Ödülü sahibi Albrecht Kossel tarafından tanımlanan sekonder metabolitler, doğrudan fotosentetik veya solunum metabolizmasına katılmayan (Vuolo ve Junior, 2019) fakat, bitkilerin hastalık direnci için çok gerekli olan fitokimyasallardır (Maddox vd., 2010). Gelecekte tıpta ve halk kullanımlarında çeşitli rahatsızlıkların hafifletilmesinde önemli rol oynadıkları gibi modern tıpta da migrenden kansere kadar çeşitli hastalıkların tedavisine yönelik ilaçların üretimi için öncü olmuşlardır (Hussein ve El-Anssary, 2019). Bitki türevli sekonder metabolitler, doğadaki kesin kimyasal yapılarına dayalı olarak farklı türdeki doğal bileşiklere göre sınıflandırılabilir. Sekonder metabolitlerin en önemli sınıflandırması alkaloidleri, glikozitleri, flavonoidleri, terpenoidleri, fenolikleri ve saponinleri içerir (Roopan ve Madhumitha, 2018).

Fenolikler, bitki sekonder metabolitlerinin büyük bir kısmını oluşturur. Fenolik bileşiklerin ana yapısında fenol bulunmaktadır (Vermerris ve Nicholson, 2007). Düşük molekül ağırlıklı moleküllerden büyük ve karmaşık moleküllere kadar değişebilen, bir veya daha fazla hidroksil (OH) grubunun bağlı olduğu en az bir veya daha fazla altı karbonlu aromatik halkaya (benzen) sahiptir (Carocho ve Ferreira, 2013; Stewart ve Stewart, 2008). Fenolün yapısında bulunan aromatik halkadan dolayı, fenolik hidroksilin hidrojen atomu kararsızdır. Hidroksil (OH) grubunun H atomu, fenol molekülü suda çözündüğünde O atomundan ayrılabilir, bu nedenle fenoller zayıf asidiktir (Vermerris ve Nicholson, 2007; Stewart ve Stewart, 2008). Bu bileşikler güçlü antioksidanlar ve metabolizma düzenleyicileri olarak işlev görürler. Bundan dolayı mikrop enfeksiyonları, ultraviyole ışık, kanser, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, osteoporoz, nörodejeneratif hastalıklar ve astım gibi antialerjik hastalıklar gibi birçok hastalığa karşı insan sağlığını korumada önemli rol oynarlar bu özellikleri nedeniyle son yıllarda daha çok ilgi çekmişlerdir (Zuiter, 2014).

2. FENOLLERİN SINIFLANDIRILMASI

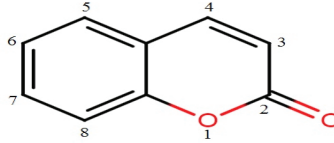
Fenollerin sınıflandırılmasında farklı görüşler vardır. Bitkide bulunma oranına göre bir sınıflandırma yapılabileceği gibi karbon atomlarının sayısına, yapılarına, fenol halkalarının sayısına ve bu halkaları bağlayan yapı elemanlarına bağlı olarak sınıflandırılabilir (Şekil 1.)

2.1. Basit Fenoller

Basit fenoller, bir aromatik halkaya temel bir iskelet olarak bağlı en az bir hidroksil grubuna sahip bileşikler olarak tanımlanır (Kougan vd., 2013). Diğer bir ifadeyle, fenolü oluşturan benzen halkasının 1 pozisyonunda bulunan hidroksil grubunun pozisyonuna göre 1-2, 1-3 ve 1-4 pozisyonlarında fonksiyonel gruba (R) sahip bileşiklerdir (Al Mamari, 2021). Basit fenoller, kumarinler ve fenolik asitler olmak üzere iki gruba ayrılır (Goleniowski vd., 2013).

2.1.1 Kumarinler

Kumarinler fenolik asitlerden türeyen ve doğada yaygın olarak bulunan bir benzopiron (1,2-benzopiron veya 2H-1-benzopiran-2-on) ailesidir. Tipik bir benzopiron yapısı taşıyan, doğal olarak oluşan veya sentetik oksijen içeren heterosikliklerin önemli bir grubu temsil ederler (Şekil 2) (Matos vd., 2015).



Şekil 2. Kumarinin kimyasal yapısı ve bu kimyasal yapının IUPAC numaralandırması.

Kumarinler farklı familyaların 150'den fazla farklı türünde rapor edilmiştir. Bunlardan bazıları Rutaceae, Umbelliferae, Clusiaceae, Guttiferae, Caprifoliaceae, Oleaceae, Nyctaginaceae ve Apiaceae'dir. Kumarinler genellikle bitkilerde glikozitlerin yanı sıra serbest formlarında bulunur. Doğal kumarinler, bileşiklerin kimyasal yapısına göre temel olarak yedi tipte sınıflandırılır: basit kumarin, furano kumarin, dihidrofurano kumarin, linear tip pirano kumarin, angular tip pirano kumarin, fenil kumarin ve bikumarin (Batista vd., 2021).

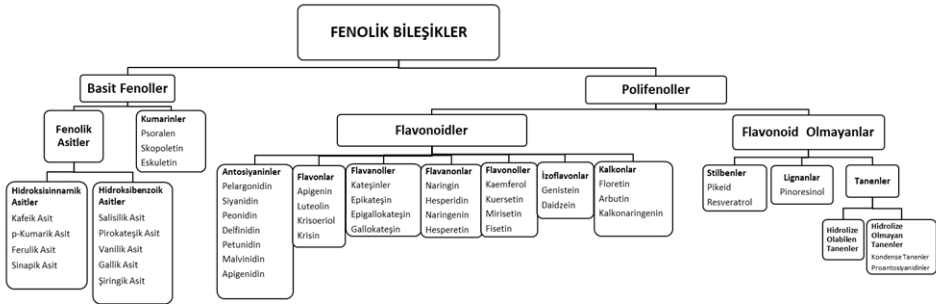
2.1.2. Fenolik Asitler

Fenolik bileşiklerin bir alt sınıfıdır. Genellikle bitkilerde hidroksil-yağ asitleri, flavonoidler, steroller ve glukozitler gibi diğer doğal bileşiklerle konjuge edilmiş esterler veya glikozitler olarak bulunur. Fenolik asitler, bir fenolik halka ve fonksiyonel bir grup olarak en az bir organik karboksilik asit içeren fenoller olarak kabul edilir (Das vd., 2019). Kimyasal olarak fenolik asitler, en az bir hidrojenin bir hidroksil grubu ile ikame edildiği en az bir aromatik halkaya sahip fenolik bileşiklerdir. Fenolik asitler, sırasıyla fenolik olmayan benzoik ve sinamik asit moleküllerinden türeyen hidroksibenzoik asitler (HBA'lar) ve hidroksisinnamik asitler (HSA'lar) olmak üzere iki grup-

tan oluşurlar. L-fenilalanin ve L-tirozinin öncü madde olduğu şikimat yolu ile sentezlenirler (Campos vd., 2018).

Gıdaların renk, tat, burukluk ve sertlik gibi tipik duyuşal özelliklerine katkıda bulunan aromatik sekonder metabolitlerdir. Son yıllarda fenolik asitlerin araştırılmasına olan ilgi antioksidan, anti-inflamatuar, immün düzenleyici, anti-alerjik, anti-aterojenik, anti-mikrobiyal, anti-trombotik, kardiyο-koruyucu, anti-kanser aktiviteleri ve anti-diyabetik özellikler gibi muazzam beslenme sağlığı yararları ve işlevleri sayesinde ivme kazanmıştır. (Rashmi ve Negi, 2020).

Fenolik asitler bitkiler arasında her yerde bulunur; serbest fenoller nadir olmakla birlikte, gallik asit nispeten yaygındır ve gallotanninlerin ana bileşimidir. Gallik asit, kan durdurucu özelliğı ile iyi bilinir ancak *in vitro* olarak antibakteriyel, antiviral, antifungal, anti-inflamatuar, antitümör, antianafilaktik, antimutajenik, koleretik ve bronkodilatör etkiler de dahil olmak üzere birçok başka aktivite göstermiştir. Ayrıca insülin düşmesini engeller ve düz kas gevşemesine yardımcı olur (Hussein ve El-Ansary, 2019).



Şekil 1. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması.

2.1.2.1. Hidroksisinnamik Asitler (HSA'lar)

Hidroksisinnamik asitler, fenilpropanoid aracılığıyla sinnamik asitten türetilen bir grup bileşimi temsil eder. Bazıları metillenmiş olabilen fenil kısmına bağlı bir veya daha fazla hidroksil grubu ile *trans*-fenil-3-propenoik asidin bir C6-C3 iskeletini gösterirler. Bu bileşik grubunun öncüleri, L-fenilalanin ve L-tirozin aminoasitleridir. Hidroksisinnamik asitler, bitki modellerinde savunma ve UV koruyucu etki gösterir. Bu grupta en bol bulunan bileşikler *p*-kumarik, kafeik ve ferulik asitlerdir (Carocho ve Ferreira, 2013).

Sinnamik asitlerin türevleri esas olarak kafeik, ferulik, sinapik ve *p*-kumarik asitlerle temsil edilir. En yaygın olan hidroksisinnamik asit kafeik asittir ve meyvelerdeki toplam hidroksisinnamik asitlerin %70'ini oluşturur. İnsan diyetinin ana kaynağını oluşturan tahıllarda en bol bulunan fenolik asit ferulik

asittir. Bu asitler nadiren serbest formda bulunur ve genellikle kinik, tartarik asitler veya karbonhidrat türevleri ile esterleşir. Hidroksisinnamik asitlerin ve kinik asitlerin esterlerine klorojenik asitler denir. Bununla birlikte, en yaygın olan 5-kafeoilkinik asit aynı zamanda klorojenik asit olarak da adlandırılır. Birçok meyve ve sebze bulunan hidroksisinnamik asitler, toplam polifenol alımına benzoik asit türevlerinden veya flavonoidlerden önemli ölçüde daha fazla katkı sağlar (Lafay ve Gil-Izquierdo, 2008).

2.1.2.2. Hidroksibenzoik Asitler (HBA'lar)

Hidroksibenzoik asitler, C₆-C₁ iskeletine sahip yedi karbon molekülünden oluşurlar ve shikimik asit yolu ile üretilirler. Bu bileşikler, bitki aleminde geniş olarak yayılış gösteren, en çok bulunan dört bileşik olan gallik, protokateşik, vanillik ve siringik asitlerdir. (Carocho ve Ferreira, 2013).

Çözünür formda (şekerler veya organik asitlerle konjuge) bulunan HBA'lar, hücre duvarı fraksiyonlarına lignin olarak bağlanırlar. Hidroksisinnamik asitlerle karşılaştırıldığında, hidroksibenzoik asitler genellikle kırmızı meyvelerde, soğanlarda ve karaturplar gibi vb. sebzelerde düşük konsantrasyonda bulunur. Yaygın olarak bulunan dört hidroksibenzoik asit, *p*-hidroksibenzoik, protokateşik asit, vanillik asit ve siringik asittir (Kumar ve Goel, 2019).

2.2. Polifenoller

Polifenoller, bitkilerin sekonder metabolitleridir ve fenolik asitler gibi basit moleküllerden kompleks tanenler gibi yüksek düzeyde polimerize bileşiklere kadar sayısız kimyasal yapı içerir (Fraga, 2009). Polifenoller köken kaynaklarına, biyolojik işlevlerine ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırılmıştır (Tsao, 2010). Kimyasal yapıya göre polifenol yapıları çok çeşitli moleküller içerirler ve genellikle flavonoidler ve flavonoid olmayanlar olarak ikiye ayrılırlar (Daglia, 2012).

2.2.1. Flavonoidler

Flavonoidler, tümü C₆-C₃-C₆ yapısına sahip olan C₁₅ bileşikleridir. Flavonoidler genel yapılarına göre üç büyük sınıfa ayrılabilir. Her durumda, iki benzen halkası, üç karbonlu bir grupla birbirine bağlanmıştır. Bileşiklerin nasıl sınıflandırıldığını belirleyen C₃ grubunun dizilişidir (Vermerris ve Nicholson, 2007). Kısaca flavonoidleri, üç karbonlu bir köprü ile birbirine bağlanan iki aromatik halka ile on beş karbon içeren polifenolik bileşikler olarak tanımlayabiliriz (Crozier vd., 2008). Merkezi piran halkasının oksidasyon durumuna bağlı olarak flavonoidler; flavonlara (örn., rutin, chrysin, apigenin ve luteolin), flavonollere (örn., kersetin, kaempferol, mirisetin ve fisetin), flavan-3-ollere (örn., proantosiyanidinler, kateşin, epikateşin ve epigallokateşin), flavanonlara (örneğin, flavanon, hesperetin, naringin ve naringenin), izoflavonoidlere (örneğin, genistein ve daidzein), antosiyanidinlere (örneğin, apigenidin, mal-

vidin, siyanid ve delphinidin) ayrılabilirler (Daglia, 2012; Koop vd., 2022).

2.2.1.1. Antosiyanidinler (Antosiyaninler)

Antosiyanidinler, çiçek yapraklarının, meyve ve sebzelerin çoğunluğunun kırmızı, mavi ve mor pigmentlerinin ve siyah pirinç gibi bazı özel tahıl çeşitlerinin ana bileşenleridir. Bitkilerdeki antosiyanidinler, çoğunlukla antosiyaninler olarak adlandırılan glikozidik formlarda bulunur (Tsao, 2010). Tek tek antosiyaninler arasındaki farklar, hidroksil gruplarının sayısı, moleküle bağlı şekerlerin doğası ve sayısı, bu bağlanmanın konumu ve moleküldeki şekerlere bağlı alifatik veya aromatik asitlerin doğası ve sayısı ile ilgilidir (Kong vd., 2003).

2.2.1.2. Flavonlar

Flavon terimi ilk kez 1895 yılında von Kostanecki ve Tambor tarafından kullanılmıştır. Flavonlar, doğrudan biyosentetik öncü olarak flavanonlardan antosiyanidin/proantosiyanidin bir dallanma noktasından sentezlenir. Flavonlar bitkilerin tüm kısımlarında, yer üstünde ve altında, vejetatif ve üretici organlarda bulunabilir: gövde, yapraklar, tomurcuklar, ağaç kabuğu, öz odun, dikenler, kökler, rizomlar, çiçekler, farina, meyve, tohumlar, kökte, yaprak eksüdalı ve reçinede ayrıca tüm büyük kara bitkisi soylarında bulunur (Martens ve Mithöfer, 2005). Luteolin, apigenin ve hispidulin yaygın olarak incelenen flavonlardır.

2.2.1.3. Flavanoller

Flavanoller veya flavan-3-oller genellikle kateşinler olarak adlandırılır (Tsao, 2010). Flavan-3-ol'ler, yayınlanan bileşiklerin yapısal özellikleri analiz edilerek basit flavan-3-ols, alkaloid flavan-3-ols ve oligomerik flavan-3-ols olarak sınıflandırılabilir (Luo vd., 2022).

2.2.1.4. Flavanonlar

Flavanon, tümör, yaşlanma ve kardiyovasküler hastalıkları iyileştirme, tedavi etme ve önleme potansiyeline sahip önemli bir doğal bileşiktir (Shi vd., 2010). En yaygın olan flavanonlar; hesperetin, hesperidin, naringenin ve naringindir (Sekaran ve Thangavelu, 2022).

2.2.1.5. Flavonoller

Flavonoller, bir keton grubu içeren flavonoidlerdir. En yaygın olarak incelenen flavonoller, kuersetin, kaempferol, fisetin ve mirisetindir. Flavonoller, C halkasının 3 karbon atomunda glikosile edilebilen hidroksil grubu içerir (Sekaran ve Thangavelu, 2022).

2.2.1.6. İzoflavonlar

Genistein (7,40-dihidroksi-6-metoksiizoflavon), daidzein (7,40-dihidroksiizoflavon), glisit (7,40-dihidroksi-6-metoksiizoflavon), biokanin A

(5,7-dihidroksi-40-metoksiizoflavon) ve formononetin (7-hidroksi-4'-metoksiizoflavon) izoflavon fitoöstrojenlerine aittir. Bir daidzein metaboliti olarak Equol de bazen bu grup arasında yer alır. Biyolojik güçleri kimyasal yapıya göre değişmekle birlikte en güçlüsü genisteindir (Ruiz-Larrea vd., 1997).

2.2.1.7. Kalkonlar

Kalkonlar, 1,3-difenil-2-propen-1-on yapısına sahip doğal bir ürün olup, anti-inflamatuar antiviral, antiplatelet, antibakteriyel, antimalaryal, analjezik, antioksidan ve kanser önleyici maddeler içeren çeşitli biyolojik aktiviteler sergileyen sekonder metabolitlerdir. Kalkon türevlerinde aktif α , β -doymamış keton gruplarının varlığının biyolojik aktivitelerinden sorumlu olduğuna inanılmaktadır. Ayrıca beş üyeli halkalarında iki nitrojen atomu bulunan pirazoller gibi nitrojen içeren heterosiklik bileşikler önemli farmasötik aktiviteler gösterir (Liu vd., 2022; Kamel vd., 2022).

2.2.2. Flavonoid Olmayanlar

2.2.2.1. Stilbenler

Stilbenler, bitki türlerinin heterojen bir bileşiminde çoğunlukla öz odun bileşenleri olarak bulunan nispeten küçük, ancak yaygın olarak dağılmış bir bitki ikincil metabolitleri grubudur. Stilben ailesinin üyeleri, bir $C_6-C_2-C_6$ yapısı sergiler ve flavonoidlerle aynı biyosentetik yoldan türer. *Pinus* (Pinaceae), *Eucalyptus* (Myrtaceae) ve *Madura* (Moraceae) cinslerinin ağaçlarının öz odununda özellikle önemlidirler. Para hidroksillenmiş bileşik, resveratrol, doğada en yaygın olarak bulunan ve antitümör potansiyeli nedeniyle son yıllarda yoğun olarak araştırılan stilbendir (Hussein ve El-Anssary, 2019; Carochi ve Ferreira, 2013). Stilbenler ve özellikle *trans*-Resveratrol, çok sayıda bitki ailesinde bulunur. Aslında, bu düşük moleküler ağırlıklı fenolikler, Pinaceae ve Gnetaceae familyalarına ait gymnosperm bitkilerinde bulunur; Poaceae, Cyperaceae ve Liliaceae familyalarına ait monokot angiosperm bitkilerinde ve Myrtaceae, Fabaceae, Moraceae, Fagaceae, Palmaceae, Polygonaceae ve Vitaceae familyasından dikot angiosperm bitkilerinde bulunur (Morales vd., 2000; Likhtenshtein, 2009; Moreno ve Peinado, 2012; Rupasinghe, 2015).

2.2.2.2. Lignanlar

Lignanlar, esas olarak Asteraceae (örn., *Achillea lingulata*), Pinaceae (örn., *Cedrus deodara*) ve Rutaceae (örn., *Fagara heitzii*) üyelerinden rapor edilen bir fenilpropan türevinin iki molekülünün birleşmesiyle oluşturulan dimerik bileşiklerdir. Dört ana alt tip oluşur: dibenzilbütan türevleri, dibenzilbütanolaktonlar (lignanolidler veya bütanolid türevleri), monoepoksi lignanlar veya tetrahidrofuran ve bisepoksilignanların türevleri veya 3,7-dioksabisiklo (3.3.0)-oktan türevleri. Bu bileşiklerin birçoğu antimikrobiyal ve antifungal aktiviteler gösterir (Hussein ve El-Anssary, 2019).

Genellikle monolignol birimleri olarak adlandırılan lignanları oluşturan en yaygın fenilpropan birimleri, *p*-kumaril, koniferil ve sinapil alkollerdir. Bu üç fenilpropanoid molekülü, aromatik halkalarında yalnızca metoksilasyon ile değişir. Monolignollerin bir araya gelmesi, birçok bitkide bulunan doğal lignanlar ve ligninlere yol açar (Tsopmo vd., 2013).

Fenilpropanoidlerin moleküler bağlarının doğası, lignanların klasik lignanlar ve neolignanlar olarak iki ana alt sınıfa ayrılmasının en temel seviyesini sağlar, ancak flavonolignanlar ve kumarolignanlar dahil olmak üzere daha küçük alt sınıflar da mevcuttur. Klasik lignanlar β - β ' bağlantısına sahip fenilpropan dimerleridir ve klasik lignanların altı ana alt tipi vardır: dibenzilbütanlar, dibenzilbütirolaktonlar, arilnaftalinler/ariltetralinler, dibenzosiklo-oktadienler, ikame edilmiş tetrahidrofuranlar ve 2,6-diarilfurofuranlar. Neolignan, klasik lignanların β - β ' (8-8' olarak da anılır) fenilpropan bağlantısını içermeyen fenilpropanoid dimerleri ayırt etmek için başlangıçta Gottlieb tarafından icat edilen bir sınıflandırmadır. Neolignanlar, klasik lignanlardan daha çeşitli yapılara sahiptir; fenilpropan birimleri arasındaki bağlantının doğası ve konumuna göre belirlenen 15 alt tip vardır: en yaygın alt türleri benzofuranlar, 1,4-benzodioksanlar, alkil aril eterler, bifeniller, siklobütanlar, 8-1'-bisiklo [3.2.1] oktanlar, 8-3'-bisiklo [3.2.1] oktanlar ve bifenil eterlerdir (Pilkington, 2018).

2.2.2.3. Ligninler

Lignin, monolignoller olarak bilinen üç basit alkolden oluşan, birçok dalı olan bir polimerdir. Üç ana lignin grubu vardır: iğne yapraklı ağaçların ligninleri (gymnospermiler), yapraklı ağaçların ligninleri (angiospermiler) ve otların ligninleri (odunsu olmayan veya otsu bitkiler). Ligninlerin antioksidan, antihipertansif ve antikanser özellikleri tanımlanmıştır (Carocho ve Ferreira, 2013).

2.2.2.4. Tanenler

Tanenler, proteini çöktürme yeteneğine sahip polifenollerdir. Tanenlerin hidrolize edilebilen ve hidrolize edilemeyen veya yoğunlaştırılmış tanenler olmak üzere iki kategorisi vardır. Hidrolize edilebilir tanenler, gallik asit ile esterleştirilebilen glikoz ve hidroksil grupları gibi polihidrik alkolün merkezi bir çekirdeğine sahipken, yoğunlaştırılmış tanenler yapısal olarak daha karmaşıktır ve bazı flavonoidler tarafından polimerizasyonun sonucudur (Carocho ve Ferreira, 2013).

Hidrolize edilebilir tanenler, ester bağlarıyla bir merkezi glikoz molekülüne bağlanan gallik ve heksahidroksidifenik asitler gibi birkaç fenolik asit molekülünden oluşur. Hidrolize edilebilir tanenlerin başlıca iki türü, sırasıyla gallik asit ve ellagik asit birimlerinden oluşan galletaninler ve ellagitaninlerdir (Hussein ve El-Ansary, 2019).

3. FENOLİK BİLEŞİKLERİN BİYOLOJİK AKTİVİTE ÖZELLİKLERİ

Biyolojik aktivite; bir maddenin canlı organizmalara karşı gösterdiği herhangi bir etki olara tanımlanır ve antioksidan, antimikrobiyal, antifungal, antibakteriyel, antiviral, antiinflamatuvar ve antikanser özellikleri olarak ifade edilir. Bu bölümde fenolik bileşiklerin biyolojik aktiviteleri ele alınmıştır.

Flavonlardan Luteolin, çeşitli farmakolojik özelliklere sahip olup, örneğin antikanser, bağıışıklığı düzenler, antioksidan, antiinflamatuvar ve osteoklast aktivitesini inhibe eder. Apigenin, güçlü bir anti-inflamatuvar, anti-oksidan, anti-kanserojen, anti-mutajenik ve anti-proliferatif ajandır. Hispidulin, antitrombotik, antioksidan, antifungal ve antiproliferatif özelliklere sahiptir (Sekaran ve Thangavelu, 2022).

Hesperetin antiinflamatuvar, antioksidan, analjezik ve kolesterol düşürücü özelliklere sahip flavanonların alt grubuna aittir. Naringenin ise, analjezik, antioksidan, antiviral, antiinflamatuvar, antiadipojenik, antitümöral ve kardiyoprotektif etkileri ile bilinir. Naringenin'in oksidatif stresörleri, sinir sistemi bozukluklarını, hepatotoksiteyi, diyabeti, ateroskleroza ve kemik bozukluklarını gidermedeki yararlı rolü olduğu üzerinde durulmuştur (Sekaran ve Thangavelu, 2022). Ayrıca naringenin, oksijen radikallerini temizleyen, anti-inflamatuvar özelliklere sahip ve insan hücrelerinde iki gözenekli kanalların inhibitörü olan bir antioksidandır. Önemli olarak, naringenin, katı tümör ilerlemesi için gerekli bir süreç olan neo-anjiyogenezi bloke eder ve çeşitli viral enfeksiyonların tedavisinde de faydalıdır (Martín ve Liras, 2022).

Kuersetin antiinflamatuvar, immünomodülatör, antimikrobiyal, antikari-nojenik, antihipertansif, kardiyoprotektif ve birçok biyolojik özelliği ile bilinir. Kaempferol, antiinflamatuvar, antioksidan, antimikrobiyal, antitümör ve antikanser aktivitelerine sahiptir (Sekaran ve Thangavelu, 2022).

Fenolik asitler antioksidan görevi görürler (fenol parçasının reaktivitesinden dolayı; aromatik halka üzerindeki hidroksil ikamesi). Fenolik asitlerin antioksidan aktivitesi (fenol parçasının reaktivitesinden dolayı) için çeşitli mekanizmalar bilinmesine rağmen, hidrojen atomu bağışı yoluyla radikal temizlemenin ana yöntem olduğuna inanılmaktadır. Fenolik asitlerde aromatik halka üzerindeki sübtitüentler, yapının stabilizasyonunu etkiler ve sonuç olarak radikal sönmüleme kabiliyetini etkiler. Bu nedenle farklı fenolik asitler farklı antioksidan aktiviteye sahiptir ve serbest, esterlenmiş, glikosile edilmiş ve glikosile edilmemiş fenoliklerin antioksidan aktiviteleri rapor edilmiş ve farklı bulunmuştur (Kumar ve Goel, 2019).

Kumarinlerin, oksijenden türeyen reaktif maddelerin oluşumunu ve temizlenmesini etkilediği ve ayrıca flavonoidler gibi diğer bazı bitki fenolikleri gibi serbest radikal aracılı hasarı içeren süreçleri etkilediği de bilinmektedir.

Kumarin ve heterosiklik türevleri, antitümör, antibakteriyel, anti-inflamasyon, insan karbonik anhidrazının inhibisyonu ve antikanser aktivitesi dâhil olmak üzere faydalı ve çeşitli biyolojik aktiviteler sergiler. Ayrıca, hidroksil kumarinler güçlü antioksidanlar olarak kabul edilir ve reaktif oksijen türlerini temizler, böylece insan vücudunda serbest radikal hasarını önleyebilirler (Das vd., 2019). Kumarinin kendisi çok düşük bir antibakteriyel aktiviteye sahiptir, ancak ammosesinol ve ostruthin gibi uzun zincirli hidrokarbon ikamelerine sahip bileşikler, *Bacillus megaterium*, *Micrococcus luteus*, *Micrococcus lysodeikticus* ve *Staphylococcus aureus* gibi geniş bir Gram + bakteri yelpazesine karşı aktivite gösterir (Venugopala vd., 2013).

Aegle marmelos (L.) Corrêa'nın yeşil meyvelerinden elde edilen anthogenol'ün *Enterococcus*'a karşı

Scrophularia frutescens L. ve *Scrophularia sambucifolia* L'den izole edilen fenolik asitlerin antibakteriyel özellikleri değerlendirilmiştir. *Scrophularia frutescens* L.' den ferulik asit, izovanillik asit, *p*-hidroksisinnamik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, siringik asit, kafeik asit, gentisik asit ve protokateşik asit izole edilmiştir. *Scrophularia sambucifolia* L'den ise ferulik, *p*-kumarik, vanillik, *p*-hidroksibenzoik ve siringik asit izole edilmiştir. Her iki türün fenolik fraksiyonları, Gram-pozitif bakterilere karşı, özellikle *Bacillus* sp.'ye karşı daha fazla aktivite göstermiştir. Bununla birlikte, fenolik asitler açısından en zengin tür olan *S. frutescens*'in de antibakteriyel denemede en aktif tür olduğu bulunmuştur. Bu türün daha güçlü antibakteriyel aktivite göstermesi, sahip olduğu yüksek fenolik bileşik oranına atfedilebilir. Bu ön sonuçlar, *S. frutescens* ve *S. sambucifolia* tarafından sergilenen antibakteriyel etkinin fenolik asitlerin varlığına atfedilebileceğini, bu nedenle bu türlerin bakteriyolojik enfeksiyonlarda, özellikle Gram-pozitif bakterilerin dahil olduğu süreçlerde potansiyel bir antiseptik ajanlar olarak kabul edilebileceğini düşündürmektedir (Fernandez vd., 1996).

Flavan-3-oller göz önüne alındığında, kateşinlerin antibakteriyel aktivitesi gösterdiği, çeşitli bakteri türlerinin *Vibrio cholerae*, *Streptococcus mutans*, *Campilobacter jejuni*, *Clostridium perfringes*, and *Escherichia coli* gibi *in vitro* büyümesini engellediği bilinmektedir. Ayrıca, (-)-galloocatechin-3-gallate, (-)-epigallocatechin-3-gallate, (-)-catechin-3 gallate ve (-)-epicatechin-3-gallate gibi bazı çay kateşinlerinin *Bacillus cereus* gibi diğer bazı gıda kaynaklı patojenik bakterilere karşı nanomolar seviyelerde aktif olduğu gözlemlenmiştir (Daglia, 2012).

Mantarlar en yaygın bulaşıcı ajanlardır ve çeşitli hastalıklara neden olabilirler. Antifungal ajanlar, mantar enfeksiyonlarını en az toksik etkilerle konakçı vücuttan yok eden ilaçlardır. Mantar organizmasının karmaşık temel yapısı nedeniyle antifungal ilaçların gelişimini antibakteriyel ilaçlar izlemiştir. Bakteriyel hücreler prokaryotik (karyonsuz) bir yapıya sahiptir. Bu nedenle,

çeşitli fiziksel ve metabolik aktiviteleri diğer insan konakçılarınınkinden tamamen farklıdır. Buna karşılık, mantarlar ökaryotlardır; bu nedenle mantarlar için öldürücü olan birkaç ilaç, konakçı vücut için de öldürücü kalır. Ayrıca, mantarlar genellikle çok hücreli sistemlerde kademeli olarak gelişir, bu nedenle bakterilere kıyasla tahmin edilmesi zordur. Bu, etkili antifungal ajanların *in vivo* veya *in vitro* özelliklerinin tasarımı ve tahminini araştırmayı zorlaştırır. Bu kısıtlamalara rağmen, ortaya çıkan yeni mantar önleyici ilaçlarda ve kalan türevlerin anlaşılmasında çeşitli gelişmeler tamamlanmıştır. Saçkıran, atlet ayağı ve onikomikozu önleyen mantar önleyici ilaçlarda, kumarinden türetilen mantar önleyici maddeler yaygın olarak sentezlenmiştir. Örneğin, 7-hidroksi-kumarin serisinde ikame edilmiş grubun büyüklüğünün mantar önleyici aktiviteyi arttırmak için önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Böylece alkenil yan zincirinin uzunluğundaki bir azalmanın mantar öldürücü aktiviteyi arttırdığı ortaya çıkmıştır (Penta, 2016).

Fenolik asitler *Aspergillus flavus*, *Penicillium funiculosum* ve *Penicillium okrokloron* dahil olmak üzere bazı mantarlara karşı bariz antifungal aktiviteler sergilemiştir. Bununla birlikte, *A. ochraceus* ve *A. niger* ile *Candida albicans*, ekstraktlara karşı hafif direnç göstermiştir (O Elansary vd., 2019).

Doğal bir stilbenoid olan pinosilvin, çam yaprağının (*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.) ve *Pinus* spp'nin öz odununun bir bileşenidir (örneğin, *Pinus sylvestris* L.). Pinosilvin içeriği, çam yaprağının UV ışınlanması ile önemli ölçüde artar. (Lee vd., 2005).

Kumarin türevlerindeki düzlemsellik, aktif anti-HIV ajanlarının geliştirilmesi için önemli yapısal özelliklerden biridir. Anti-HIV aktivitesinin tam kaybı, sterik etkilerin çoğunlukla C₄ ve C₅ sübstitüentlerinde meydana geldiği kumarin türevlerinde gözlenmiştir. Kumarin halkası üzerindeki metil grubu gibi küçük alifatik ikameler, geliştirilmiş anti-HIV aktivitesi için iyi kabul edilirken, aromatik gruplar etkili değildir. Bir kumarin çekirdeğine bağlı OMe, Br ve OAc grupları gibi alkil grubu dışındaki bazı küçük ikameler, sitotoksisitenin yanı sıra azaltılmış anti-HCV aktivitesi üretir. Benzimidazol-kumarin hibritleri, D-ribofuranosid türevleri ile, anti-hepatit C virüsü (HCV) aktivitesi için test edilmiş ve metil grubu hibritleri ile ikame edilmiş benzimidazol-kumarin çekirdeği, önemli anti-HCV aktivitesi sergilemiştir (Penta, 2016).

Anti-HIV ajanları olarak çok çeşitli doğal ürünler tanımlanmıştır ve kumarin çekirdeğine sahip bileşikler bunların arasındadır. Bunlardan inofilumlar ve kalanolidler yeni HIV önleyici kumarin türevlerini temsil eder. *Calophyllum lanigerum* Miq.'in yapraklarından izole edilen iki izomer (+)-kalanolid A ve (-)-kalanolid B'nin HIV-1 kopyasına karşı tamamen koruyucu olduğu tespit edilmiştir. (+)-Kalanolid A, HIV-1'e karşı güçlü aktiviteye sahip, nükleozit olmayan bir ters transkriptaz (RT) inhibitörüdür. (-)-Kalanolid B ve (-)-dihidrokalanolid B, (+)-kalanolid A'ninkine benzer antiviral özelliklere sahiptir.

HIV enfeksiyonlarının tedavisi için geliştirilme aşamasında olan (+)-kalanolid A ve (+)-dihidrokalanolid A, nötr pH'da stabildir. Sırasıyla *Calophyllum inophyllum* Linn ve *Calophyllum cerasiferum* Vesque tohumlarının yağından izole edilen inofilum A ve (-)-kalanolide B güçlü HIV-1 RT inhibitörleri olarak bilinirler (Venugopala vd., 2013).

Flavan-3-ols'lerden olan epigallokatekin galat (EGCG) ve epikateşin galat (EKG), grip virüsüne karşı epigallokateşinden (EGC) 10-15 kat daha aktif olduğu yapılan çalışmalar göstermiştir. EGCG ayrıca zamana bağlı değişken ve konsantrasyona bağlı mantar öldürücü aktiviteler sergilemiştir. *Candida albicans* da dahil olmak üzere birçok mantarın bu bileşiğe duyarlı olduğu kanıtlanmıştır, bu da flavan-3 ols'ün aşırı antibiyotik kullanımından kaynaklanabilen ağız boşlukları, bağırsak ve vajinadaki *C. albicans* süperenfeksiyonlarının tedavisinde yararlı olabileceğini düşündürmektedir (Daglia, 2012).

İnflamasyon, insan vücudunda kimyasal, fiziksel, immünolojik veya biyolojik uyarıların bir sonucu olarak ortaya çıkan dinamik bir biyolojik süreçtir. Kızarıklık, tümör, ateş, ağrı ve fonksiyon bozukluğu gibi beş ana belirti ile karakterize edilir. Kumarin türevleri, önemli bir anti-inflamatuar molekül sınıfını oluşturur. Bitkilerden elde edilen çeşitli kumarin türevleri doku ödemi azaltarak, siklooksijenaz ve lipoksijenaz gibi enzimatik sistemlerin fonksiyonlarını değiştirerek ve serbest radikallerin oluşumunu önleyerek anti-inflamatuar etki gösterir (Bansal vd., 2013).

Genel olarak, antikanser ilaçları hücre bölünme sürecini kesintiye uğratarak anormal şekilde bölünen hücreye zarar verir. Resveratrolün güçlü anti-inflamatuar ve antioksidan etkilere sahip olduğu ve trombosit agregasyonunu ve çeşitli kanser hücrelerinin büyümesini engellediği bilinmektedir. Ayrıca anti-kanserojen etkilerin antioksidan aktivitesi ile yakından ilişkili olduğu görülmektedir (Athar vd., 2007).

Sinamik asit, antioksidan, antiproliferatif, antianjiyogenik ve antitümör aktivitesi nedeniyle bilim camiasında büyük ilgi görmüştür. Bu nedenle, çok sayıda sinamik asit türevi, antitümör etkinlikleri açısından test edilmiştir. Kafeik, ferulik ve kumarik asitler gibi tüm ana HSA'lar, örneğin kolon kanseri, adenokarsinom, hepatokarsinom, meme kanseri ve diğer birçok kanserde çeşitli çalışmalarda antikanser özellikleri göstermiştir. *Quercus acutissima* Carruth. metanolik kabuk ekstraktlarından elde edilen kafeik asit, ellagik asit, gallik asit ve protokateşik asit göğüs kanseri hücre hattına, rahim ağzı kanseri hücrelerine, insan T lenfosit hücrelerine, insan kolon kanseri hücre hattına, insan embriyonik böbrek hücrelerine karşı antikanser aktivite sergilemiştir (O Elansary vd. 2019, Burlacu vd. 2020).

KAYNAKÇA

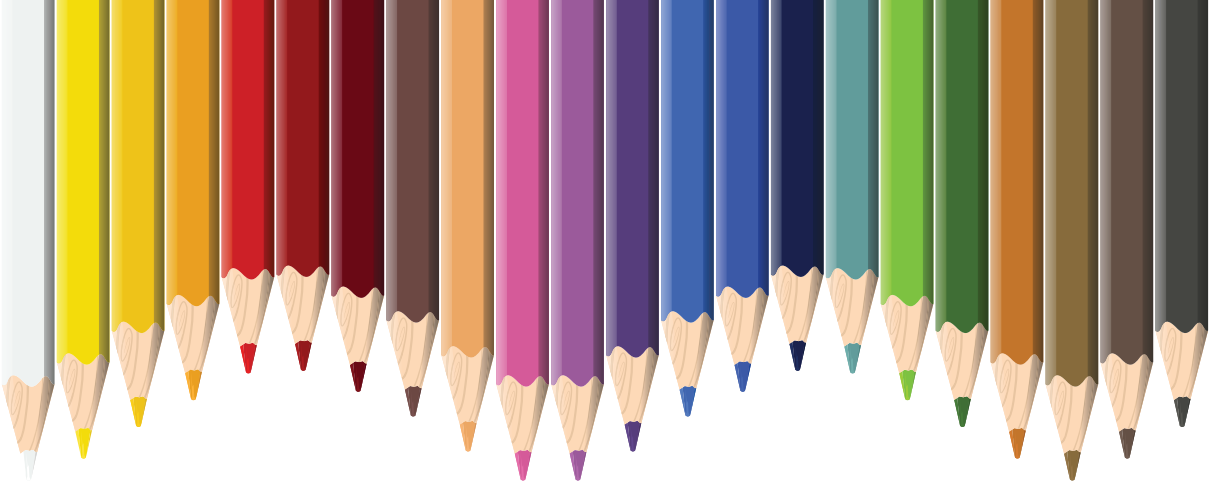
- Al Mamari, H. H. (2021). Phenolic Compounds: Classification, Chemistry, and Updated Techniques of Analysis and Synthesis. In *Phenolic Compounds*. IntechOpen.
- Athar, M., Back, J. H., Tang, X., Kim, K. H., Kopelovich, L., Bickers, D. R., & Kim, A. L. (2007). Resveratrol: a review of preclinical studies for human cancer prevention. *Toxicology and applied pharmacology*, 224(3), 274-283.
- Bansal, Y., Sethi, P., & Bansal, G. (2013). Coumarin: a potential nucleus for anti-inflammatory molecules. *Medicinal Chemistry Research*, 22(7), 3049-3060.
- Batista, Â. G., da Silva-Maia, J. K., & Maróstica Jr, M. R. (2021). Generation and alterations of bioactive organosulfur and phenolic compounds. In *Chemical Changes During Processing and Storage of Foods* (pp. 537-577). Academic Press.
- Burlacu, E., Nisca, A., & Tanase, C. (2020). A comprehensive review of phytochemistry and biological activities of *Quercus* species. *Forests*, 11(9), 904.
- Campos, M. R. S. (Ed.). (2018). *Bioactive compounds: health benefits and potential applications*. Woodhead Publishing.
- Carocho, M., & CFR Ferreira, I. (2013). The role of phenolic compounds in the fight against cancer—a review. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*, 13(8), 1236-1258.
- Crozier, A., Clifford, M. N., & Ashihara, H. (Eds.). (2008). *Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet*. John Wiley & Sons.
- Daglia, M. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current opinion in biotechnology*, 23(2), 174-181.
- Das, A. B., Goud, V. V., & Das, C. (2019). Phenolic compounds as functional ingredients in beverages. In *Value-Added Ingredients and Enrichments of Beverages* (pp. 285-323). Academic Press.
- Fernandez, M. A., Garcia, M. D., & Saenz, M. T. (1996). Antibacterial activity of the phenolic acids fractions of *Scrophularia frutescens* and *Scrophularia sambucifolia*. *Journal of ethnopharmacology*, 53(1), 11-14.
- Fraga, C. G. (Ed.). (2009). *Plant phenolics and human health: biochemistry, nutrition and pharmacology* (Vol. 1). John Wiley & Sons.
- Goleniowski M., Bonfill M., Cusido R., Palazón J. (2013) Phenolic Acids. In: Ramawat K., Mérillon JM. (eds) Natural Products. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_64
- Hussein, R. A., & El-Ansary, A. A. (2019). Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants. *Herbal medicine*, 1, 13.
- Kamel, M. G., Sroor, F. M., Othman, A. M., Mahrous, K. F., Saleh, F. M., Hassaneen,

- H. M., ... & Teleb, M. A. M. (2022). Structure-based design of novel pyrazolyl-chalcones as anti-cancer and antimicrobial agents: synthesis and in vitro studies. *Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly*, 1-11
- Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F., & Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923-933.
- Koop, B. L., da Silva, M. N., da Silva, F. D., dos Santos Lima, K. T., Soares, L. S., de Andrade, C. J., & Monteiro, A. R. (2022). Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption. *Food Research International*, 110929.
- Kougan, G. B., Tabopda, T., Kuete, V., & Verpoorte, R. (2013). Simple phenols, phenolic acids, and related esters from the medicinal plants of Africa. In *Medicinal plant research in Africa* (pp. 225-249). Elsevier.
- Kumar, N., & Goel, N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24, e00370.
- Lafay, S., & Gil-Izquierdo, A. (2008). Bioavailability of phenolic acids. *Phytochemistry Reviews*, 7(2), 301-311.
- Lee, S. K., Lee, H. J., Min, H. Y., Park, E. J., Lee, K. M., Ahn, Y. H., ... & Pyee, J. H. (2005). Antibacterial and antifungal activity of pinosylvin, a constituent of pine. *Fitoterapia*, 76(2), 258-260.
- Likhtenshtein, G. (2009). *Stilbenes: applications in chemistry, life sciences and materials science*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Liu, W., He, M., Li, Y., Peng, Z., & Wang, G. (2022). A review on synthetic chalcone derivatives as tubulin polymerisation inhibitors. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 37(1), 9-38.
- Luo, Y., Jian, Y., Liu, Y., Jiang, S., Muhammad, D., & Wang, W. (2022). Flavanols from Nature: A Phytochemistry and Biological Activity Review. *Molecules*, 27(3), 719.
- Maddox, C. E., Laur, L. M., & Tian, L. (2010). Antibacterial activity of phenolic compounds against the phytopathogen *Xylella fastidiosa*. *Current microbiology*, 60(1), 53-58.
- Mamedov, N. (2012). Medicinal plants studies: history, challenges and prospective. *Med Aromat Plants*, 1(8), e133.
- Martens, S., & Mithöfer, A. (2005). Flavones and flavone synthases. *Phytochemistry*, 66(20), 2399-2407.
- Martín, J. F., & Liras, P. (2022). Comparative Molecular Mechanisms of Biosynthesis of Naringenin and Related Chalcones in Actinobacteria and Plants: Relevance for the Obtention of Potent Bioactive Metabolites. *Antibiotics*, 11(1), 82.
- Matos, M. J., Santana, L., Uriarte, E., Abreu, O. A., Molina, E., & Yordi, E. G. (2015). Coumarins—an important class of phytochemicals. *Phytochemicals-Isolation, Characterisation and Role in Human Health*, 25, 533-538.

- Morales, M., Ros Barcelo, A., & Pedreno, M. A. (2000). Plant stilbenes: recent advances in their chemistry and biology. *Advances in Plant Physiology*, 3, 39-70.
- Moreno, J., & Peinado, R. (2012). *Enological chemistry*. Academic Press.
- O Elansary, H., Szopa, A., Kubica, P., Ekiert, H., A Mattar, M., Al-Yafrasi, M. A., ... & Yessoufou, K. (2019). Polyphenol profile and pharmaceutical potential of *Quercus* spp. bark extracts. *Plants*, 8(11), 486.
- Penta, S. (2016). Antimicrobial agents. In *Advances in Structure and Activity Relationship of Coumarin Derivatives* (pp. 9-45). Academic Press.
- Pilkington, L. I. (2018). Lignans: A chemometric analysis. *Molecules*, 23(7), 1666.
- Rashmi, H. B., & Negi, P. S. (2020). Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits. *Food Research International*, 136, 109298.
- Roopan, S. M., & Madhumitha, G. (Eds.). (2018). Bioorganic phase in natural food: An overview.
- Ruiz-Larrea, M. B., Mohan, A. R., Paganga, G., Miller, N. J., Bolwell, G. P., & Rice-Evans, C. A. (1997). Antioxidant activity of phytoestrogenic isoflavones. *Free radical research*, 26(1), 63-70.
- Rupasinghe, H. V. (2015). Application of NMR Spectroscopy in Plant Polyphenols Associated with Human Health. In *Applications of NMR Spectroscopy* (pp. 3-92). Bentham Science Publishers.
- Santos-Sánchez, N. F., Salas-Coronado, R., Hernández-Carlos, B., & Villanueva-Cañongo, C. (2019). Shikimic acid pathway in biosynthesis of phenolic compounds. *Plant physiological aspects of phenolic compounds*, 1.
- Sekaran, S., & Thangavelu, L. (2022). Re-appraising the role of flavonols, flavones and flavonones on osteoblasts and osteoclasts-A review on its molecular mode of action. *Chemico-Biological Interactions*, 109831.
- Shi, L., Feng, X. E., Cui, J. R., Fang, L. H., Du, G. H., & Li, Q. S. (2010). Synthesis and biological activity of flavanone derivatives. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 20(18), 5466-5468.
- Stewart A.J & Stewart R.F. (2008). *Phenols*. Encyclopedia of Ecology, Jorgensen, S. E., & Fath, B. D. (Eds.). Academic press, 2682–2689.
- Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2(12), 1231-1246.
- Tsopmo, A., Awah, F. M., & Kuete, V. (2013). Lignans and stilbenes from African medicinal plants. In *Medicinal plant research in Africa* (pp. 435-478). Elsevier.
- Venugopala, K. N., Rashmi, V., & Odhav, B. (2013). Review on natural coumarin lead compounds for their pharmacological activity. *BioMed research international*, 2013.
- Vermerris, W., & Nicholson, R. (2007). *Phenolic compound biochemistry*. Springer Science & Business Media.

Vuolo, M. M., Lima, V. S., & Junior, M. R. M. (2019). Phenolic compounds: Structure, classification, and antioxidant power. In *Bioactive compounds* (pp. 33-50). Woodhead Publishing.

Zuiter, A. S. (2014). Proanthocyanidin: Chemistry and biology: From phenolic compounds to proanthocyanidins.



Bölüm 11

ELMADA BUDAMANIN ÖNEMİ VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

*Ferit ÇELİK¹
Erdal AĞLAR²
Ömer ÖZTAŞ³*

1 Prof. Dr. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, feritcelik@yyu.edu.tr Orcid:0000-0001-9089-2468

2 Doç. Dr. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, erdalaglar@yyu.edu.tr Orcid:0000-0001-9089-2468

3 Yüksek Ziraat Mühendisi Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü omeroztas@gmail.com, Orcid: 0000-0001-9034-5675

1. GİRİŞ

Asya ve Avrupa'da geniş yayılım alanı bulan elmanın kültür tarihinin ne zaman başladığı bilinmemekle birlikte yaklaşık 4000 yıllık kültüre sahip olduğu düşünülmektedir. Elma kültürü Anadolu, Yunanistan ve İtalya yoluyla bütün Avrupa'ya yayılmış ve buradan Amerika'ya giden ilk göçmenler vasıtasıyla da bu kıtaya götürülmüştür. Daha sonra da kültür elması Güney Afrika, Yeni Zelanda ve Avustralya'ya götürülerek dünyanın beş kıtası üzerinde yetiştirilir hale gelmiştir. Kuzey ve güney yarı kürenin ılıman iklime sahip bölgelerinde elma kültürü hâkimdir. Asya kıtası, elmanın gen merkezlerinden olması nedeniyle elmanın bu kıtada yayılmasında etkili olmuştur. Türkiye meyvecilik alanında pek çok türün anavatanı ve meyvecilik kültürünün başlangıç noktalarından biridir. Coğrafi yapısı nedeniyle önemli tür ve çeşit zenginliğine sahip bir ülke olan Türkiye elmanın da anavatanları arasındadır ve önemli bir elma üreticisi ülkedir (Özçağırın ve ark., 2005).

2021 yılı verilerine göre dünya genelindeki elma üretimi yaklaşık 75.900.000 ton civarındadır. Çin, 42.400.000 ton ile birinci sırada yer alırken, AB ülkeleri ortalama 12.000.000 ton ile ikinci sırada, ABD ise yaklaşık 5.000.000 ton ile üçüncü sırada yer almaktadır. Dünyada kültürü yapılan birçok meyve türünün yetiştirilmesine imkân sağlayan Türkiye de elma en çok yetiştirilen türler arasında ikinci sıradadır ve 3.600.000 ton üretim ile dünyada dördüncü sıradadır (Anonymous, 2022). Türkiye 21 ton hektara üretimi ile dünya ortalamasının üzerinde yer almaktadır. Bununla birlikte birim alanda çok yüksek miktarda (78 ton/ha) üretim yapan ülkeler bulunmaktadır. Bu verilerden önemli bir elma yetiştirme potansiyeli bulunan ülkemizde son yıllarda modern yetiştiricilik gelişmiş olsa bile halen geçmiş yetiştirme alışkanlıklarının devam ettiği görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde, uygun yer, anaç, çeşit ve tozlayıcı çeşit seçimi ile uygun kültürel işlemler yanında, dikimden başlayarak budama ve uygun terbiye sistemlerinin uygulanması halinde hem hektara verimde artış meydana gelecek hem de ihraç edilebilecek kaliteli elma üretim miktarımızın artması mümkün olacaktır.

Meyvede kaliteyi ve verimi belirleyen ışık alımını etkileyen iki faktör ağaç büyüklüğü ve ağaç yapısıdır. Ağaç büyüklüğü ile gölgelenen verimsiz yaprak alanı arasında doğru bir orantı bulunmaktadır. Dolayısıyla bitkide bodurluk arttıkça verimsiz yaprak alanı da azalmaktadır. Nitekim Heinicke, 1975; yüksekliği 7 m olan ağaçlarda ışıklanma yüzdesinin % 24; ağaç boyu yaklaşık 5 m olan yarı bodur ağaçlarda % 13-19; bodur ağaçlarda ise % 8 olduğunu belirtmiştir.

Budama ve terbiye teknikleri ağaç büyüklüğünü kontrol eden önemli faktörlerdir ve taç içerisine giren ışığın etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Uygulanan budama ve terbiye teknikleri ile taç yapısını ve besin dağılımını düzenleyerek fotosentez ve verim artırabilmektedir (Wang ve ark., 2019, Küçüker

ve Ağlar, 2021b).

Başarılı bir elma yetiştiriciliği için uygun anaç kullanımı ve dikim sıklığının oluşturulması, kullanılan fidanın kalitesi ve destek sisteminin kullanımı ile budama ve terbiye sistemlerinin doğru uygulanması önemlidir. Modern meyve yetiştiriciliğinde temel hedef, birim alanda daha kaliteli ve erken verim elde etmektir. Bu nedenle, uygun dikim sistemi de büyük bir öneme sahiptir (Barritt, 1998). Elma yetiştiriciliğinde yüksek erkenci üretim sağlamak için, ağaç destek sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Erkencilik için bodur anaç kullanımı destekli terbiye sistemlerinin uygulanmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu destek sistemleri, ağaçların sağlam bir şekilde dik durmasını sağlarken, aynı zamanda meyve yükünü taşıyarak ağaçların meyve yükünden dolayı devrilmesini engeller. Böylece, ağaçlar daha az zarar görür ve daha yüksek verim elde edilir. Destek sistemlerinin kullanımı, meyve kalitesini artırırken, hasat işlemini de kolaylaştırır. Elma yetiştiriciliği için doğru destek sistemlerinin seçimi ve uygulanması, verimlilik ve kalite açısından oldukça önemlidir.

Dünyada önde gelen ülkelerle rekabet edebilmenin temel yolu tarımsal üretimin her alanında birim alanda verimi artırmaktır (Küçüker, 2021a). Bu düşünceden hareketle, elmada uygun çeşit anaç ve terbiye sistemi kombinasyonları kullanarak modern sık dikim sistemleri ile yetiştiriciliğin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda, ağaç büyüklüğünün kontrolünde ve birim alana verimin artırılmasında kullanılacak çeşit, anaç ve uygulanacak budama ve terbiye tekniklerinin ne kadar etkili oldukları ortaya çıkarılmıştır. Elmada bölgeye ve amaca uygun çeşit-anaç ve terbiye sistemi kombinasyonlarının geliştirilmesi için bilimsel çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu anlamda yapılacak bilimsel çalışmalara destek olmak amacıyla planladığımız çalışmada elmada budamanın verim ve kalite üzerine olan etkileri ile ilgili yapılmış çalışmalara ve sonuçlarına yer verilmiştir.

2. BUDAMA

2.1. Budamanın Tanımı

Ağaçta taç gelişiminin kontrol edilmesi, çiçeklenmenin teşvik edilmesi, verimli ağaç kaliteli meyve oluşumu, kültürel işlemlerin kolaylaştırılması, bitkide taç yapısının kontrolü ve ışık girişinin artırılması, vejetatif ve generatif dengenin ağacın ömrü boyunca devam ettirebilmesi gibi pek çok amaca hizmet eden budamanın tanımı farklı şekilde yapılmaktadır. Morrettini (1963) geliri artırabilmek amacıyla ağacın doğal şekillerinin değiştirilmesi, Ülkümen (1973) ve Özbek (1987) ağaca uygun taç yapısının oluşturularak verimliliği uzun süreli devam ettirme, yaşlı ve verimden düşmüş ağaçlarda gençleştirme kesimleri ile verim ve kaliteyi artırma işlemleri olarak tanımlamışlardır.

2.2. Budamanın Fizyolojik Esasları

Meyve ağaçları vegetatif gelişmeleriyle, generatif çabalarını, üzerinde yetiştirildikleri toprağın verimlilik durumuna, ekolojik koşullara, sulama olanağına, tür ve çeşitlerin kalıtsal yapıları ile üzerine aşılandıkları anaçlara göre düzenlerler. Kendi haline bırakılmış meyve ağaçlarında, ilk yıllarda kuvvetli bir vegetatif gelişme görülür. Bunu düzensiz verim yılları izler. Orta yaşlardan itibaren meyve ağaçlarında yetersiz bir vegetatif gelişme, aşırı bir generatif faaliyet görülür. Meyve ağaçlarının vegetatif ve generatif gelişimleri çevre koşulları ve ağacın beslenme fizyolojisinin etkisi ile düzenlenmektedir. Ağacın besin fizyolojisi toprak altı ve toprak üstü organları tarafından yönetilir. Toprak üstü ve toprak altı organları birbiri ile etkileşim içerisinde devam etmekte bitkinin yaşam döngüsünü belirleyen temel dengeyi sağlamaktadır. Bitkinin toprak üstü aksamalarında üretim oranı köklerden alınan minerallere göre daha fazla ise ($CH/N > 1$) çiçek tomurcuğu oluşumu teşvik edilirken, köklerdeki minerallerin alımı (özellikle azot) yapraklarda üretilen karbonhidratlardan fazla ise sürgün oluşumu teşvik edilir. Bununla birlikte yapraklarda sentezlenen karbonhidrat oranı ile kökler tarafından alınan N miktarının dengede olması ağacın fizyolojik dengede olduğunun göstergesidir ($CH/N:1$) (Yılmaz, 1990; Yılmaz, 2003)

Bitkinin fidan devresinde köklerin faaliyeti yapraklara göre oldukça fazladır. Nitekim bitki henüz gençlik devresinde olduğu için toprak üstü organlarının gelişimi yetersizdir. Bu aşamada köklerde minerallerin alımı oldukça fazla iken yapraklarda üretilen besin maddesi düzeyi düşüktür. Bu dönemde bitkinin üzerine aşılı anacın gelişme kuvvetine göre sürgün oluşumu sağlanmaktadır (Yılmaz, 1990).

Meyve ağaçları yaşamlarının bir döneminde çiçek tomurcuğu oluşturarak üretken döneme geçerler. Tür ve çeşide göre değişiklik gösteren verimsiz geçen süre gençlik kısırlığı olarak isimlendirilmektedir. Gençlik kısırlığı döneminin uzun sürmesi yetiştiricilik açısından arzu edilen bir dönem değildir. Bu devreyi kısaltmak amacıyla pek çok çalışma ve uygulama yapılmaktadır. Bu amaçla; farklı budama ve terbiye teknikleri, gübreleme uygulamaları zayıf anaç kullanımını gibi yöntemlere başvurulmaktadır (Küden, 1998).

Meyve ağaçlarında ışık yoğunluğu ile verim arasındaki ilişki göz önüne alındığında, uygun taç izdüşümünü sağlamanın verimi artırmanın temel hususlarından birisi olduğu unutulmamalıdır. Bu amaçla ağaçta taç yapısının düzenlenmesi, bitkide asimilasyon alanını artırabilecek dal oluşumunun sağlanması, kuvvetli büyüyen sürgünlerde dal açılarını genişletip zayıf büyüyen sürgünlerde dal açısını daraltarak ve ağaca uygun terbiye teknikleri ile birlikte fazla kesimden kaçınılarak obur dal gelişimini minime indirmek ağacın fizyolojik dengesinin korunması adına önemlidir (Forshey, 1972).

2.3. Budamanın Etkileri

2.3.1. Büyüme Kuvveti Üzerine Etkileri

Meyve ağaçlarında yapılan budama uygulamaları ile ağaçta bodurluk teşvik edilebilmekte ve taç genişliği ile yüksekliği kontrol edilebilmektedir. Budama ile ağaçta bırakılan sürgün oranı ile doğru orantılı olarak depolanmış karbonhidrat miktarı ve oluşacak yaprak alanı da belirlenmiş olacaktır. Bu nedenle yapılan budamanın şiddetine göre kök büyümesi de sınırlanmış olacaktır. Bu şekilde bitkinin bodurlaşma oranı düzenlenmektedir (Marini, 2009).

Genç ağaçlar kuvvetli sürgün oluşturma eğilimindedir. Ancak şiddetli kış budamalarından sonra oluşan yeni sürgünler kuvvetli büyüme eğilimi gösterir. Oluşan bu sürgünler dik açı ile büyüme eğiliminde olup kısmen yumuşak dokulu ve geç olgunlaşırlar. Budama işlemi ile taç ve kök arasındaki fizyolojik denge kökler lehine bozulur. Ağaçta fizyolojik dengenin yeniden kurulabilmesi amacıyla sürgün gelişimi hızlı bir şekilde devam eder. Bahsedilen fizyolojik dengenin kurulması budamanın şiddetine göre değişiklik gösterir. Kuvvetli sürgün büyümesi budamanın yapıldığı bölgede daha yoğun olup, kesim yapılan yerden uzaklaştıkça sürgün büyümesinin kuvvetinde de azalışlar meydana gelmektedir. Bu nedenlerle ağaca uygun budama yöntemleri ile aşırı ve gereksiz budamalardan kaçınıp şiddetli kesimler yerine daha çok dal eğme bükme tekniklerinin uygulandığı terbiye sistemlerini budama ile kombine etmek önemlidir.

Sürgün kısaltma budamalarında üç temel kural rol oynamaktadır. Bunlar;

- Dal üzerinde sürgünlerde kısa kesim yapıldığında sürme zayıf olmaktadır.

- Sürgünlerde şiddetli budama yapıldığında sürgün gelişimi kuvvetlidir.

- Sürgünlerden bir kısmı kısa(şiddetli), bir kısmı uzun(hafif) budanırsa, kısa budanan sürgünler zayıflar, uzun budanan sürgünler kuvvetlenir (Marini, 2009).

2.3.1. Meyve Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri

Genç ağaçlarda yapılan şiddetli budamalar kuvvetli sürgün gelişimini teşvik edeceğinden meyve vermeye başlama dönemi gecikmektedir. Yapılan budamanın şiddetine göre bu süre 3-5 yıl arasında değişir. Bu durumun en önemli nedeni üretilen karbonhidratların çiçek tomurcuğu yerine sürgün büyümesinde kullanılmasıdır. Özellikle elma, armut gibi çiçek tomurcuklarını topuz, lamburt, kargı gibi özel meyve dallarında oluşturan meyve türlerine şiddetli budamalar yapıldığında kuvvetli vejetatif sürgünlerin gelişimi teşvik edilir ve ağacın meyveye yatması gecikir. Bunun yanı sıra kısaltma kesimleri, seyreltme kesimlerine göre çiçek tomurcuğu oluşumunu daha fazla geciktirmektedir. Budamanın şiddetiyle doğru orantılı olarak çiçek tomurcuğu sayı-

sı değişiklik gösterir. Bu nedenle özellikle verim çağında şiddetli budamalar yerine hafif budamalar, dal eğme bükme ile sürgün kuvvetinin azaltılması, kısaltma budamaları yerine seyreltme budamaları çiçek tomurcuğu oluşunu teşvik etmektedir. Verimden düşmeye başlayan ağaçlarda çiçek tomurcuğu oluşumu giderek azalmaktadır. Bu ağaçlara uygun budama teknikleri ile çiçek tomurcuğu oluşumu artırılabilir (Ferree, 2003). Elmada hormon eksikliği nedeniyle meyve uygun boyut ve renge ulaşmadan önce meydana gelen ve önemli ekonomik kayıplara neden olan hasat öncesi meyve dökümü (Küçük ve Ağlar 2021a), ve elmada kabukta yumuşama, nişasta hidrolizi, klorofil bozulması, renk değişimi gibi fizyolojik ve yapısal değişiklikler sonucu meydana gelen hasat sonrası kayıplar (Küçük ve Ağlar 2022), ağaçta fizyolojik dengenin oluşturulmasına katkı sunan ve daha kaliteli meyve edilmesini sağlayan budama uygulamaları ile nispeten azaltılabilir.

3. ELMADA BUDAMA İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Meyve kalitesi, birçok faktörden etkilenen kompleks bir konudur. Yapılan çalışmalarda bu faktörler arasında budama ve terbiye sistemleri ve ağaç yoğunluğu önemli etkilere sahip olduğu (Palmer, 1997, Robinson ve ark. 1991, Hampson ve ark., 2002, Licznar ve Maanczuk, 2006), budama yöntemlerinin sürgün pozisyonunu, sürgün tipini ve tomurcuk gelişimini etkilediği (Tustin, 1998; Özkan ve ark., 2009, Willaume ve ark., 2004, Stephan ve ark., 2008), terbiye sistemlerinin, meyve kalitesini ve verimini optimize etmeyi amaçlayan bir yöntem olduğu ve ağaç yapısını ve taç geometrisini kullanarak ışık alımını ve dağılımını iyileştirdiği (Costes ve ark., 1999) bildirilmiştir.

Szczygie ve ark. (2003) tarafından Polonya'da gerçekleştirilen, M9 ve P22 anacı üzerine aşılı Jonagold çeşidi kullanılarak farklı terbiye sistemleri uygulandığı çalışmada; 3.5x1.0 ve 3.5x1.3 m aralıklarla dikilen ağaçlara Slender spindle terbiye sistemi, 3.5x1.0 ve 3.5x0.7 m aralıklarla dikilen ağaçlara ise Vertical axis terbiye sistemleri uygulanmıştır. Çalışmada dekara en yüksek verim M9 üzerine aşılı Vertical axis terbiye sistemi uygulanmış ağaçlardan elde edilirken, meyve kalitesi bakımından terbiye sistemleri arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

1985 yılında Washington'da Granny smith elma çeşidi ile farklı anaç ve terbiye sistemlerinin etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada; merkezi lider terbiye sistemi uygulanmış olan parselde; M26 ve mark anaçları kullanılarak 889 adet/ha fidan dikilmiştir. Merkez lider terbiye sistemi, ağaçların daha küçük taç yapısına sahip olmasını sağlamıştır. Vertical axis terbiye sistemi uygulanmış olan parselde M26, M9 ve Mark anaçları kullanılarak 1270 adet/ha dikim yapılan sistem ağaçların daha büyük taç yapısı oluşturmasına olanak sağlamıştır. Slender spindle terbiye sistemi uygulanmış olan parselde M9 ve M26 anaçları kullanılarak 1667 adet/ha dikim planı uygulanan sistem ağaçların daha dik ve sık bir şekilde büyümesini sağlamıştır. Bu sistemde,

hektara düşen toplam yaprak alanı ve ışıklanma yüzdesi daha yüksek bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek verim (23.3 ton/ha) M9 anacı üzerine aşılı ve Slender spindle terbiye sistemine sahip parselde elde edilmiştir. Bunu 16 ton/ha verimle M9 anacı üzerine aşılı ve Vertical axis terbiye sistemine sahip parsel ve 6.9 ton/ha verimle M26 anacına aşılı ve merkez lider terbiye sistemine sahip parsel takip etmiştir (Barritt, 1989).

2021 yılında MM106 anaçları üzerine aşılı Braeburn ve Red Chief elma çeşitlerinde farklı terbiye sistemlerinin performansının incelendiği çalışmada dikimden 2 yıl sonra gövde kesit alanı açısından en yüksek değer, Hytec terbiye sisteminde (1049.16 mm²) elde edilmiştir. Bunu, MM106/Vertical axis kombinasyonunun (961.65 mm²) takip ettiği, aynı dikim sıklığında en büyük taç hacmi MM 106/Vertical axis kombinasyonunda. (2.68 m³) elde edildiği tespit edilmiştir. Verim etkinliği açısından terbiye sistemlerinin etkisi tespit edilmemiş, ancak dekara verim değerleri açısından en yüksek değer MM 106/Vertical axis kombinasyonunda (860.10 kg/da) elde edilmiştir. Meyve kalite kriterleri üzerinde terbiye sisteminin etkisi görülmemiş, ancak kırmızı rengi temsil eden 'a' değeri Red Chief/MM 106/Modifiye lider kombinasyonunda daha yüksek bulunmuştur (Küçüker, 2021b).

Polonya'da M.9 ve M26 anaçları üzerinde aşılı Janagold ve Melrose elma çeşitleri ile kurulmuş bahçede Spindle ve Süper spindle terbiye sistemlerinin verim, kalite ve gelişim üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada; M26 anacı üzerine aşılı Jonagold çeşidinde ağaç başına en yüksek verim Spindle terbiye sistemi uygulanan parsellerde elde edilmiştir. Ancak, toplam verim olarak en iyi sonuç, M.9 x Jonagold x Süper spindle kombinasyonu uygulanan parsellerinde elde edilmiştir. Bu parsellerde, elma ağaçlarının verimleri ve kaliteleri hem diğer kombinasyonlardan daha yüksek, hem de genel olarak daha iyi bir gelişim göstermişlerdir (Gruca ve ark., 2001).

Özkan ve ark. (2009) tarafından 2007-2009 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmada, Super Spindle terbiye sistemi uygulanan M27 anacı üzerine aşılı Amasya Misketi, Topaz ve Cooper 42 elma çeşitlerinin ağaç ve meyve özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen çalışma sonuçlarında dikkate değer farklılıklar meydana gelmiştir. Dikimden sonra ilk yılda Amasya Misketi çeşidinde gövde kesit alanı 170 mm², Topaz çeşidinde ise 219 mm² olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, sürgün sayısı Amasya Misketi çeşidinde 10 adet, Cooper 42 çeşidinde ise 11 adet; toplam meyve dalı sayısı ise Amasya Misketi çeşidinde 17, Cooper 42 çeşidinde ise 22 olarak kaydedilmiştir. Araştırmanın bir diğer sonucu ise ağaç başına verimdeki farklılıklardır. Amasya Misketi çeşidinde ortalama verim 1218 g olarak bulunurken, Topaz çeşidinde bu değer 986 g ve Cooper 42 çeşidinde ise 2167 g olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ortalamaya bakıldığında meyve ağırlıklarında da farklılıklar gözlemlenmiştir. Amasya Misketi için ortalama meyve ağırlığı %9.43, Topaz için %10.07 ve Cooper 42 için ise %5.67 olarak belirlenmiştir.

2007-2010 yılları arasında M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidi ile kurulmuş olan bahçeye Slender spindle, Hytec ve Vertical axis terbiye sistemleri uygulanmıştır. Çalışmada, vejetatif gelişim bakımından 2008 yılında terbiye sistemleri arasında önemli bir fark meydana gelmezken, 2009 ve 2010 yıllarında Slender spindle sistemi uygulanmış ağaçlarda topuz sayısının daha düşük olduğu ve 3. yılın sonunda daha az dalcık sayısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, taç hacmi açısından Vertical axis sisteminin en yüksek taç hacmine sahip olduğu ifade edilmiştir (Küçüker ve ark., 2011).

M9 anacına aşılı Fuji, Jonagold, Granny Smith ve Golden Reinder elma çeşitlerinde Slender spindle ve vertical axis terbiye sistemlerinin erken üretim ve meyve kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada; denemenin ikinci ürün yılında, Golden Reinder x Vertical axis çeşit terbiye sistemi kombinasyonu ile en yüksek verim elde edilirken, Fuji çeşidine ait ağaçlarda gövde kesit alanı ve taç hacmini değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Birinci ve ikinci yıllarda terbiye sistemleri ve çeşitler arasında meyve ağırlığı açısından farklılıklar olduğu ve en büyük meyvelerin Granny Smith ve Jonagold çeşitlerinde ve Vertical axis sistemi uygulanmış ağaçlardan elde edildiği bildirilmiştir. Çalışmada, pH değeri, meyve eti sertliği ve suda çözünür kuru madde miktarı gibi parametrelerin kullanılan çeşide bağlı olarak farklılık gösterdiği, ancak terbiye sistemleri arasında bu değerlerde önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir (Küçüker ve Özkan, 2014).

Küçüker ve ark. (2011) tarafından 2008-2010 yılları arasında M9 anacı üzerine aşılı Granny Smith elma çeşidinde yapılan çalışmada 2007 yılı Kasım ayında dikilen fidanlara Slender spindle, Hytec ve Vertical axis terbiye sistemleri uygulanmıştır. Tel-herek kombinasyonu ile geliştirilen ağaçlarda çeşitli gözlem ve ölçümler yapılarak vejetatif ve generatif gelişim kriterleri incelenmiştir. Çalışmada meyve dalı sayısı (adet/ağaç), anaç çapı (mm), gövde çapı (mm), anaç ve çeşit gövde kesit alanları (mm²), taç hacmi (m³), ağaç başına (kg/ağaç) ve dekara (kg/dekar) verim, verim etkinliği (kg/cm²), ortalama meyve ağırlığı (g), pH, meyve eti sertliği (kg), SÇKM (%), titre edilebilir asitlik (%) gibi parametreler değerlendirilmiştir. Üçüncü ürün yılında (2010), en yüksek değerlere göre, Hytec (3x1.5) terbiye sisteminde toplam meyve dalı sayısı 66.0 adet/ağaç, gövde kesit alanı 1158.8 mm², taç hacmi 1.58 m³, ağaç başına verim 8.21 kg, verim etkinliği 0.71 kg/cm² olarak belirlenmiştir. Slender spindle (3x0.7) sisteminde ise dekara verim 2485.7 kg/da olarak bulunmuştur. Araştırmada terbiye sistemlerinin meyve özelliklerine olan etkisinin önemsiz olduğu vurgulanmıştır.

Zahid ve ark. (2022) yılında Fuji, Gala, Honeycrisp ve Golden Delicious çeşitleri kullanılarak farklı dal çapları için kesme torkunun hesaplanmasına yönelik yürütülen çalışmada; dal çapının, test edilen tüm çeşitler için budama torku gereksinimlerini etkileyen önemli faktör olduğu, budama torkunun 6 ile 20 mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Honeycrisp çeşidi için gereken

kesme torku, Gala, Fuji ve Golden Delicious çeşitlerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük çıkmıştır. Ayrıca, Gala çeşidinde dalların en yüksek tork gereksinimlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Fuji ağaçlarının dallarını kesmek için kesici merkeze yerleştirilen dalların, kesici pivot ile karşılaştırıldığında daha yüksek kesme torkuna ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir. Tüm sonuçlar (dört çeşit ve kesme ayarı) karşılaştırıldığında, Fuji çeşidinde, 20 mm çapındaki dallarda 6.98 NM'lik en yüksek kesme torku kaydedilmiştir.

Küçüker (2021c) tarafından yapılan bir çalışmada, 2008-2009 yıllarında tokat koşullarında M26 anacına aşılı Braeburn ve RedChief elma çeşitlerine uygulanan farklı terbiye sistemlerinin vejetatif gelişim ve meyve verim ve kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Fidanlar, 2006 yılı Aralık ayında tek sıralı olarak 3,5x1,5 m mesafeyle dikilmiştir ve bu fidanlara Hytec, Vertical axis ve Slender spindle terbiye sistemleri uygulanmıştır. İki yıl sonra yapılan değerlendirmelerde, terbiye sisteminin gövde kesit alanı üzerinde bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Ancak, aynı dikim yoğunluğu ve aynı anaç üzerinde en küçük taç hacmi, Hytec sisteminde belirlenmiştir (1.04 m³). Uygulanan terbiye sistemine bağlı olarak meyve veriminde farklılıklar meydana gelmiştir ve en yüksek hektara verim (716.33 kg/da) M26/Vertical axis kombinasyonu ile elde edilmiştir. Meyve kalitesi üzerinde terbiye sisteminin etkisinin genellikle olmadığı sadece kırmızı rengi temsil eden 'a' değeri, Red Chief/M26/Vertical axis kombinasyonunda daha yüksek çıkmıştır. Sonuçlar, meyve renk oluşumunda ağaç yüksekliğiyle birlikte dikim sıklığının da etkili olduğunu göstermiştir.

Ezzat ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, Royal Gala elma çeşidinin Oblique Palmette (1250 ağaç/ha), Bibaum (1923 ağaç/ha) ve Slender spindle (1666 ağaç/ha) terbiye sistemlerinin elma meyve ve yaprak parametreleri üzerindeki etkileri ve 11 verim kalite parametresi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışmada; 9 meyve verimi, 8 fizikokimyasal ve 4 antioksidan kapasite ile ilgili parametreler değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, farklı terbiye sistemleri arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir ($P < 0.05$). Bibaum terbiye sistemi, ağaçta ışık penetrasyonu, ağaç başına meyve sayısı, meyve verimi, meyve kabuğu rengi, meyvenin nişasta indeksi, yaprakların N ve K içeriği ile toplam antosiyaninler için en yüksek değerleri vermiştir. Öte yandan, Slender spindle terbiye sistemi, meyve ağırlığı için en yüksek değerleri verirken, sertlik ve toplam antioksidan kapasitesi açısından Bibaum'dan önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Oblique Palmet terbiye sistemiyle yetiştirilen ağaçların meyveleri ise, en yüksek askorbik asit içeriğine sahip olmuş ve bu değer Slender spindle ile yetiştirilen ağaçların değerinden önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Ayrıca, her terbiye sistemi arasında yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, 55 korelasyon çiftinden 27'si Oblique Palmet, 17'si Bibaum ve 15'i Slender Spindle terbiye sistemi için $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Üç terbiye sisteminde yalnızca beş korelasyon çifti anlam-

lı bulunmuştur.

Atay ve ark. (2013) tarafından yapılan ve Merkez lider terbiye sistemi uygulanan elma ağaçlarında dal katları ve meyve kalitesi arasındaki ilişkilerin belirlenmesinin hedeflendiği çalışmada; MM 106 anacına aşılı Williams' Pride (Co-op no:23) elma çeşidine ait ağaçlar kullanılmıştır. Araştırma süresince, alt katta bulunan meyvelerin sertlik, L* ve kroma değerleri üst katlara göre daha yüksek olduğu, hue açısı ile acı benek oranının alt katta daha yüksek olduğu, üst katlarda ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, üst katlarda % 61.8 olan kırmızı renk indeksi, alt katlarda %53.2 olarak ölçülmüştür. Meyve veriminin yaklaşık %40'ının alındığı alt kattaki meyvelerin, üst katlardaki meyvelere göre irilik ve renk gibi önemli kalite kriterleri açısından daha düşük değerler aldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Merkezi lider terbiye sistemi uygulanan elma ağaçlarında meyve kalitesinin dal katlarına göre değiştiğini ve bu farklılıkların meyve iriliği, rengi ve diğer özellikleri üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir.

Küçüker ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, M9 anacı üzerine aşılı Gala çeşidinin erken dönem performansı üzerine farklı terbiye sistemlerinin (Slender spindle, Hytec ve Vertical Axis) etkisi incelenmiştir. Araştırma, 2007 yılında dikilen fidanlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. İkinci ve üçüncü yıllarda, ağaç başına ve dekara verim (kg), verim etkinliği (kg cm²), ortalama meyve ağırlığı (g), meyve kabuk rengi, pH, meyve eti sertliği (kg), SÇKM (%), titre edilebilir asitlik (%) gibi vejetatif ve generatif gelişim kriterleri tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, ikinci yılda terbiye sistemleri arasında vejetatif özellikler ve meyve dalı sayısı açısından belirgin bir farklılık bulunmamıştır. Ancak üçüncü yılda terbiye sistemleri arasında farklılıklar ortaya çıkmıştır. Hytec sistemi, diğer terbiye sistemlerine göre daha fazla meyve dalı elde edilmesini sağlamıştır. Örneğin, Hytec sistemi ile ağaç başına 37 adet meyve dalı meydana gelirken, Vertical axis sistemi ile ağaç başına sadece 25 adet meyve dalı oluşmuştur. Dekara verim değerleri incelendiğinde, her iki yılda da Hytec sistemi uygulanmış ağaçlarda daha yüksek verim elde edilmiştir. Üçüncü yılda (2010), Hytec sisteminde dekara 1514.8 kg, Vertical axis sisteminde 1551.1 kg ürün elde edilirken, Slender spindle sisteminde bu değer 1925.4 kg olarak kaydedilmiştir.

Malanczuk ve Licznar (2004) Çeşitli meyve bahçesi yönetim sistemlerinin, hektar başına 3.333 ila 13.223 ağaç içerdiği ve meyve verimi üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada; elma ağaçları düşük yoğunluklarda tek bir sıra, çoklu sıra veya V sistemi şeklinde dikilmişlerdir. Düşük yoğunluklu dikimlerde kalın bir iğ kullanılırken, yüksek yoğunluklu dikimlerde ince bir iğ veya süper iğ kullanılmıştır. Sonuçlar, dikim sıklığı ve terbiye sisteminin meyve verimi üzerinde kritik bir öneme sahip olduğunu göstermiştir. En yüksek hektara verim 3.333 ağaç/ha ve en düşük ise 13.223 ağaç/ha dikim sıklıklarında elde edilmiştir. Jonagold çeşidinde 1993-2002 yılları arasında toplam

meyve verimi en yüksek 3.333 ağaç/ha ve 5.333 ağaç/ha yoğunluklarında elde edilmiştir ve verim 380 ila 400 ton/hektar arasında değişmiştir. ‘Golden Delicious’ çeşidinde en yüksek toplam meyve verimi (yaklaşık 440 ton/hektar) 3.333 ağaç/ha ve 7.404 ağaç/ha dikim sıklıkları ile elde edilmiştir. Dikim sıklığı ve terbiye sistemi aynı zamanda ağaç gelişim üzerinde de etkili olmuştur ve düşük yoğunluklu dikimlerde gelişim daha zayıf olmuştur.

4. SONUÇ

Önemli bir elma üretim potansiyeli olan Türkiye de son yıllarda yaygın bir şekilde modern yetiştiricilik teknikleri uygulanmasına rağmen, halen geçmiş yetiştirme alışkanlıkların devam ettiği görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde, uygun yer, anaç, çeşit ve tozlayıcı çeşit seçimi, ve budama ve terbiye gibi modern yetiştiricilik gereklerinin uygulanması üretim ve kaliteli meyve miktarımızın artması ile sonuçlanacaktır. Meyvede kaliteyi ve verimi belirleyen ışık alımını etkileyen iki faktör ağaç büyüklüğü ve ağaç yapısıdır. Yapılan çalışmalarda, ağaç büyüklüğünün kontrolünde kullanılacak çeşit, anaç ve uygulanacak budama ve terbiye tekniklerinin ne kadar etkili oldukları ortaya çıkarılmıştır. Bu anlamda elmada bölgeye ve amaca uygun çeşit-anaç ve terbiye sistemi kombinasyonlarının geliştirilmesi için bilimsel çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Anonymous, 2022. FAO. (2022). [http:// www. fao.org](http://www.fao.org).
- Atay, E. (2013). Elmalarda merkezi lider terbiye sisteminde dal katları ve meyve kalitesi arasındaki ilişkiler Relationships between branch-tiers and fruit quality in central leader training system for apples. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences* 28(2):67-70.
- Barritt, B.H. (1989). Influence of Orchard System On Canopy Development, Light Interception and Production of Third-Year Granny Smith Apple Trees. *Acta Horticulturae*, (243):121-30.
- Barritt, B.H. (1998). Orchard Management Systems for Fuji Apples in Washington State. 31(1).
- Costes, E., Sinoquet, H., Godin, C., & Kelner, J.J. (1998). 3D Digitizing Based On Tree Topology: Application to Study the Variability of Apple Quality Within the Canopy. In V International Symposium On Computer Modelling in Fruit Research and Orchard Management 499 (Pp. 271-280).
- Ezzat, A., Ali, R., El-Sherif, D.E., Szilárd, S., & Imre J.H.. (2020). A comparison of fruit and leaf parameters of apple in three orchard training systems. *Zemdirbyste-Agriculture* 107(4):373-82.
- Ferree, D.C. (2003). Apples: Botany, Production, and Uses. Ohio State University. I.Warrington, Hort Research.
- Forshey, C.G. (1972). Training and Pruning Apple Trees. Ecological Agriculture Projects. McGill University. Cornell Cooperation Extension Publication / Info Bulletin -112.
- Gruca, Z. (2001). Effect of rootstocks and type of crown on growth, cropping and fruit quality of Jonagold and Melrose apple trees. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa Kwiaciarnictwa Skierniewicach* ,9:101-107.
- Hampson, C.R., Harvey A.Q, & Robert T.B. (2002). Canopy Growth, Yield, and Fruit Quality of ‘Royal Gala’ Apple Trees Grown for Eight Years in Five Tree Training Systems. *HortScience*, 37(4):627-31.
- Heinicke, D.R. (1975). High-Density Apple Orchards: Planning, Training, and Pruning. Washington, D.C.: Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture.
- Küçükler, E., (2021a). Bodur Elma Yetiştiriciliğinde Kullanılan Yuvarlak ve Yayıvan-Yelpaze Şekli Terbiye Sistemleri, Doğal Kaynaklarımızın Geleceği: Sürdürülebilirlik ve İnovasyon | İksad Publish in House, sayfa: 85-104.
- Küçükler, E. (2021b). MM106 Anacı Üzerinde Farklı Terbiye Sistemlerinin Performansı’ *Mas Journal of Applied Sciences*, 6(4): 814–827.
- Küçükler, E. (2021c). Farklı Terbiye Sistemlerinin M26 Anacı Üzerine Aşılı Braeburn ve Red Chief Elma Çeşitlerinde Ağaçların Gelişimi, Verim ve Meyve Kalitesi

Üzerine Etkileri. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 5(4):1003-13.

- Küçükler, E., & Ağlar, E. (2021a). The Effect of Aminoethoxyvinylglycine (AVG) on Pre-harvest Fruit Drop and Fruit Quality in Red Chief and Braeburn Apple Cultivars. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi* 7(2):200-209.
- Küçükler, E., & Ağlar, E. (2021b). The Effect of The Different Training Systems on Yield and Vegetative Growth of “Santa Maria” and “Deveci” Pear Cultivars. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(4), 870-875.
- Küçükler, E., & Ağlar, E. (2022). Pre-Harvest Aminoethoxyvinylglycine (AVG) Spray Maintains Fruit Quality of Apples (*Malus Cominnum* L. Cv. Red Chief) during Cold Storage”. *Journal of Postharvest Technology* 10(1): 12-18.
- Küçükler E., & Yakup Ö. (2014). Early Performance of Slender Spindle and Vertical Axis Training Systems in Apples. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences* 29(2):100. Doi: 10.7161/Anajas.2014.29.2.100-105.
- Küçükler, E., Özkan, Y., & Yıldız, K. (2011). Farklı Terbiye Sistemlerinin M9 Anacına Aşılı ‘Granny Smith’ Elma Çeşidinde (*Malus domestica* Borkh.) Ağaç Gelişimi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)* 2011(1):13-19.
- Küden, A. (1998). Ülke Ölçeğinde Meyve Entegre Projesi, Eğitim Programı Adana, 58s (Yayınlanmamış).
- Licznar-Małańczuk, M. (2006). Training system and fruit quality in the apple cultivar ‘jonagold’. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 14: 213-18.
- Marini, R.P. ((2009). *Physiology of Pruning Fruit Trees*.
- Morettini, A. (1963). *Frutticoltura Generale Speciale*. - REDA, Roma, Italy, pp. 612.
- Özbek, S. (1987). Genel Meyvecilik. Çukurova Üniversitesi. Ofset Tesisleri, Adana.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., & İsfendiyaroğlu, M. (2005). Ilıman İklim Meyve Türleri Cilt-1, 2, 3. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.553, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir.
- Özkan, Y., Küçükler, E., Özdil, S., Engin, K., Mehder, B., & Alpaslan, B. (2009). “Süper Spindle Sistemli M 27 Üzerine Aşılı Amasya Misketi, Topaz ve Cooper 42 Çeşitlerinde Ağaç ve Meyve Özellikleri”. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* (2):145-51.
- Palmer, J.W, (1997). Proceeding from Conference '97. Searching for quality. Joint Meeting of the Australian Avocado Grower's Federation, Inc. and NZ. Avocado Growers Association, Inc., 23-26 September 1997. J.G. Cutting (Ed.): 156-172.
- Robinson, T.L., Lakso, A.N., & Carpenter, S.G. (1991). Canopy Development, Yield, and Fruit Quality of ‘Empire’ and ‘Delicious’ Apple Trees Grown in Four Orchard Production Systems for Ten Years. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(2):179-87.
- Stephan, J., Sinoquet, H., Dones, N., Haddad, N., Talhouk, S., & Lauri, P.E. (2008). Light Interception and Partitioning between Shoots in Apple Cultivars Influ-

ced by Training. *Tree Physiology*, 28(3):331-42.

Szczygieł, A., & Mika, A. (2003). Effects of high density planting and two training methods of dwarf apple trees grown in sub-Carpathian region. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 9: 57-63.

Tustin, D.S. (1998). The Slender Pyramid Tree Management System - In Pursuit of Higher Standards of Apple Fruit Quality. *Acta Horticulturae* (513):311-20.

Wang, Y., Li, H.L., Zhao, W.X., Chang, G.Z., Kang, L.Y., Li, X.H., Liang, S., & Gao, N.N. (2019). Analysis on seasonal canopy characteristics variation, leaf quality and photosynthetic characteristics of different apple tree shapes. *Heilongjiang Agric Sci*, 100–103.

Willaume, M., Lauri, P.E., & Sinoquet, H. (2004). Light interception in apple trees influenced by canopy architecture manipulation. *Trees*, 18:705-13.

Ülkümen, L. (1973). Bağ-Bahçe Ziraatı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No: 275

Yılmaz, M. (1990). Meyve Ağaçlarında Budama. Adana 1990.

Yılmaz, M. (2003). Meyve Ağaçlarında Budama. TEMAV Yayın no:2

Zahid, A., Mahmud, S., He, L., Schupp, J., Choi, D., & Heinemann, P. (2022). An Apple Tree Branch Pruning Analysis. *HortTechnology*, 32(2):90-98.



Bölüm 12

TOPRAK İŞLEME SİSTEMLERİ VE MISIR BİTKİSİNDE DOĞRUDAN ANIZA EKİM YÖNTEMİ

Abdullah ÖKTEM¹

Ayşe Gülgün ÖKTEM²

1 Prof. Dr., Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa ORCID:0000-0001-5247-7044

2 Doç. Dr., Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa ORCID:0000-0002-7669-5801

Giriş

Günümüzde toprak ve su kaynaklarının korunması yönünde her geçen gün artan duyarlılık ve üretim maliyetlerinin azaltılması bakımından ortaya çıkan arayışlar tarımda farklı üretim yöntemlerini gerekli kılmaktadır. Geleneksel toprak işleme alternatif olarak korumalı toprak işleme ve toprak işlemez tarım gündeme gelmektedir.

Enerji fiyatlarının sürekli arttığı günümüzde yakıt fiyatlarının da aynı oranda artması tarımda büyük yer tutan toprak işleme maliyetlerinin de artmasına neden olmaktadır. Artan maliyet nedeniyle üretici kazançları da azalmaktadır.

Ayrıca ülkemizde kullanılan yakıtların ithal edildiği düşünüldüğünde, her yıl milyarlarca dolar kaynak yurt dışına aktarılmaktadır. Bu durum ülkemiz ekonomisini de olumsuz etkilemektedir. Ürün veriminde düşüşe neden olmayan fakat maliyetleri düşürecek yeni, alternatif ve azaltılmış toprak işleme yöntemleri üzerinde durmak gerekmektedir.

Bu bölümde toprak işleme sistemleri açıklandıktan sonra, mısır tarımında yakıt tasarrufu sağlayarak girdi miktarını azaltan anıza ekim yöntemi, yöntemin avantajları, dezavantajları, anıza ekimde kullanılacak ekim makinelerinin özellikleri gibi konular irdelenmektedir.

Toprak İşleme Sistemleri

Toprak işleme; toprak verimliliğinin devamı, topraktaki mikroorganizmaların korunması, erozyonun önlenmesi, toprak sıkışıklığının oluşmaması ve en uygun tohum yatağının tesisi amacıyla yapılmaktadır.

Toprak işlemede kullanılan makinelerin kullanım durumuna göre ve bunların etkilerine bağlı olarak geleneksel, sıfır ve koruyucu toprak işleme olarak toprak işleme sistemleri üç grupta toplanmaktadır.

Geleneksel Toprak İşleme

Toprağın pullukla devrilmesi esasına dayanan geleneksel toprak işleme yönteminde, toprağın üst yüzeyi işleme derinliğince kabartılarak toprak alt-üst edilir. Geleneksel toprak işleme yöntemi yurdumuzda sıklıkla kullanılmakta olup, farklı aletlerin ard arda kullanımı ile yoğun bir toprak işlemeyi ve toprak sıkışmasını, ayrıca erozyonu da beraberinde getirmektedir.

Özellikle Türkiye’de erozyonu artıran ve eğimi fazla olan alanlarda yanlış toprak işleme erozyon riskini artırmaktadır (Korucu ve ark., 1998).

Toprak İşlemez Tarım

Toprak işlemez sistemde, toprak işleme yapılmadan doğrudan ekim makineleri ile ekim yapılır ve bitki yetiştirme periyodunca toprak işleme yapılmaz. Toprak işleme yapılmadığından yabancı ot sorunu herbisit ile çözülebilir.

Koruyucu Toprak İşleme

Toprak sıkışıklığının engellenmesi için toprağı devirerek işleyen pulluk ve benzeri aletler yerine toprağı yırtarak işleyen çizel benzeri aletlerin kullanıldığı bir toprak işleme sistemidir. Bu sistemde erozyon kontrolü amacıyla anızın %30 oranında tarlada bırakılması hedeflenir (ASAE, 2006a). Tarla üzerinde düşük miktarda bitki kalıntısının bile erozyonu büyük çapta önlediği bildirilmektedir (Köller, 2003).

Koruyucu toprak işleme sisteminde tarla trafiğı azaltılmakta, tohum yatağı hazırlama ve ekim işlemleri birleştirilebilmektedir. Bu sisteminde anızın tarla yüzeyinde bırakılması ve toprak işleme sayısının azaltılması hedeflenmektedir (Önal, 1995). Tarlada bırakılacak anız miktarı toprak tipine, tarlanın eğim durumuna ve ekim nöbeti uygulamalarına bağlı olarak değişebilmektedir.

Bu yöntemin geleneksel toprak işlemeye göre işçilik, enerji tüketimi ve zaman açısından tasarrufu gibi avantajları bulunmaktadır. Ayrıca makinelerin yatırım maliyetleri, güç ihtiyaçları, yakıt sarfiyatları, kullanım süreleri gibi konularda da tasarruf sağlanmaktadır. Bu sistemin uygulandığı toprakların fiziksel ve kimyasal yapılarında iyileşme görülmekte, azot yıkanması daha az olmaktadır. Toprak strüktürü homojen yapıda, agregat durumu ve organik madde içeriğı yüksek olduğundan erozyon riski azalmaktadır.

Korumalı toprak işleme sistemi bitki, toprak ve iklim koşullarına göre değişen kendi içerisinde; şerit halinde toprak işleme, malçlı toprak işleme, ekim esnasında toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ve doğrudan (Anıza) ekim gibi değişik uygulamaları bulunmaktadır (ASAE, 2006a).

Şerit Halinde Toprak İşleme

Koruyucu toprak işleme uygulaması olan bu sistemde tarla yüzeyinin 1/3'ünün işlenmesi gerçekleştirilir. Toprak işleme genellikle ekimle beraber ekim sıralarının geleceğı bölgelerde 5 ila 30 cm aralığında yapılarak kalan kısımlar işlenmeden anızla kaplı olarak bırakılır (Godwin, 1990; Aykas ve ark., 2005). Sırta ekim yapılan durumlarda sadece sırt üzerleri diskli ve benzeri aletlerle işlenerek sırtlar yenilenir.

Ekim Sırasında Toprak İşleme

Toprak frezesi, rototiller veya tırmık gibi aletlerden birisinin ekim makinası ile birleştirilmesiyle yapılan uygulamadır. Bu uygulamada tarlanın tamamı işlenebildiğı gibi, sadece ekim sıraları da işlenebilir.

Malçlı Toprak İşleme

Malçlı toprak işlemede; yetiştirme sezonu süresince toprak üstünü bitki veya hasat artıkları ile kaplı tutmak, kaymak oluşumunu önlemek, çimlenme aksaklıklarını ve erozyonu azaltmak amaçlanmaktadır. Çizel, kültivatör ve diskaro gibi aletler kullanılabilir. Malçlı alana tohum ekiminde, ekim maki-

nasının performansı ile ekimden sonra tohum yatağında oluşan kimyasal ve fiziksel değişimler etki etmektedir. Malçlı toprak işleme; tohum ekilecek kısımların anızdan temizlenmesi ve dalgalı yüzeye sahip çizi açıcı ekim makinelerinin kullanılması oldukça önemlidir (Aykas ve ark., 2005).

Azaltılmış Toprak İşleme

Bu sistemde geleneksel yöntemle göre ciddi enerji tasarrufu sağlayan birincil toprak işleme kullanılan çizel veya diskli aletler, tohum yatağı hazırlamada ise diskli aletler veya kültivatör kullanımı tercih edilir (Aykas ve ark., 2005).

Doğrudan (Anıza) Ekim

Doğrudan ekim sisteminde; ana ürün hasat edildikten sonra toprak işlenmesi yapılmadan, doğrudan anızda çalışabilen mibzer ile ekici ayakların açtığı çizilere tohumlar bırakılır, tohumların üzerleri toprakla kapatılır ve baskı üniteleriyle bastırılır (Şekil 1).

Ekimde başarı, iklim ve toprak koşullarına ilaveten yabancı ot kontrolü ve makina performansına da bağlıdır. Anız tipine bağlı olarak doğrudan ekimde anız miktarı %10-15 arasında azalabilmektedir (McVay, 2003). Anız hasat sonrası tarlada kalan her türlü bitki kısımlarını kapsamaktadır.



Şekil 1. Anıza ekim yapabilen havalı mibzerin mısır ekiminde tarlada çalışması

Bu sistemde yabancı ot mücadelesi genellikle herbisitle yapılır. Yoğun yabancı ot sorunu olan alanlarda 4-5 yılda bir kere ekim öncesinde, azaltılmış

toprak işleme yöntemleri tercih edilebilir. Bu yöntemde, çapa bitkilerine üst gübre verilmesi, sulama karıklarının açılması, boğaz doldurma gibi kültürel işlemlerde ikincil toprak işleme aletleri kullanılabilir. Bu aletlerin kullanımı kısmen de olsa yabancı ot kontrolüne katkı sağlayabilir.

Doğrudan ekim yönteminde, topraktaki nem kaybının en aza indirilmesi, yabancı ot tohumlarının çimlenmesinin engellenmesi, yakıt tüketiminin azaltılması, rüzgâr ve su erozyonun minimuma indirilmesi amacıyla tohum ekilmek için işlenen alanın toplam alan içindeki payının % 25-35 arasında olması istenmektedir.

Anıza (Doğrudan) Ekimin Avantajları

Doğrudan anıza ekim, geleneksel toprak işlemeyle karşılaştırıldığında koruyucu toprak işleme veya toprak işlesiz tarımdaki gibi toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını iyileştirerek, toprak neminin korunmasına da katkı sağlamaktadır.

Anıza ekimde, topraktaki organik madde miktarı artarak, toprağın agregat stabilitesini ve dayanımını artırmaktadır.

Toprak yüzeyinde bulunan anızın, erozyona dayanıklı agregat oranını, toprakta hava boşluk hacmini, agregat büyüklüğünü arttırdığını, bunun sonucunda toprak strüktürünün iyileştiği bildirilmektedir (Hewitt ve Dexter, 1980; Hughes ve Baker, 1977).

Anıza ekimde, topraktaki organik madde artışına paralel olarak çözülebilir fosfor miktarında da artış görülmektedir.

Toprak yüzeyinde kalan organik artıkların toprak muhafazası yönünden büyük önemi bulunmakta, rüzgâr ve su erozyonunu azaltmaktadır (Şekil 2). Yüzeyde az miktarda bitki artığının bulunması bile erozyonu ciddi anlamda önleyebilmektedir. Yağış ile oluşan kinetik enerji anız olmayan tarlalarda toprak partiküllerini parçalayarak rüzgâr ve su erozyonuna sebep olurken, anız bu enerjiyi absorbe ederek toprağın bozulmasını engellemektedir (Önal, 1995).



Şekil 2. Mısır anızı üzerine ekim yapılmış mısır tarlası

Tarımda kullanılan enerjinin büyük bir kısmını traktör yakıtının oluşturduğu düşünüldüğünde, özellikle sınırlı finansal kaynaklara sahip küçük işletmelerde anıza ekimin çiftçilerin traktörleri ile yapacağı uygulamaları azalttığından geleneksel toprak işlemeye göre yakıttan tasarruf sağlayarak girdi miktarını düşürmektedir (Şekil 3).

Anıza ekim yöntemi özellikle küçük aile işletmelerinde sınırlı olan işgücü ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Geleneksel toprak işlemeye göre işgücü ve zaman %50-60 oranında azalabilmektedir.

Anıza ekim yönteminde daha az ekipmana ihtiyaç duyulması nedeniyle üretim masrafları azalmaktadır.

Toprak işleme ile zaman kaybedilmediği için ekim öne alınarak özellikle ikinci ürün ekim alanlarının genişlemesine imkân vermektedir.

Toprak alt üst edilmeden bırakıldığından, toprak yüzeyindeki bitki artıklarının toprağı direkt güneş ışığından koruyarak buharlaşmayı azaltıp, aynı zamanda kar ve yağmur suyunu da tutarak toprakta daha fazla nem birikimine katkı sağlamaktadır.

Çok sayıda ekipman kullanılmaması ve tarla trafiğinin az olması nedeniyle toprak sıkışıklığı oluşmamaktadır.

Ekimle birlikte taban gübresi verilebildiğinden yakıt ve zaman kazancı olmaktadır.



Şekil 3. Buğday Anızına doğrudan ekilmiş ve çıkış sağlamış mısır bitkileri

Anıza Ekimin Dezavantajları

Anıza ekimin dezavantajları arasında; bu tarım tekniğinin zor ve daha fazla yönetim bilgisi gerektirmesi, ağır ve drenajı kötü olan alanlarda uygulama imkânının zor olması, herbisit kullanılması nedeniyle maliyetin ve çevre kirliliğinin artacağı düşüncesi, verimin geleneksel sisteme göre düşük olacağı endişesi sayılabilir.

Ancak; anıza ekim tekniğini uygulamak isteyen işletme sahibinin, ilk aşamada arazisinin sadece % 25'inde bu tekniği uygulayarak bilgi ve tecrübe sahibi olabilir. Drenaj problemi olan alanlarda başlangıçta bu tekniğin sorunları olsa da, zamanla toprakta organik madde miktarı artacağından toprak strüktürünün iyileştirilmesi sağlanarak problem giderilebilir ve bu sayede sonraki yıllarda verim azalmasının da önüne geçilebilir.



Şekil 4. Tahıl anızına ekilmiş ve herbisit uygulaması gerektiren bir mısır tarlası

Anıza ekim yönteminde toprak işleme masraflarından yapılacak ekonomik kazancın artı herbisit kullanımının getireceği ek maliyetten çok daha fazla olacağı, özellikle son yıllarda geliştirilen herbisitlerin toprakta kalıcılığının sınırlı olması sebebiyle çevre kirliliği yaratmayacağı düşünülebilir (Şekil 4).



Şekil 5. Anıza ekilerek çıkış sağlamış ve pivot sulama sistemiyle sulanan mısır tarlası

Ürün artıkları ile hastalık ve zararlılar ertesi yıla taşınabilme riskinin ol-

ması, anıza ekim yapabilen ya da revize edilmiş mibzelerle ihtiyaç duyulması ve bu mibzelerinin sayıca yetersiz olması, herbisit kullanma zorunluluğu bulunması, üreticilerin eğitilmesi gerekliliği dezavantajlar arasında sayılabilir.

Anıza Ekim Makinasının Performansını Etkileyen Faktörler

Anıza ekim makinalarının çalışma aktivitesi; anız, bitki türü, toprak yapısı, iklim durumu ve işletme özellikleri ile bu koşulların ilişkilerine göre değişmektedir (Price, 1999).

Topraktaki anız miktarı ve dağılımı, toprak organik maddesi, tekstür sınıfı, hacim ağırlığı ve strüktür yapısı anıza doğrudan ekim makinasının performansını etkilemektedir. Toprak tekstür sınıfları; killi, kumlu, tınlı, hafif veya ağır, ince veya kaba bünyeli olabilmektedir (Grisso ve ark., 2006).

Ayrıca anıza ekim makinasının çalışmasını; önceki toprak işleme durumu, toprak nemi, ilk 5 cm toprak sertliği ve toprak yapışkanlığı etkileyebilmektedir (Prior ve ark., 2000; Grisso ve ark., 2006).

Ağır bünyeli, drenajı zayıf, nemli olan topraklar kolayca ekici ayaklara yapışabilmekte ve tohum üzerinin kapanması güçleşmektedir. Kuru ve ağır topraklarda çizi açılması zor olduğundan, bu topraklar işlenirken ortaya çıkan kesekler tohum üzerinin kapatılmasını güçleştirebilir.

Kaymak bağlayan killi topraklarda bitki çıkışında düşme meydana gelebilir. Orta tekstürlü, kolay parçalanmayan ve drenajı iyi olan topraklarda yüksek nemde ekim yapmak daha iyi sonuçlar verir.

Sıkışmış ve düşük neme sahip topraklarda çizi açıcılar zor batarken, yüksek nemde baskı tekerleri sıkışmaya neden olabilir. Bünyesi kaba topraklarda, toprak nemini kaçırmadan dar çizi açmak daha uygun olacaktır.

Topraktaki nem durumu ekim zamanının belirlenmesinde etkilidir. Yüksek nem; toprağın kesilmesini kolaylaştırırken, yüzeyde kaymak tabakası oluşmasını, toprakta sıkışmayı ve yapışkanlığı beraberinde getirmektedir (Morrison ve Allen, 1987).

Toprak kuru ise zor kesilmekte, ancak yapışmamaktadır. Fakat anıza ekim yönteminde zaman içerisinde toprağın organik maddesi artma eğiliminde olduğundan, killi bünyeye sahip topraklarda yapışkanlık azalmaktadır (Gill ve Glen, 1968; Morrison ve Allen, 1987)

Anıza doğrudan ekim ilk 10 cm derinlikte toprak penetrasyon direncini azaltırken, hacim ağırlığını arttırmaktadır (Singh ve Malhi, 2006). Anıza doğrudan ekim soğuk iklim bölgelerinde agregat oluşumu sağlamaktadır (Singh ve Malhi, 2006).

Anız, daha önce yetiştirme sezonundan kalan her türlü bitki kalıntısını (dal, yaprak, sap, kök, yabancı ot artıkları vb.) içermektedir. Anız, ekici ayak-

ların toprağı işlemlerini zorlaştırmak, ekici ayakları tıkmak ve diğler makine kısımlarına dolaşarak tıkanmaya yol açmak suretiyle ekim makinasının düzgün çalışmasını etkilemektedir.

Hasatta yığın şeklinde bırakılan ve düzgün dağıtılmayan anız, makina ünitelerinde toplanarak tıkanmaya yol açmaktadır. Bu koşullarda anız; kısa veya uzun, nemli veya kuru, gevşek, dik veya yatık, yığın olarak toplanmış veya toprak yüzeyine serilmiş, birbirine dolanmış, taze veya eski, parçalanmış veya parçalanmamış, kısmen toprağı gömülmüş gibi değişik şekillerde olabilir. Bu durumlar makine performansını etkilemektedir.

Ekim makinası toprak-bitki etkileşiminden direkt etkilenmektedir. Toprak yüzeyine dağıtılmış anız, dik olarak sap üzerinde duran anıza oranla topraktan nem kaybına daha az neden olurken, dik durumdaki anız ise kışın yağın karından daha fazla yararlanma imkânı sağlamaktadır. Anızın dik durumda olması, toprak yüzeyine serilmiş oranla rüzgâr erozyonunu azaltmaktadır. Ayrıca ekim sırasında ekici ayaklardan sıyrılıp kurtularak daha az sorun oluşturmaktadır (Doan ve ark., 2005).

Toprak nemi arttıkça, çizi açıcıya anızın gösterdiği direnç artmaktadır (Morrison ve Allen, 1987; Guerif ve ark., 2001). Tarladaki anızın nem içeriğı yükseldikçe, anızın kesilmesi zorlaşmakta, makine parçalarına dolanarak tıkanıklığına sebep olmakta, ekim sıraları üzerinde yığın halinde birikerek ekim makinasının performansını azaltmaktadır (Morrison ve Allen, 1987; Price, 1999).

Bu sorun sıra üzerindeki anızın ekimden önce kaldırılması veya çizi açıcının önüne bir kesici ünite takılması ile çözülebilir (Guerif ve ark., 2001). Ayçiçeğı ve mısır anızında sıra üzerine denk gelen kısımların önceden temizlenmesi ekim makinasının iyi çalışmasını sağlayacaktır (Bahrani ve ark., 2007).



Şekil 6. Tahıl anızına ekilmiş ve iyi çıkış yapmış bir mısır tarlası

Ekim derinliği ve düzgünlüğü, anız yüksekliğinden etkilenmektedir (Bahrani ve ark., 2007). Anız yüksek olduğunda, gömücü ayaklar tarafından bükülerek toprağa gömülme ve tohumun çevreye daha fazla yayılmasına neden olmaktadır (Doan ve ark., 2005).

Hububatta anız uzunluğunun sıra arası mesafeyi geçmemesi gerektiği (Green ve Poisson, 1999), uzun anızın gömücü ayaklarda tıkanmaya neden olacağı ve hububat anızının 40 cm'den uzun olması durumunda ekim öncesi parçalanması gerektiği (Green ve Eliason, 1999) belirtilmektedir (Şekil 6).

Ancak diğer taraftan uzun anızın karı daha iyi tutma özelliğinden dolayı anızın 25 cm' den daha uzun bırakılması gerektiği de belirtilmektedir (NRCS, 2005).

Ancak sapı kalın ve uzun olan mısır ve ayçiçeği gibi bitkilerde biçerdöver ile hasat esnasında anızın parçalanması ve homojen olarak tarla yüzeyine serilmesi önerilmektedir (Green ve Poisson, 1999).

Eski veya yeni anızın ekim makinasının çalışması üzerine etkisi bulunmakta olup, kışı geçirmiş eski anızın kesilme direncinin, yeni anıza kıyasla daha az olduğu belirtilmektedir (Morrison ve Allen, 1987).

Farklı form, tip ve miktardaki anız, toprak koşulları ile birlikte makina çalışma düzenine etki etmektedir (Green ve Poisson, 1999). Anıza ekim sisteminin sürekliliği açısından, ekilecek bitkinin ve ön bitkinin sıra arası mesafesi, tarla faaliyetlerinin takvimi, toprak ve anızın durumu gibi faktörleri göz önünde bulunduran münavebe planlaması oldukça önemlidir (Morrison ve Allen, 1987).

Anız ekim makinası üzerinde bir birini takip eden kısımların doğru şekilde dizili olması sapma şeklindeki olumsuzlukları engelleyebilir. Anız kesicinin, çizi açıcının ve baskı tekerlerinin aynı ekseninde olması gerekmektedir (Morrison ve Allen, 1987; ASAE, 2006b). Ayrıca anız türü ve koşullarına uygun olarak ekim makinası ünitelerinin seçilmesi gerekmektedir (Morrison ve Allen, 1987; Green ve Poisson, 1999).

Tarla yüzeyinin taşlı veya engebeli olması makinaya zarar verebilir. Bu durumda zararları engellemek için düşük ilerleme hızı tercih edilmelidir. Anız kesici ve çizi açıcıların disk biçiminde olanları bu tip engelleri dönerek ve anlık bir derinlik kaybı ile geçebilirken (Price, 1999), sabit ayaklarda ise derinlik kontrol ünitesi, emniyet pimi veya diğer bir koruyucu sistem ile korunması gerekmektedir (Morrison ve Allen, 1987).

Anıza Ekim Makinası Üniteleri

Anıza ekim makinaları; sırasıyla anız ve toprak kesme, sıra üzeri anız temizleme, tohum yatağını açma, tohum ekici, tohum üzerini kapatma ve bastırma ünitelerini kapsamaktadır. Makinaların düzgün çalışabilmesi için bu ünitelerin birbiriyle uyumlu ve birbirlerinin tamamlaması gerekmektedir. Farklı tipteki ünitelerle farklı kombinasyonlar meydana getirilebilir. Toprak ve anız durumuna göre en ideal olanı tercih edilebilir.

Toprak ve Anız Kesme Ünitesi

Toprak ve anızı kesmek için ekim makinaları üzerinde bulunan ve dönerek çalışan kesici diskler kullanılırlar (Şekil 7). Değişik tipte diskler bulunmaktadır. Toprağı daha iyi kesen ve ihtiyaç duyulduğunda bilenebilen düz diskler olduğu gibi, kendi kendine bilenen ancak toprağa yapışma riski olan dalgalı disklerde bulunmaktadır.

Dar yivli ve kabarık delikli diskler sıra üzerindeki toprağı gevşetebilir ve yapışkan topraklarda sınırlı da olsa kullanılabilir. Geniş yivli diskler kolay dağılan topraklarda şerit halinde iz açarlar. Fakat çizi yanlarına çok fazla toprak sıçratma ve kesek oluşturma gibi olumsuzlukları vardır.

Toprak sert olduğunda diskler anızı kesmekte ancak yumuşak olduğunda toprağı gömerler. Daha fazla baskı kuvvetine ihtiyaç duyan büyük çaplı diskler ise anızı toprağı gömmeden daha kolay keserler (Morrison ve Allen, 1987; Price, 1999; ASAE, 2006b). Baskı tekeri nemli topraklarda bir miktar anızın toprağı gömülmesine neden olmaktadır (Chen ve ark., 2004). Görüldüğü gibi farklı toprak ve anız tipine göre en uygun toprak ve anız kesme ünitesi tercih edilmelidir.

Sıra Üzeri Anız Temizleme Ünitesi

Ekici ayak ve çizi açıcıların performansını artırmak için sıra üzerini temizleme ünitesine sahip ekim makinaları da bulunmaktadır. Sıra üzerinde bir

şerit halinde 10-15 cm genişliğinde anızı temizleyen bu ünite, toprağın üstte bulunan kuru yüzeyini anızla birlikte kaldırarak, çizi açıcı ayağın nemli toprakla temas etmesini sağlar (Price, 1999). Ancak nemli, sıkışmış, killi ve yapışkan topraklarda sıra üzeri temizleme işlemi kolay değilken (Morrison ve Allen, 1987), kesek oluşturmeyen hafif topraklar için elverişlidir.

Şerit şeklinde toprağı işleyen (Guerif ve ark., 2001) sıra üzeri temizleme üniteleri ilkbaharda toprağın çabuk ısınması sağlarlar (Grisso ve ark., 2006). Disk tipi çizi açıcının işlevini iyi yapması durumunda, ek temizleme ünitesi gerekmez.



Şekil 7. Anıza ekim yapabilen bir mibzerin ekici üniteleri

Tohum Yatağını Açma Ünitesi

Çizi açıcı olarak balta tip, tek diskli tip, çift diskli tip veya çapa tip şeklinde üniteler bulunmakla birlikte en yaygın olarak kullanılanı çift diskli tiptir. Çizi açıcıların önüne anız kesme ünitesi yerleştirilmez ise anız toprak üzerinde sürülerek toplanır veya yumak halinde çizi içine gömülür.

Toprağın çizi açıcıya yapışması ve anızın toplanması nemli topraklarda karşılaşılan bir sorundur. Genellikle kendi kendilerini temizleyen ve anızı toplamayan diskli tip çizi açıcılar mevcut olup, çift diskli tiplerde yapışan toprağı temizleyen sıyrıcılar da bulunmaktadır.

Çapa ve çizel tipi ayaklar düşük oranda kil içeren ve yapışkan olmayan topraklar için elverişlidir. Dar çizi açıcılar, sığ çizi derinliği ve yavaş ilerleme hızında etrafa toprak yayarlar (Morrison ve Allen, 1987; Price, 1999; ASAE, 2006b).

Tohum Ekici Ünitesi

Sıra üzeri anız temizleme ve çizi açma ünitelerinden sonra ekici ayak tohumu bant halinde işlenmiş tohum yatağına bırakır. Mısır ekiminde hibrit tohumluk kullanıldığı için havalı mibzer ile tohum istenilen sıra arası, sıra üzeri ve ekim derinliğinde toprağa bırakılır.

Anıza doğrudan ekimin başarısında ekim derinliği önemli bir faktördür. Yüzlek ekilen tohumların alatav olma durumu ortaya çıkabilir, serin bölgelerde ise don kesmesine uğrayabilirler (Herbek ve ark., 2008). Derin yapılan ekimlerde tohum çimlenmesinde azalma, fazla makina güç kullanımı, verim ve bitki gelişmesinin azalması görülebilir (Morrison ve Allen, 1987).

Bu nedenle iyi bir çıkışın temini için ekim makinaları üzerinde istenilen ekim derinliğini sağlayabilen ve kontrol edebilen aksamların bulunması gerekmektedir. Bu aksamlar genellikle baskı tekeri veya anız-toprak kesici ünite üzerine yerleştirilebilir. Baskı tekerleri derinlik ayarı amacıyla da kullanılmaktadır. Toprak üzerindeki anız miktarı da ekim derinliğini etkilemektedir (Morrison ve Allen, 1987; Price, 1999).

Tohum Üzerini Kapatma ve Bastırma Ünitesi

Tohum ekildikten sonra işlenen ve gevşetilen toprağın tohum üzerine serilerek kapatılmasını sağlar. Bu düzenek tohum üzerini çizi açıcıların kapatamadığı durumlarda tercih edilir (Morrison ve Allen, 1987; Price, 1999; ASAE, 2006b).

Ekim esnasında tohum ile toprağın temasını sağlamak, çiziyi kapatmak ve tohumun toprakla temasını sağlamak amacıyla ekim makinalarında metal ya da kauçuk baskı tekeri kullanılmaktadır (Şekil 8). Değişik tipteki yaylar ile tekerlek üzerine baskı kuvveti uygulanmaktadır. Farklı yapı ve tipte baskı tekerleri kullanılabilir.



Şekil 8. Anıza ekim makinasının baskı tekerlekleri

Kuru topraklar için çelik tekerlek, basıncı azaltarak kaymak bağlamayı engelleyen ikiz tekerler, toprağın sıkışmaması için yarı pnömatik kauçuk tekerler, tohumu toprak içine itelemek için V şeklindeki baskı tekerleri önerilmektedir.

Baskı tekerleği kuru toprak koşullarında tohumun toprak ile temasını sağlayarak çıkışın artmasına katkı sağlarken, yapışkan ve nemli topraklarda ise toprak ve tohumu toplama riski nedeniyle kullanılışlı görülmemektedir (Morrison ve Allen, 1987; Price, 1999; ASAE, 2006b).

Sadece çizi kapatma için zincir kullanılan makinalar da bulunmaktadır. Kuru toprak koşullarında baskı tekeri kullanılmadığında, bitki çıkışında azalma ve geç çıkış görüldüğü ve verimde azalma oluştuğu belirtilmektedir (Chen ve ark., 2004).

Sonuç

Ülkemizde yakıt fiyatlarının sürekli artması tarımda büyük yer tutan toprak işleme maliyetlerinin de artmasına ve üretici kazançlarının azalmasına neden olmaktadır. Ürün veriminde düşüşe neden olmayacak fakat maliyetleri düşürecek anıza (doğrudan) ekim yöntemi ile girdi maliyetlerini düşürmek mümkündür.

Mısır bitkisinde anıza ekim, öncü uygulamalarda olumlu sonuçlar vermiştir. Mısır tohumunun güçlü çimlenme kabiliyeti anıza ekimde çıkışların iyi olmasını sağlamaktadır. Anıza doğrudan ekim mısır bitkisinde kolaylıkla uygulanabilecek bir sistem olup, yaygınlaştırılması ciddi enerji ve yakıt tasarrufu sağlayacaktır.

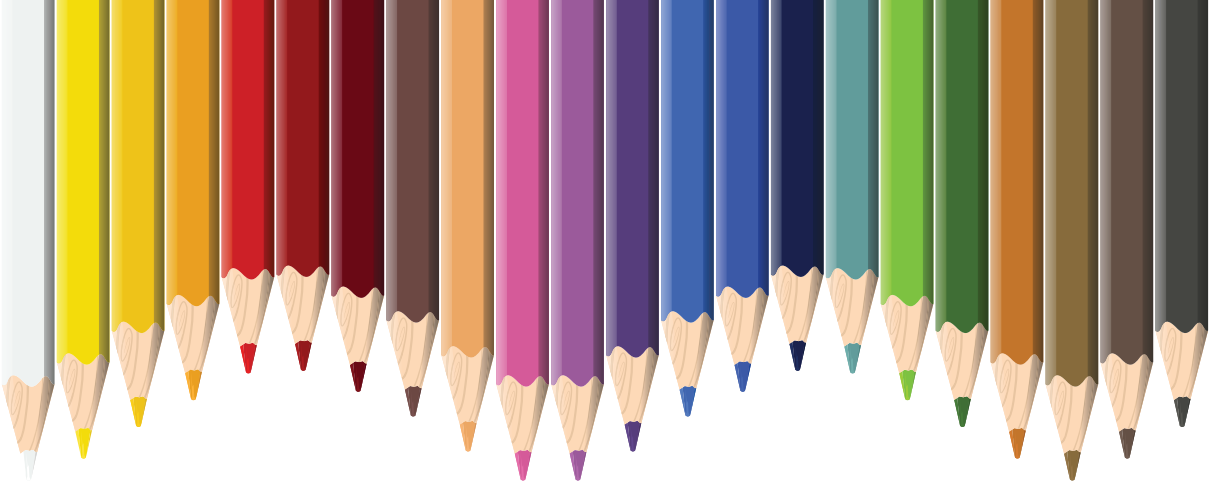
Dünya genelinde birçok ülkede uygulanan anıza ekim yöntemi, ülkemizde henüz istenilen seviyede yaygınlaşmamıştır. Anıza ekim yönteminin yaygınlaşma sürecinin kısalması için; anıza ekim yapabilen makina üretiminin artması ve yaygınlaşması, üreticilerin bu makinalara ulaşımının kredi, hibe, iskontolu vb. finansal enstrümanlarla kolaylaştırılması, üreticilere uygulamalı ve teorik olarak eğitim verilmesi yerinde olacaktır.

Değişen toprak, iklim, bitki ve anız tipine uygun olarak doğrudan ekim makinalarının ve/veya makina aksamalarının tasarlanması ve üretilmesi, bu yönde akademik araştırmaların yapılması anıza doğrudan ekim sisteminin yaygınlaşmasına olumlu katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- ASAE, (2006a). ASAE Standard EP291.3. Terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships. In ASAE Standards 2006, 131-134. St. Joseph, MI: ASABE.
- ASAE, (2006b). ASAE Standard S477. Terminology for soil engaging components for conservation-tillage planters, drills, and seeders. In ASAE Standards 2006, 364-369. St. Joseph, MI: ASABE.
- Aykas, E., Önal, İ. (1999). Effects of different tillage seeding and weed control methods on plant growth and wheat yield. 7. International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture , 26-27 May Adana- Turkey.
- Aykas, E., Yalçın, H., Çakır, E. (2005). Koruyucu toprak işleme yöntemleri ve doğrudan ekim. *Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg.*, 42(3), 195-205. ISSN 1018-885.
- Bahrani, M.J., Raufat, M.H. & Ghadiri, H. (2007). Influence of wheat residue management on irrigated corn grain production in a reduced tillage system. *Soil & Tillage Research* 94, 305–309.
- Chen, Y., Tessier, S. & Irvine, B. (2004). Drill and crop performances as affected by different drill configurations for no-till seeding. *Soil & Tillage Research* 77, 147–155.
- Doan, V., Chen, Y. & Irvine, B. (2005). Effect of oat stubble height on the performance of no-till seeder openers. *Canadian Biosystems Engng.* 47(2), 37-44.
- Gill, W.R. & Glen, E.V. (1968). *Soil Dynamics in tillage and traction*. Agriculture Handbook No: 316, U.S. Dept. Of Agriculture, Washington, USA.
- Godwin, R.J. (1990). *Agricultural engineering in development tillage for crop production in areas of low rainfall*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Green, M. & Poisson, D. (1999). Residue management for successful direct seeding. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. [www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex1205](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex1205)
- Green, M. & Eliason, M. (1999). Equipment issues in crop residue management for direct seeding. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. [www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/-deptdocs.nsf/all/agdex1352](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/-deptdocs.nsf/all/agdex1352).
- Grisso, R., Holshouser, D. & Pitman, R. (2006). *Planter/drill considerations for conservation tillage systems*. Virginia Coop. Ext. Public. No: 442-457, Virginia State Univ., USA.
- Guerif, J., Richard, G., Dürr, C., Machet, J.M., Recous, S. & Roger-Estrade, J. (2001). A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment. *Soil & Tillage Research*, 61, 13-32.
- Herbek, J., Murdock, L. James, J. & Call, I. (2008). Corn residue management for no-till wheat. Department of Agronomy. <http://www.D.ca.uky.edu/ukrec/RR%201999%20-%202000/99-00pg20.pdf>

- Hewitt, J.S. & Dexter, A.R. (1980). Effects of tillage and stubble management on the structure of a swelling soil. *J. Soil Sci.* 31, 203-215.
- Hughes, K.A. & Baker, C.J. (1977). The effects of tillage and zero tillage systems on soil aggregates in a silt loam. *J. Agric. Engr. Research* 22(3), 291-301.
- Korucu, T., Kirişçi, V., Görücü, S. (1998). Korumalı toprak işleme ve Türkiye'deki uygulamaları. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi Bildiriler CD'si, s.321-333, Tekirdağ.
- Köller, K. (2003). Conservation tillage-technical, ecological and economic aspects. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı Bildiriler Kitabı, ISBN 975-483-601-9. İzmir.
- McVay, K.A. (2003). The value of crop residue. MF-2604, Kansas State University, Department of Agronomy. <http://www.oznet.ksu.edu>.
- Morrison, J.E. & Allen, R.R. (1987). Planter and drill requirements for soils with surface residues. Southern Region No-till Conf. Proc., p:44-58, College Station, Texas, USA.
- NRCS, (2005). Conservation Practice Standard 329-1. Residue and Tillage Management No Till/Strip Till/Direct Seed. <http://www.nrcs.usda.gov/technical/standards/nhcp.html>.
- Önal, İ. (1995). *Ekim bakım ve gübreleme makinaları*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 490, s.52-65, İzmir.
- Price, T. (1999). What should my no-till planter look like? [https://transact.nt.gov.au/ebiz/dbird/techpublications.nsf/b2ff165af0ec6aeb69256efe004f5a7f/\\$file/311.pdf](https://transact.nt.gov.au/ebiz/dbird/techpublications.nsf/b2ff165af0ec6aeb69256efe004f5a7f/$file/311.pdf)
- Prior, S.A., Reicosky, D.C. Reevesa, D.W. Runionc, G.B. & Raper, R.L. (2000). Residue and tillage effects on planting implement-induced short-term CO₂ and water loss from a loamy sand soil in Alabama. *Soil & Tillage Research* 54, 197-199.
- Singh, B. & Malhi, S.S. (2006). Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperate environment. *Soil & Tillage Research* 85, 143- 153.



Bölüm 13

HAYVAN BARINAKLARINDA BİYOFİLTRELER

Can Burak ŞİŞMAN¹

Murat ÖZOCAK²

1 Prof.Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ. Orcid ID:0000-0003-0917-8529

2 Öğr.Gör. Dr., İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Ormanlık MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretimi Bölümü İstanbul. Orcid ID:0000-0002-3997-9290

1. Giriş

Gün geçtikçe artan nüfus karşısında, artan beslenme ihtiyacı hayvansal gıdalara olan talebi arttırmış ve hayvancılık işletmelerinin sayısı ve kapasitesi de artmıştır. Artan kapasiteye paralel olarak hayvansal üretim esnasında oluşan atıklar artmış ve bu atıkların insan ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri de artmıştır. Bu atıklar içerisinde zararlı ve kirletici gazlar sadece bölgede yaşayan canlılar için değil, aynı zamanda yöredeki toprak ve su kaynakları ile hava kalitesi üzerine de olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Bu gazların barınak içerisindeki konsantrasyonlarının belirli sınırları aşması durumunda hayvansal üretimde verim düşüklüğüne ve sağlık problemlerine neden olmaktadır.

Bu çalışmada hayvan barınaklarının içinde oluşan amonyak (NH_3), azot oksitler (NO_x), kükürlü bileşikler (H_2S , SO_2 vb.), metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) gibi zararlı gazlar ve kötü kokunun kaynakları, oluşum süreçleri, ölçüm parametreleri ile kontrol ve bertaraf yöntemleri açıklanmıştır. Bu bağlamda hayvan barınaklarında biyofiltre kullanımı, tasarım kriterleri ve kullanılacak malzemeler detaylı şekilde irdelenmiştir.

2. Koku

Koku, çevre havasına yayılan bileşiklerin molekülleri ile oluşturduğu ve koku alma duyusu ile hissedilen bir etkidir. Kokuyu oluşturan maddeler uçuculuğu yüksek bileşikler ve gazlar olarak sınıflandırılır. Koku alma duyusu karmaşık ve hassas bir süreçtir. Koku alma insan burnunda bulunan epitel dokusu içinde yerleşik ve sayıları 10–25 milyon olan özel olfaktori hücrelerinin uyarılması ile başlar. Bu hücreler burun boşluğunun üst kısmında “regio olfactory” denilen alanda bulunan ve her iki yanda $2,5 \text{ cm}^2$ yüzeye sahip olan oyukta birikmiş bir doku (rima olfactoria) oluşturur (Gostelow ve ark., 2001).

Olfaktori hücrelerinin burnun derin kısımlarında bulunması nedeni ile, burundan içeri çekilen hava genelde doğrudan “olfaktori” alanı ile temas etmez. Hava önce burun içinde “superior turbinate” bölgesine kadar ilerler. Burna çekilen havanın hızıyla orantılı olarak bir türbülans kazanır ve daha sonra olfaktori alanına ulaşır. Türbülansı arttırmak ve kokuyu daha iyi algılayabilmek için hava burna sık sık veya daha hızlı çekilebilir. Böylece içeri çekilen havanın burundan geçiş hızı 4–5 kez artırılmış olur. Dolayısı ile kokulu hava olfaktori bölgesine daha kolay ulaşmış olur ve koku daha iyi algılanır (Patel, 2014).



Şekil.1. Koku alma hissinin oluşumu (Patel, 2014)

Kokuyu oluşturan bileşik veya gazların molekülleri koku reseptörlerine yerleşmekte ve bu reseptörleri uyarması sonucu uyarı sinyali oluşturmaktadır. Oluşturulan her uyarı sinyali olfaktometrik sinir sistemi ile beyine ulaştırılmakta ve eşik seviyeye ulaştığında beyin tarafında koku alma olayı meydana gelmektedir (Akmırza, 2012)

Olfaktori sinyalleri beyine ulaştıktan sonra beynin ön kısmında yer alan limbik ve korteks koku merkezlerine iletilmektedir. Beyin içerisindeki limbik bölgesi kokunun algılanmasını, korteks ise geçmiş çağrışımlar yardımıyla kokunun hissedilmesini sağlarlar (Patel, 2014; Uyar, 2007).

3. Koku Ölçümü

Bir ortamdaki kokunun kontrolünün sağlanması doğru olarak ölçülmesine ve doğru ölçüm parametresinin seçilmesine bağlıdır. Koku kaynağı olan gaz veya uçucu bileşiklerin en doğru ölçüm parametresi ise koku konsantrasyonudur. Bu objektif yöntemin dışında subjektif, kişisel tanımlamalar da yapılabilmekte ve genellikle koku yoğunluğu, karakteri ve hedonik tonu gibi parametreler kullanılmaktadır (Gostelow ve ark., 2001).

Koku analizinde kullanılan yöntemler elektronik sensörler, GS/MS (Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi) + Maskeleye ve olfaktometri yöntemi olmak üzere 3'e ayrılabilir. Elektronik sensörler, insan burnundaki proteinlerden oluşan reseptörlerin elektronik bir dizi kimyasal alıcıyla benzerlerinin yapılmasıdır. GS/MS'de ise gaz karışımlarının birbirinden ayrılmasında ve kesin olarak nicel ve nitel analizler istendiğinde kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu yöntemler arasında ülkemizde yaygın bir şekilde kullanılacak olan yöntem olfaktometri yöntemidir. Olfaktometri koku konsantrasyonlarının kokulu bir gaz örneğinin farklı oranlarda nötral hava ile seyreltilerek elde edilen karışımların panelistlere koklatılarak tayin edildiği etkileşim esasına dayanan bir yöntemdir. Kokunun koku alma duyusu üzerine yaptığı etkiyi ölçer (Anonim, 2013).

Hissedilen kokunun tanımlaması koku karakteri ile belirlenmektedir. Karakter belirlemede mayhoş, tatlı, odunsu, çürük yumurta gibi kokulara benzerliklerinden yola çıkılarak sonuca varılır. Koku yoğunluğuna bağlı olarak karakter değişebilmektedir. Bu durum koku karakter analizinin daha zor olmasına neden olmaktadır (Patel, 2014).

Koku yoğunluğu genellikle farklı iki koku kıyaslamasında kullanılan bir parametredir. Yoğunluk belirlenirken kokunun hafif, kuvvetli gibi sübjektif olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır. Referans, test kokusu ve konsantrasyonun aynı yoğunluk değerine getirilmesi ile sonuç alınmaktadır. Yoğunluk, koku konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Lineer bir ilişki olmamakla birlikte, hissedilen yoğunluk, koku konsantrasyonu artışıyla artmaktadır (Wang ve ark., 2012).

Belirli bir ortamda mevcut olan kokunun bireyler tarafından hoş ve nahos olarak algılanması veya memnuniyet hissine göre rahatsızlık veya hoşnutluk hissini tanımlanması hedonik ton parametresi olarak belirtilir. Kokunun hedonik tonunun belirlenmesi için negatif ve pozitif değerler içeren belirli ölçekler oluşturulmuştur (Akmırza, 2012).

4. Koku Kaynakları

Canlıların sağlığını ve çevreyi olumsuz şekilde etkileyen kötü koku ve zararlı gaz emisyonlarının kaynağı farklı tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerdir. Özellikle plansız yerleşimler, nüfus artışı ve buna bağlı artan gıda ihtiyacı sonucunda artan hayvansal üretim faaliyetleri kötü koku ve zararlı gaz emisyonlarının artmasına neden olmuştur (Şişman ve ark. 2003).

Koku kirliliği tarımsal ve sanayi üretim proseslerine bağlı olarak değişiklik gösterdiği gibi farklı yapılar ve yapının farklı bölümleri içinde farklılıklar göstermektedir. Tarımsal yapılar açısından en fazla koku ve zararlı gaz salınımları hayvan barınakları (Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı), balık üretim çiftlikleri ve gübre depolama yapılarında oluşturmaktadır (Kurç ve Sisman, 2017).

5. Koku Kirliliği Kontrol Yöntemleri

Koku kirliliği tespit edildikten ve düzeyi ölçüldükten sonra bu kirliliğin kontrol altına alınması ve giderilmesi gerekmektedir. Genel olarak koku kirliliği kontrol yöntemleri fizikokimyasal ve biyolojik yöntemlerle yapılmaktadır (Muñoz ve ark, 2015).

Fizikokimyasal olarak koku kontrolü adsorpsiyon, absorpsiyon, yoğunlaşma, kimyasal yıkayıcılar, termal oksidasyon, katalitik oksidasyon ve ozonlama teknikleri ile sağlanmaktadır.

Biyolojik yöntemlerle kontrolde ise kirletici maddelerin mikrobiyal olaylar sonucunda ortamdaki uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Bu yöntem-

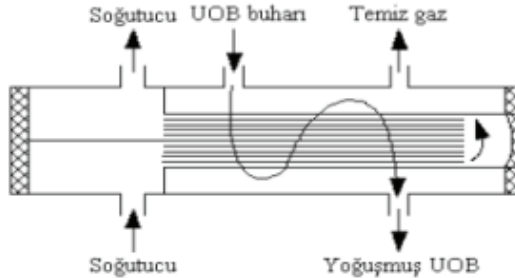
ler biyofiltreler, biyoyıkayıcılar, biyolojik damlatma filtreleri, aktif çamur difüzyonu ve membran biyoreaktörler olarak sıralanmaktadır (Delhoménie ve Heitz, 2005).

5.1. Fizikokimyasal Koku Kontrolü

Adsorpsiyon: Bu yöntem koku bileşiklerini moleküllerinin katı yüzeyler üzerine adsorbe edilmesi esasına dayanır (Schlegelmilch ve ark., 2005). Kirletici moleküllerin adsorpsiyonu için kullanılan adsorban malzemeler aktif karbon, aktif alüminyum oksit, silika jel ve zeolitlerdir. Çoğunlukla endüstriyel uygulamalarda karşılaşılan bu yöntemde adsorban malzeme sabit bir yatak olarak tasarlanır ve atık gaz bu sabit yataktan geçirilerek koku bileşiklerini yatak üzerinde adsorbe edilir. Adsorpsiyon yöntemi, düşük akış hızı ve düşük kirletici konsantrasyonlu atık gazların arıtımında tercih edilir. Adsorpsiyon oranı, adsorbe edilen koku verici bileşiğin polaritesine ve apolar bileşiğe bağlı olarak değişir. Adsorban yatağı adsorpsiyon kapasitesi sınırlıdır, bu yüzden yatak periyodik olarak desorpsiyon yani temizlenmelidir (Metcalf & Eddy ve ark., 2014).

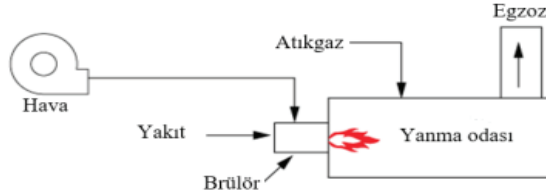
Absorpsiyon: Absorpsiyon, koku kirleticilerin suya aktarıldığı faz ayırımı prensibine dayanan bir süreçtir. Genellikle koku kirletici bileşikler bir kolon içerisinde gaz fazından sıvı faza aktarılır. Bu yöntemde belirleyici parametre kütle transfer hızıdır. Kirleticinin kullanılan absorpsiyon sıvısında çözünme hızı ve miktarı, sistemin çalışma verimini belirler. Absorpsiyon kolonları, atık gazın kolonda kalma süresi, hacimsel sıvı ve gaz akış hızları, kirletici bileşikler ve yıkama sıvılarının özellikleri dikkate alınarak tasarlanır. Yıkama sıvısına alkali ve asidik kimyasallar eklenerek emilim etkinliği artırılabilir. Kimyasal oksitleyicilerin (ozon, sodyum hipoklorit vb.) eklenmesiyle dekontaminant bileşiklerin oksidasyonu da gerçekleştirilebilir (Schlegelmilch ve ark., 2005).

Yoğuşurma: Koku kirleticilerin su buharının soğutulması ve yoğunlaştırılmasıyla suya aktarılmasıdır. Koku bileşiklerinin atık gazdan ayrılması ve yoğunlaşmasını gösteren şema Şekil 2'de verilmiştir. Bu yöntem 500 ppm ve üzerindeki uçucu organik maddeler için %50 -90 arasında bir verimle kullanılabilir (Uyar, 2007).



Şekil. 2. Yoğuşurma ile koku emisyonu kontrolü

Termal Oksidasyon: Termal oksidasyon, atık gaz akışındaki kokulu gazların havadan uzaklaştırılması işlemidir. Şekil 3 de gösterildiği gibi bu yöntemde kirletici bileşikler oksijen ile yüksek sıcaklıkta fırınlarda yeterli bir süre boyunca yakılıp okside edilerek karbondioksit ve suya dönüştürme işlemidir (Uyar, 2007).



Şekil. 3. Termal oksidasyon ile koku emisyon kontrolü

Katalitik Oksidasyon: Katalitik oksidasyon termal oksidasyona çok benzer bir şekilde çalışır. En büyük fark, yanma fırınından geçen gazın aynı zamanda bir katalizör yatağından da geçmesidir. Katalizör yatak daha düşük sıcaklıklarda oksidasyon reaksiyonunun hızını artırır (Uyar, 2007).

5.2. Biyolojik Koku Kontrolü

Son yıllarda kullanımı giderek artan biyolojik koku kontrol yöntemleri fizikokimyasallar yöntemlere kıyasla daha çevre dostu ve sürdürülebilir yöntemlerdir. Uygun sıcaklık ve basınç altında kolay kurulabilen bu sistemler endüstriyel ölçekte istikrarlı ve dayanıklı performansları sayesinde yoğun olarak kullanılan biyoteknolojik yöntemlerdir (Kennes ve ark., 1998; Burgess ve ark., 2001; Easter ve ark., 2005)

Biyoteknolojik koku giderme mikroorganizmaların koku bileşiklerini azalttığı bir süreçtir. Bu yöntem ile toksit maddelerin kokusuz bileşiklere dönüştürülmesi de mümkündür. Çok farklı özellikteki CO_2 , CH_4 ve N_2O gibi gazlar biyoteknolojik yöntemler ile kontrol edilebilmektedir (Revah ve Morgan-Sagastume, 2005; Lu ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2014).

Biyoteknolojik koku kontrolüne yönelik çalışmalarda ilk olarak kolon dolgu malzemesi seçimine odaklanılmış, daha sonra ise koku kaynağı gazların içerdiği mikroorganizma türleri, aşılama farklılıkları ve atık gaz bileşenleri de dikkate alınarak biyolojik koku kontrol sistemleri tasarlanmıştır (Revah ve Morgan-Sagastume, 2005; Dorado ve ark, 2014).

Biyofiltreler: Bu sistemler, mikroorganizmaların kokulu kirleticileri içeren gazları filtreleyebilme prensibine göre çalışır. Nemlendirilmiş atık gaz gö-

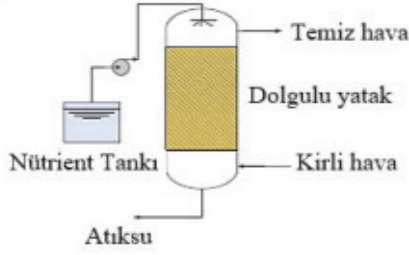
zenekli bir yapıya sahip dolu yatak boyunca hareket ederken, gaz içerisindeki kirletici bileşikler yatak gözeneklerinde bulunan mikroorganizmalar tarafından biyolojik oksidasyonla parçalanır ve bir film tabakasına aktarılır (Mudliar ve ark., 2010). Biyofiltrenin tasarımında dikkate alınması gereken en önemli parametre, kirletici bileşiklerin biyofilm tabakasına aktarılması için gerekli kolonda kalma süresidir (Revah ve Morgan-Sagastume, 2005).



Şekil. 4. Biyofiltre sistemi

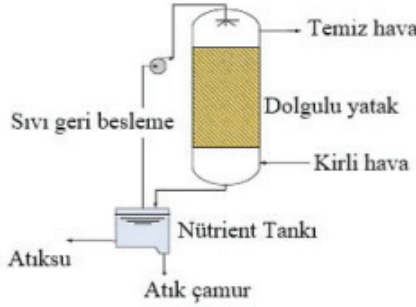
Koku giderimi için kullanılan biyofiltre sistemleri genellikle açık ve kapalı sistemler olmak üzere iki şekilde tasarlanmaktadır. Geniş bir alan gerektiren açık tasarım biyofiltre sistemlerinde normal atmosfer koşullarında atık gaz akışının dolu yatak boyunca aşağıdan yukarıya doğru hareket ettiği bir sistemlerdir. Atmosfere açık oldukları için mevsimsel değişikliklerden etkilenirler. Kapalı sistemlerinde ise atık gaz yatağın her iki tarafından da etkilenmekte ve çalışma alanı gereksinimi daha küçük olan sistemlerdir (Mudliar ve ark., 2010).

Biyofiltre sistemleri, dolgulu yatak içerisinde zengin mikrobiyal unsurlar bulundurur (Şekil 5). Çok sayıda kirletici kokunun gideriminde etkili ve işletme maliyetleri düşük sistemlerdir. Sistem tasarımında atık gazın dolu yatakta kalma süresi ve basınç düşüşü parametreleri nedeniyle belirli sınırlar içinde çalıştırılabilirler. Bekletme süresi 20 s ile 2 dk arasında ve basınç düşüşü 10 cm H_2O 'nun altında tutulmalıdır. Yatağı yerinde tutmak için dolgulu yatak yüksekliği 1,5 m'nin altında olmalıdır (Estrada ve ark., 2011). Ayrıca biyofiltre içerisinde dolgulu yatağın, besin tankı ile basınç, nem ve sıcaklığı kontrol altında tutulmalıdır (Hernández ve ark., 2010).



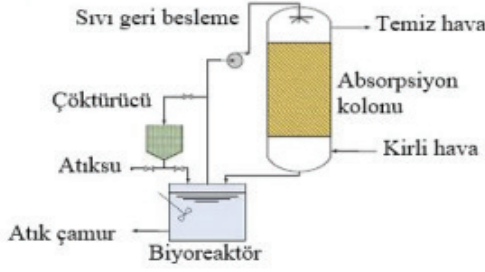
Şekil. 5. Biyofiltre koku kontrol sistemi

Biyodamlatmalı Filtreler: Biyodamlatmalı filtrelerde koku bileşikleri içeren atık gaz sabit bir dolu kolondan geçirilir, ancak biyofiltre sisteminden farklı olarak, dolu yatak sürekli olarak bir besin çözeltisi ile nemlendirilir (Kennes ve Thalasso, 1998) (Şekil 6). Gaz fazındaki kokulu bileşikler öncelikle çözeltide bulunan damlacıklar tarafından emilir ve sıvı faza geçer ve böylece dolgu yatak gözeneklerinde biyolojik bozunma yoluyla biyofilm tabakasından uzaklaştırılır (Revah ve Morgan-Sagastume, 2005). Kısa sürede yüksek oranda H_2S giderimi ile asidik ve bazik adımlar için çok etkili bir yöntemdir (Muñoz ve ark., 2015).



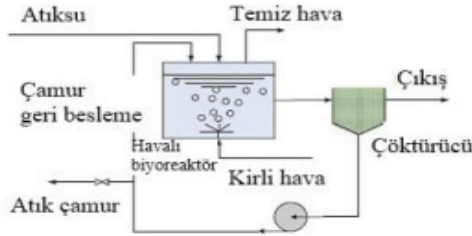
Şekil. 6. Biyodamlatmalı filtre koku kontrol sistemi

Biyoyıkayıcılar: Gaz halindeki kirletici bileşiklerin sıvı faza absorbe edildiği absorpsiyon kolonu ve sıvı faza aktarılan kirleticilerin biyolojik oksidasyonu için biyoreaktör sistemlerinin birlikte çalıştırıldığı bir koku giderme sistemidir (Kennes ve Thalasso, 1998). Bir absorpsiyon kolonunda gaz fazından sıvı faza kütle transferi ve biyoreaktördeki mikrobiyal aktivite ile biyolojik bozunma sistemlerinin birlikte kullanılmasıdır (Muñoz ve ark., 2015).



Şekil. 7. Biyoyıkayıcı koku kontrol sistemi

Aktif Çamur Difüzyon Sistemi: Aktif çamur difüzyon sistemleri atık gaz içerisindeki kirleticileri sıvı faza aktaran ve deodorizasyonda koku transferini optimize eden bir sistemdir. Gelecekte koku kontrolünde kullanılacak en etkin yöntemler arasında görülmektedir. Bu sistem, atık gazın sıvı bir yataktan geçirilerek arıtılması prensibine dayanmaktadır (Lebrero ve ark., 2010). Bu sistemde, atık gaz emisyon noktasından toplanan gaz akışı difüzör tarafından toplanır. Toplanan gaz akışı aktif çamur tankının dibine kadar ulaşır. Ardından aktif çamur tankına girer ve yukarı doğru yükselen atık gazdaki kirleticiler mikrobiyal floklar tarafından uzaklaştırılır (Muñoz ve ark., 2015). Özellikle atık su arıtma sistemlerinde karşılaşılan koku kirliliğinin kontrolünde aktif çamur difüzyon sistemleri oldukça etkili ve arıtma sistemine entegre şekilde tasarlandığından ucuzdur (Bowker, 2000).



Şekil. 8. Aktif çamur difüzyon koku kontrol sistemi

6. Hayvan Barınaklarındaki Kötü Koku ve Zararlı Gazlar

İnsanların dengeli ve sağlıklı beslenmeleri ile ihtiyaç duydukları enerji miktarının sağlanma için alınması gereken protein miktarının yaklaşık %40'ının hayvansal kaynaklı olması tavsiye edilmekte, ancak bu oran ülkemizde yaklaşık %29 seviyesindedir (Gündüz ve ark., 2006). Hayvansal protei-

ne olan bu ihtiyaç hayvansal üretimin ve hayvancılık işletmelerinin sayılarının arttırılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Hayvansal üretimin ve hayvansal kaynaklı besinlerin arttırılması, barınakların (ahır, ağıl, kümes vd.) farklı tiplerde (açık, kapalı ve yarı açık) tasarlanarak, iklimsel çevre koşullarının kontrol altında tutulmasıyla mümkündür. Bu tasarımlar yapılırken, yer seçiminden başlayarak, ekilebilir arazi varlığı ve yem girdisi, sermaye, işgücü, sürü büyüklüğü, yasal zorunluluklar ve gübre yönetimi gibi konularında doğru bir şekilde planlanması büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda hayvancılık işletmelerinde çeşitli sağlık ve çevresel sorunlara neden olan, yemden, hayvanların solunum ve sindirim sistemlerinden, gübrenin mikrobiyal ayrışımından ve gübre yönetim sisteminden kaynaklı oluşan kötü koku ve zararlı gazların kontrolü de önemli bir konudur (Yüksek ve Şişman, 2015).

Kötü koku ve zararlı gazların oluşumunda temel kaynak gübre, idrar ve bunlar ile karışan altlık, yem, atıksu gibi diğer materyallerin karışımının barınak içerisinde birikmesi ve hayvanların sindirim sistemleridir. Bu kaynaklardan oluşan emisyonlar barınak tipi ve tasarımı, besleme, gübre yönetim sistemi, barınak içi sıcaklık ve gübrenin yayılım alanına göre farklılık göstermektedir. Hayvan barınaklarında oluşan emisyonlarının değişimine sebep olan faktörler Tablo 1. de verilmiştir (Schiefler, 2013).

Tablo 1. Barınaklarında zararlı gaz emisyonunu değiştiren faktörler (Schiefler, 2013)

Barınak	Hayvan	Beslenme	Çevre Koşulları	Gübre	Gübre Yönetimi
Sıcaklık	Sayı	Besin	Hava hızı	Temizleme	Depolama
Rüzgar hızı	Ağırlık	Rasyon	Havalandırma	Altlık	Yüzey alanı
Yönlendirme	Aktivite	Besleme	Rüzgar	Değiştirme	Uygulama
Nem	Genetik	Yönetim	Barınak alanı	Zemin	Sıvı gübre

Hayvansal üretim yapılarında oluşan gaz emisyonları içerisinde azotlu bileşikler özellikle amonyak, kükürtlü bileşikler, metan ve karbondioksit en başta gelmektedir (Chiumenti ve ark, 2018).

6.1. Amonyak (NH₃)

Amonyak keskin kokulu renksiz bir gaz olup, diğer kirleticilerden farkı yüksek derecede reaktif olması ve kısa bir zaman atmosferde kalmasıdır. Amonyak atmosferde diğer bileşiklerle reaksiyona girip ikincil kirletici formlara dönüşebilmektedir (Chetner ve Sasaki, 2001).

Hayvan barınaklarında oluşan amonyak, gübredeki organik azot bileşiklerinin mikrobiyal ayrışmasının bir ürünüdür. Gübrede bulunan azot, absorbe

edilmeyen besin maddelerinden üre (memelilerde) ya da ürik asit (kümes hayvanları) şeklinde oluşur. Üre ve ürik asit hızla amonyak oluşturmak amacıyla hidrolize olur ve dışkı atıldıktan kısa süre sonra yayılır (Oenema ve ark., 2001). Amonyakın suda çözünürlük oranının yüksek olması ve gübrenin kuruması esnasında atmosfere yayılımı hızlıdır. Bu bakımdan, gübrenin yapısı nasıl olursa olsun amonyağın gaz haline gelme ve yayılma potansiyeli yüksektir. Bu emisyon, kapalı ve açık barınaklardan, gübre yığınlarından, anaerobik gübre depolarından (lagünler), sıvı ve katı gübre işletim sistemlerinden ve gübrenin araziye uygulanmasından kaynaklanır (Anonim, 2001).

Dünyada hayvan barınakları kaynaklı yıllık yaklaşık 20 milyon ton amonyak azotu emisyonunun olduğu tahmin edilmektedir. Bu miktarın karasal sistemden kaynaklanan toplam amonyak emisyonunun yaklaşık % 50'sini oluşturduğu belirtilmektedir (Galloway ve Cowling, 2002).

Koerkamp ve ark. (1998) tarafından sığır barınaklarında amonyak emisyon miktarları üzerine yürüttükleri bir çalışmada, süt sığırlarından oluşan NH_3 emisyonunun 0,26-0,86 g/h-AU gün, besi sığırı ise 0,35-0,4 g/h-AU aralığında değiştiği hesaplanmıştır (AU: 500 kg canlı ağırlık için 1 g NH_3 karşılığı). Kümes hayvanları için bu emisyon Mihina ve ark. (2012) tarafından 0,23-10,77 mg/m³ olarak, besi domuzu için ise Hinz ve Linke (1998) 2,5 g/h-AU olarak belirlemiştir.

6.2. Azot Oksitler (NO_x)

Azot oksitler gübrede bulunan organik azot bileşiklerinin mikrobiyal ayrışması yani nitrifikasyon olayını izleyen denitrifikasyon olayının gerçekleşmesi sonucu oluşmaktadır. Nitrifikasyon amonyağın aerobik ortamda nitrat ve nitrite mikrobiyal oksidasyonudur. Bu olayda, amonyak nitrosomonas adı verilen bakteriler tarafından biyolojik yükseltgenme sonucu ilk olarak nitrate sonrasında ise nitrite dönüştürülür. Daha sonra nitrit ve nitratlar anaerobik ortam şartlarında mikrobiyal bir işlem olan denitrifikasyona uğrayarak azot oksitlere NO_x (N₂O, NO ve NO₂) dönüşür. Dolayısıyla hayvan barınaklarından azot emisyonunun gerçekleşmesi için, gübrenin ilk olarak aerobik, daha sonra ise anaerobik işlem görmesi gerekmektedir (Anonim, 2001).

Hayvan barınaklarında NO_x emisyonları genellikle serbest ve açık süt ve besi sığırı barınakları ile hayvan gübresinin kullanıldığı tarım alanlarda meydana gelmektedir. Amon ve ark. (2001) süt sığırı barınaklarında N₂O emisyonunu 619,2 mg/LU gün olarak, Mihina ve ark ise (2012) N₂O emisyonu kümeslerde 0,92-8,24 mg/m³ ve domuz barınaklarında 3,62-6,39 mg/m³ olarak belirlenmiştir.

6.3. Kükürtlü Bileşikler

Hayvan barınaklarında kükürtlü bileşiklerin ana kaynağı gübre olup,

gübre içerisinde ise kükürdün iki ana kaynağı söz konusudur. Bunlarda ilki yemdeki kükürtlü amino asitler, diğeri ise büyümeyi arttırmak için yeme ilave edilen bakır sülfat ve çinko sülfat gibi inorganik kükürtlü bileşiklerdir. Tüm hayvancık dallarında sülfat kullanılıyor olmasına karşın en fazla sülfatın kullanıldığı sektör kanatlı yetiştiriciliğidir (Anonim, 2001).

Hayvan barınaklarında karşılaşılan en yaygın kükürtlü bileşik hidrojen sülfürdür (H_2S) olup, bunu metil merkaptan, dietil sülfid, dimetil sülfid, dimetil disülfid ve karbonil sülfittir gibi uçucu organik kükürtlü bileşikler takip eder (Sweeten ve ark., 1998).

Dünya üzerinde küresel ve ulusal ölçekte atmosferik hidrojen sülfür emisyonları kaynakları (topraklar, volkanlar, bataklıklar, fosil yakıtlarının yakılması) içerisinde hayvan barınaklarından kaynaklanan salınım çok düşük seviyededir. Ancak, yerel olarak hayvan barınakları ve diğer kükürt kaynaklarından birkaçının yoğun olarak bulunduğu bölgelerde atmosferdeki kükürtlü bileşik konsantrasyonları önemli seviyelere çıkabilmektedir (Schnoor ve ark., 2002). Zhao ve ark. (2007) tarafından yapılan bir yıllık bir araştırmada süt sığırcılığı barınakları kaynaklı H_2S konsantrasyonu yaz dönemi için 31 ppb, kış dönemi için ise 4 ppb olarak elde edilmiştir.

6.4. Metan (CH_4)

Atmosferdeki metan konsantrasyonunu arttıran önemli kaynaklarından bir tanesi de hayvancılık sektörüdür. Barınaklardaki metan emisyonunun kaynağı, geniş getiren hayvanların sahip olduğu sindirim sistemi, gübre depolanması veya araziye serilmesi sonrasında uğradığı fermentasyon ve silajın fermentasyonudur (Anonim, 2004).

Küresel ölçekte insanoğlunun faaliyetleri kaynaklı metan salınımı yıllık 320 milyon ton/yıl olarak tahmin edilmekte ve bu salınım içerisinde en büyük pay hayvansal üretim faaliyeti gelmektedir. ABD’de yıllık toplam 41 milyon ton’luk metan salınımının yaklaşık %19 u (7.6 milyon ton) hayvancılık sektörü kaynaklıdır. (Van Aardenne ve ark., 2001).

Yapılan çalışmalarda bir süt sığırcılığı işletmesinde oluşan CH_4 emisyonunun 327-617 g/LU gün arasında değiştiği belirtilmiştir (Kinsman ve ark., 1995). Benzer olarak kümeslerde metan emisyonunun 46,59 - 134,12 mg/m³gün aralığında ve domuz barınaklarında ise 33,51 - 189,63 mg/m³ gün arasında değiştiği belirlenmiştir (Mihina ve ark., 2012).

6.5. Karbondioksit (CO_2)

Hayvan barınaklarında oluşan karbondioksitin (CO_2) ana kaynağı, hayvanların ve çalışanların solunumları ve organik maddelerin aerobik ve anaerobik koşullar altında mikrobiyal parçalanmasıdır (Choiniere ve Munroe 1997). Aerobik koşullar altındaki mikrobiyal parçalanmada CO_2 son ürün

olup, karbonun tamamı CO₂ olarak çevreye yayılır. Anaerobik koşullarda ise CO₂ metan ile organik maddelerin parçalanması sonucu ortaya çıkar. Hayvansal gübrenin tarım alanlarına uygulanması ve gübredeki organik maddelerin toprak mikroorganizmaları tarafından parçalanması sonucunda da CO₂ açığa çıkmaktadır (Anonim, 2001).

Jungbluth ve ark (2001) süt sığırcılığı işletmelerinde oluşan hayvan başına yıllık CO₂ emisyon miktarının 1697 - 2281 kg/baş yıl olduğu, Kinsman ve ark (1995) ise 11900-17500 g/AU gün olduğu belirlenmiştir. Mihina ve ark (2012) CO₂ emisyonunun domuzculuk işletmelerinde 975,36 - 9948,78 mg/m³ arasında değiştiğini belirlemiştir.

Hayvan barınaklarında çalışan insan ve hayvan sağlığı açısından izin verilen CO₂ sınır değeri 5000 ppm olarak belirtilirken, kısa süreli maruziyetlerde bu sınır değer 30000 ppm'e kadar arttırılabileceği belirtilmektedir (Choiniere ve Munroe, 1997).

7. Biyofiltre

Biyofiltre canlılar ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerin olan farklı kaynaklardan ortaya çıkan kötü koku ve zararlı gazların arıtımında kullanılan filtreler olarak tanımlanırlar. Hayvancılık barınaklarında oluşan bu kötü koku ve zararlı gazların arıtımı, biyofiltre sistemi içerisine yerleştirilen ve atık gazdaki koku bileşiklerini filtreleyen bir dolgu malzemesi ile gerçekleştirilir. Dolgu malzemesi mikrobiyal bozunma sonucunda atık gaz içerisindeki kokuyu uzaklaştırmaktadır (Şekil 9).

Biyofiltrelerde koku giderimi ve arıtma işlemi adsorpsiyon-absorpsiyon ve biyolojik bozunma ile birlikte birkaç aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada, kokulu gaz filtre ortamından geçirilerek akışta bulunan koku bileşiklerinin filtre yüzeyine yapışması (adsorpsiyon) sağlanır. Daha sonra filtre yüzeyine tutunan gaz molekülleri taşınarak desorbe edilir.



Şekil. 9. Hayvan barınaklarındaki biyofiltre sistemleri

nım ömrü ve maliyet dikkate alınması gereken temel özelliklerdir. Özellikle malzemenin porozitesi ve bu boşlukların boyutu ve dağılımı biyolojik parçalanma sonucu tikanabileceğinden ve hava geçişini etkileyeceğinden dikkatle incelenmelidir. Biyofiltrelerde genel olarak porozite %50 ila 55 arasında uygun kabul edilmektedir (Easter ve ark., 2005; Epstein, 2011). Dolgu malzemesinin geçirgenliği, hayvan barınaklarında arıtılması beklenen gaz akışının içeriğine ve yükleme oranına göre belirlenir. Dolgu derinliği, dolgu malzemesinin hava akışına karşı direncini eşitlemelidir. Biyofiltre tasarımlarında filtre ortamı derinliği genellikle 90-120 cm aralığında alınır. Bu ortam derinliği arttıkça biyofiltredeki koku ayak izi küçülecektir (Epstein, 2011)

8.2. Mikroorganizma Çeşidi

Hayvan barınaklarında zararlı gazların biyolojik bozunmasında ve kötü kokunun giderilmesinde kullanılacak mikroorganizmaların üremesi ve aktivitesi biyofiltre dolgu malzemesindeki çevre koşullarının uygun olması gerekir. oksijen, toksik maddeler, inorganik besin içeriği, nem, uygun sıcaklık ve pH aralığı gibi parametreler tarafından etkilenir. Bir biyofiltre içerisindeki mikroorganizmaların yaşamsal aktivitelerinin yüksek olması için dolgu malzemesindeki (Schnelle ve Brown, 2001).

8.3. Nem Oranı

Zararlı gaz ve kokuların bozunması ve gideriminde biyofiltre içerisindeki dolgu malzemesinin gözenekliliği ve filtre niteliğindeki ortamının nem oranı önemlidir. Etkin bir mikrobiyal faaliyet için biyofiltre dolgu malzemesinin nem içeriği ağırlıkça %30 – 60 arasında olması önerilmektedir (Mudliar ve ark., 2010).

Biyofiltrelerde uygun nem oranının oluşturulması ve kontrol altında tutulmasında iki farklı yöntem kullanılmaktadır. İlk ve en yaygın yöntem kokulandırılmış gazdır. Bu yöntemde gaz akışı nem odasından geçirerek nem doyumunu sağlanmaktadır. İkinci yöntemde ise, biyofiltre üzerine nozüller yerleştirilerek filtre ortamına su verilerek biyofiltrede gerekli nem yüzdesini sağlar (Epstein, 2011).

8.4. PH

Biyofiltrelerin hayvan barınaklarında etkili bir şekilde çalışabilmesi ve etkin mikrobiyal faaliyetler için pH değerinin nötr olması idealdir. Ancak hava emisyonlarının arıtılmasında genellikle pH 6-7,5 aralığında tutulmaktadır. Özellikle gaz arıtımında meydana gelen biyolojik parçalanma sırasında H_2S parçalandıkça sülfürik asit oluşur ve bu durum ortam asitliğini yükseltir. Bu sayede dolgu malzemesinin tamponlama kapasitesi daha uzun süre kullanılabilir. Ortam koşullarındaki H_2S değeri 15 ppm ve üzeri konsantrasyon riskli olarak kabul edilmektedir. (Easter ve ark., 2005; Burgess, ve ark., 2001; Mudliar, ve ark, 2010)

8.5. Basınç

Dolgu malzemesinin türü ile gözeneklilik, nem içeriği ve sıkıştırma oranına bağlı olarak biyofiltrede basınç düşüşleri meydana gelebilir. Dolgu malzemesinin gözenekliliği sıkıştırma oranı bağlı olarak değiştiği için malzemenin aşırı sıkıştırılmış olması daha yüksek basınç düşüşüne sebep olur. Biyofiltre içerisinde genellikle 1,87 ile 5,6 mm/Hg sütunu arasında bir basınç düşüşü kabul edilebilir bir seviyededir. Bu düzeyde basınç düşüşünün olduğu bir biyofiltre için tipik enerji tüketimi 1,8 ila 2,5 KWh/1000 m³ aralığında değişiklik göstermektedir (Schnelle ve Brown, 2001).

8.6. Sıcaklık

Mikroorganizmalar yaşamsal faaliyetlerini ve üremelerini 15 ila 30 °C arasındaki sıcaklıklarda maksimum seviyede gerçekleştirebilirler. Bu yüzden Biyofiltre sistemleri 15 °C'nin altındaki sıcaklıklarda çalıştırıldıklarında verimleri düşmekte, 30°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise özellikle mezofilik termofilik bakteriler aktif olmasına rağmen biyolojik bozunma verimliliği azalmaktadır. Sıcaklık arttıkça, çözünürlük ve adsorpsiyon oranları için bir avantaj olarak görülse de mikrobiyal faaliyetler azalacağından biyofiltrelerin çalışmasında olumsuz durumlar yaşanmaktadır (Easter ve ark., 2005). Bu bakımdan hayvan barınaklarında tasarlanacak biyofiltrelerin çalışma sıcaklığı 15 ila 30 °C aralığında sabitlenmelidir.

8.7. Gaz Akımı Yükleme Hızı

Biyofiltre tasarımında boyutlandırma için gerekli olan en önemli parametre yükleme hızıdır. Yükleme hızı; filtre yatağından geçen gaz akımının akış hızı ve arıtma oranıdır. Gaz arıtımı için kullanılacak biyofiltrelerde çıkış gaz debisi genellikle 1000 ila 150000 m³/h arasındadır. Biyofiltrelere yüksek akış hızlarında gaz beslemek biyofiltrelerin aşırı ısınmasına neden olabilir (Schnelle ve Brown, 2001).

8.8. Oksijen

Biyofiltrede mikroorganizmalar tarafından zararlı gaz ve koku bileşiklerinin oksidasyonu ile bozunması için biyofiltre içerisinde yeterli oksijen sağlanmalıdır. Gerekli oksijen, beslenen gaz akışının artan havası ile birlikte sisteme pompalanarak sağlanabilir (Schnelle ve Brown, 2001; Burgess ve ark., 2001).

Mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için oksijenin yanı sıra azot, fosfor ve bazı eser metaller gibi inorganik besin maddelerine de ihtiyaç vardır. Bu bakımdan biyolojik koku kontrolünde oksijen ile birlikte farklı besin maddeleri de önem kazanmaktadır (Schnelle ve Brown, 2001).

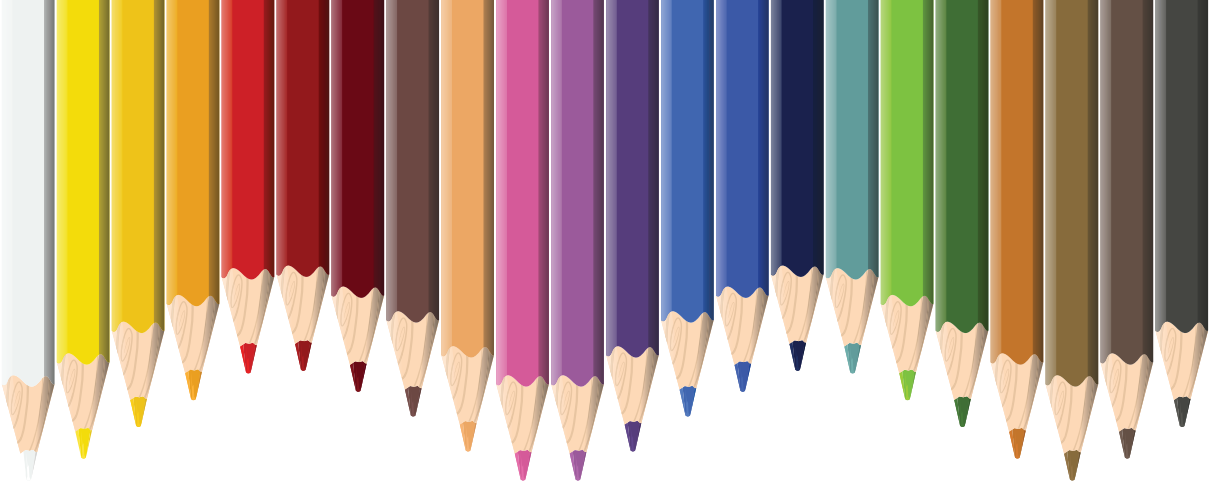
9. Kaynaklar

- Akmırza, İ. 2012. Gıda Endüstrisi Kaynaklı Koku Emisyonlarının Kontrol Stratejilerinin Geliştirilmesi (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Amon, B., Amon, T., Boxberger, J., & Alt, C. 2001. Emissions of NH₃, N₂O and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (housing, manure storage, manure spreading). *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 60, 103-113. <https://doi.org/10.1023/A:1012649028772>
- Anonim, 2001. Emissions from animal feeding operations. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch09/draft/draftanimalfeed.pdf> (Ekim 2023).
- Anonim, 2004. Systems for controlling air pollutant emissions and indoor environment of poultry, swine and dairy facilities. Multi state project, dc 98-03. <http://www.reeis.usda.gov/web/crisprojectpages/184069.html>-(Ekim 2023).
- Anonim. 2013. Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 19.07.2014 tarih ve 28712 Sayılı Resmi Gazete.
- Bowker, R.P.G. 2000 Biological odour control by diffusion into activated sludge basin, *Water Science and Technology*, 41, 127-132.
- Burgess J. E., Parsons S. A. ve Stuetz R. M. 2001. Developments in odour control and waste gas treatment biotechnology: a review, *Biotechnology Advances*, 19, 35-63.
- Chetner, S., Sasaki, D. 2001. Agricultural air emission inventory for Alberta and literature review, Intensive Livestock Operations Working Group. Alberta, Canada.
- Chiumenti, A., da Borso, F., Pezzuolo, A., Sartori, L., & Chiumenti, R. 2018. Ammonia and greenhouse gas emissions from slatted dairy barn floors cleaned by robotic scrapers. *Research in Agricultural Engineering*, 64(1), 26-33. <https://doi.org/10.17221/33/2017-RAE>
- Choiniere, Y., Munroe, A.J. 1997. Air quality inside livestock barns, Ministry of Agriculture and Food, AGDEX 400/717, Factsheet, Ontario.
- Delhoménie M.-C., Heitz M. 2005. Biofiltration of Air: A Review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 25, 53–72.
- Dorado A. D., Husni S., Pascual G., Puigdellivol C. and Gabriel D. 2014. Inventory and treatment of compost maturation emissions in a municipal solid waste treatment facility, *Waste Management*, 34, 344–351.
- Easter C., Quigley C., Burrowesa P., Witherspoon J., Apgar D. 2005. Odor and air emissions control using biotechnology for both collection and wastewater treatment systems, *Chemical Engineering Journal*, 113, 93-104.
- Epstein, E. 2011. *Industrial composting: environmental engineering and facilities management*. CRC Press.
- Estrada J. M., Krakman, N. J. R. B., Muñoz R. and Lebrero R. 2011. A Comparative

- Analysis of Odour Treatment Technologies in Wastewater Treatment Plants, *Environ. Sci. Technol.*, 45, 1100–1106.
- Galloway, J. N., Cowling, E. B. 2002. Reactive nitrogen and the world: two hundred years of change. *Ambio* 31: 6471.
- Gostelov P., Parsons S. A. ve Stuetz R. M. 2001. Odour Measurements for Sewage Treatment Works, *Water Research*, 35, 579-597.
- Gündüz, O.,K. Esengün.,Z.G., Gök T. 2006. Ailelerin Et Tüketimleri Üzerine Bir Araştırma, Tokat Örneği. Türkiye 7. Tarım Ekonomisi Kongresi, Antalya.
- Hernández J., Prado Ó.J., Almarcha M., Lafuente J. ve Gabriel D. 2010. Development and application of a hybrid inert/organic packing material for the biofiltration of composting off-gases mimics, *J Hazard Mater.*, 178, 665-672.
- Hinz, T., Linke, S. 1998. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 1: Methods. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70(1), 111-118. <https://doi.org/10.1006/jaer.1998.0282>
- Jungbluth, T., Hartung, E., & Brose, G. (2001). Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 60, 133-145. <https://doi.org/10.1023/A:1012621627268>
- Kennes C. ve Thalasso F. 1998. Waste Gas Biotreatment Technology, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 72, 303-319.
- Kılıç, İ. (2011). *Hayvan barınaklarında hava kirleticilerinin karakterizasyonu* (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ University (Turkey)).
- Kinsman, R., Sauer, F. D., Jackson, H. A., & Wolynetz, M. S. 1995. Methane and carbon dioxide emissions from dairy cows in full lactation monitored over a six month period. *Journal of Dairy Science*, 78(12), 2760-2766. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76907-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76907-7)
- Koerkamp, P. G., Metz, J. H. M., Uenk, G. H., Phillips, V. R., Holden, M. R., Sneath, R. W., Wathes, C. M. 1998. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70(1), 79-95. <https://doi.org/10.1006/jaer.1998.0275>
- Kurc H.C., Sisman C.B. 2017. The Prevention of Harmful Gases And Odours Dispersion By Biofiltration in The Animal Farm. *Agronomy Research* 15(1): 219-224
- Lebrero R., Rodríguez E., Martín M., García-Encina P. A. and Muñoz R. 2010. H₂S and VOCs abatement robustness in biofilters and air diffusion bioreactors: A comparative study, *Water Res.*, 44, 3905-3914.
- Lu B.-H., Jiang Y., Cai L.-L., Liu N., Zhang S.-H. and Li W. 2011. Enhanced biological removal of NO_x from flue gas in a biofilter by Fe(II)Cit/Fe(II)EDTA absorption, *Bioresource Technology*, 102, 7707-7712.
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous G., Burton F. L. ve Stensel H. D. 2014. Air Emissions from Wastewater Treatment Facilities and Their Control, *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Fifth Edn.*, McGraw Hill Education.

- Mihina, Š., Sauter, M., Palkovičová, Z., Karandušovská, I., Brouček, J. 2012. Concentration of harmful gases in poultry and pig houses. *Animal Science Papers and Reports*, 30(4), 395-406.
- Mudliar S., Giri B., Padol K., Satpute D. and Dixit R. 2010. Bioreactors for treatment of VOCs and odours-A review, *Journal of Environmental Management*, 91, 1039–1054.
- Muñoz R., Malhautier L., Fanlo J.-L. and Quijano G. 2015. Biological technologies for the treatment of atmospheric pollutants, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 95:10, 950-967.
- Oenema, O., Bannink, A., Sommer, S. G., Velthof, L. 2001. Gaseous nitrogen emissions from livestock farming systems: Nitrogen in the environment: sources, problems, and management, Ed: Follett, R. F., Hatfield, J. L.. Elsevier. 520 pp.
- Patel H. K. 2014. Biological Olfaction, *The Electronic Nose: Artificial Olfaction Technology*, 67-85, Springer, India.
- Revah S. and Morgan-Sagastume J. M. 2005. Methods of Odor and VOC Control, *Biotechnol. Odor Air Pollut. Control* (Ed. Shareefdeen Z. ve Singh A.), 29-63, Springer, Berlin.
- Schiefler, I. 2013. Greenhouse gas and ammonia emissions from dairy barns (Doctoral dissertation, Universitäts-und Landesbibliothek Bonn).
- Schlegelmilch M., Streese J. and Stegman R. 2005. Odour management and treatment technologies: An overview, *Waste Management*, 25, 928–939.
- Schnelle, K.B.J., Brown, C.A. 2001. NOx control. *Air Pollution Control Technology Handbook*, 241-55.
- Schnoor, J. L., Thorne, P. S., Powers, W. 2002. Fate and transport of air pollutants from CAFOs. Pp. 86100 in *Iowa Concentrated Animal Feeding Operation Air Quality Study*. Environmental Health Sciences Research Center, University of Iowa. Available on-line at <http://www.publichealth.uiowa.edu/ehsrc/CAFOstudy.htm>.
- Şişman E.E. Korkut A.B., Etlı B. 2003. The Ecological Approach on Environmental Pollution, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 4: 668-674.
- Sweeten J.M., Parnell, C.B.J., Shaw, B.W., Auvermann, B.W. 1998. Particle size distribution of cattle feedlot dust emission. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 41 (5): 1477-1481.
- Uyar, U. 2007. *Biyofiltrelerle Amonyak Emisyonlarının Kontrolü* (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Van Aardenne, J.A., Dentener, F.J., Klijn Goldewijk, C.G.M., Lelieveld, J., Olivier, J.G.J. 2001. A 11 resolution dataset of historical anthropogenic trace gas emissions for the period 1890-1990. *Global Biogeochemical Cycles* 15: 909.
- Wang Y., Bao J. and Zhang H. 2012. Study the Ways to Evaluation and Classification of Odor Pollution, *Advances in Electric and Electronics* (Ed. Hu W.), 149-153, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Yüksel, A.N, Şişman, C.B. 2015. Hayvan Barınaklarının Planlanması. Hasan Yayıncılık. ISBN:978-975-8377-99-0.
- Zhang J., Li L. and Liu J. 2014. Thermophilic biofilter for SO₂ removal: Performance and microbial characteristics, *Bioresource Technology*, 180, 106- 111.
- Zhao, L.Y., Brugger, M.F., Manuzan, R.B. Arnold, G., Imerman, E. 2007. Variations in air quality of new Ohio dairy facilities with natural ventilation systems. *Appl. Engineering in Agriculture*, 23(3), 339-346.



Bölüm 14

BALIK PARAZİTLERİNDE KULLANILAN BAZI MOLEKÜLER TEKNİKLER

Sibel DOĞAN¹
Sibel KÖPRÜCÜ²

1 Arş. Gör. Dr. Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balık Hastalıkları ABD, Elazığ/Türkiye

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4569-5435/sibeldogan023@gmail.com.tr>

2 Prof. Dr. Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balık Hastalıkları ABD, Elazığ/Türkiye

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6565-3550/skoprucu@firat.edu.tr>

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması ve sürekli gelişen ve değişen teknolojik yenilikler, insanların ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri doğal kaynakların giderek azalmasına neden oluyor. Bu nedenle dengeli beslenme sorunu ortaya çıkar. İnsanların dengeli beslenebilmeleri için gerekli olan hayvansal kökenli protein kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle, insanlar yeni protein kaynakları aramaya başladı. Bu bağlamda, üç tarafı denizlerle çevrili, göl ve akarsular bakımından zengin bir coğrafyaya sahip olan Türkiye'nin hayvansal kökenli protein kaynaklarından biri olan hayvansal su ürünlerinin gereksinim duyulan protein ihtiyacını karşılanmasında önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Balıkçılık sektörü hem insanların hayvansal protein ihtiyacını karşılamakla hem de ülke ekonomisine önemli bir ihraç kaynağı olarak hizmet ediyor. Balıkçılık sektöründe ürün kaybının en aza indirilmesi için, hastalık yapıcı faktörlerin tanınması ve bunlarla mücadele edilmesi gerekmektedir (Öge, 1999).

Hayvanlarda verim kaybı, parazitlerin insan sağlığını hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkilemesinin bir sonucudur. Parazitler, insanlar için önemli bir besin kaynağı olan insanlar için hastalıklara neden olur. Son iki on yılda moleküler biyolojide kaydedilen ilerlemeler, parazitolojide de önemli kullanım alanları ortaya çıkarmıştır. Moleküler biyolojideki bu ilerlemeler, parazitler hastalıklarının tedavisinde yeni yöntemler geliştirmiştir (Gasser, 2006). Biyoteknolojideki ilerleme, moleküler yöntemlerin parazitolojide de kullanılmasını sağladı. Parazitlerin tipik olarak morfolojik yapıları, konak spesifiteleri, taşınma şekilleri, patolojik etkileri ve coğrafik kökenleri tarafından ayrımı ve tanımlanması yapılmaktadır. Bununla birlikte, bu özellikler çoğu zaman parazitleri tür düzeyinde ayırmada yetersiz kalmaktadır. Moleküler parazitolojideki ilerlemeler, özellikle nükleik asit tabanlı teknikler sayesinde, duyarlılığı ve özgüllüğü artıran etkili alternatif tanı araçları sunmuştur (McPherson ve Moller, 2000). Bu teknikler, parazitolojide tanı, tedavi, genetik tiplendirme, sistematik (taksonomi ve filogeni), populasyon genetiği, ekoloji, epidemiyoloji, antiparazitik ilaç ve aşuların geliştirilmesi, ilaç direncinin anlaşılması ve parazit genom çalışmaları gibi konularda kullanılabilir (Prichard ve Trait, 2001; Monis ve diğerleri, 2002; Klokouzas ve diğerleri, 2003; Gasser, 2006; Hodgkinson, 2006).

Su ürünlerinde genetik kaynakların kontrol altında tutulması ve korunması için doğru genetik işaretleyiciler kullanılmalıdır. Balık populasyonlarının, türlerinin ve grup temsilcilerinin belirlenmesinde ortaya çıkan sistematik ve taksonomik sorunların çözümü için çeşitli yöntemler kullanılmalıdır. Birçok populasyon ve tür, bunların belirlenmesi için morfometrik ve meristik gibi çeşitli fenotipik yöntemler geliştirilmiştir. Fenotipik tekniklerin kullanımı sınırlıdır çünkü fenotipik varyasyon çevresel değişkenlerden etkilenir ve genetik kontrolün direkt etkisi altında değildir. Daha önce su ürünlerinde moleküler tekniklerin kullanılması nedeniyle fenotipik olarak farklı olan birçok populas-

yon veya türün genetik olarak farklı olmadığını keşfettik. Moleküler belirteçlerin kullanımı buna bağlı olarak bir dizi nedenden dolayı artmıştır (Conkle, 1980; Nelson ve Soule, 1987).

Yaklaşık 40 yıl içinde, gen teknolojisinin tıp ve tarım dahil olmak üzere ormancılıktan çevre mühendisliğine, enerji sektöründen kozmetik endüstrisine kadar yaşamın hemen her alanında bir etkisi olmuştur (Çırakoğlu, 2005). Bu teknolojiye kullanılan genetik materyallerin çok sayıda avantajı vardır, bu nedenle tercih edilmektedir. Genetik materyal kullanılarak yapılan araştırmalar oldukça güvenilirdir. Yağ asitleri, enzimler ve diğer materyaller, ışık, sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerden etkilenmeden daha hassastır (Dilmeç vd., 1999).

Moleküler biyolojideki son teknolojik ilerlemeler, özellikle *in vitro* koşullarda nükleik asit çoğaltma ve tespiti için kullanılan yöntemler, tanı ve tedavi protokollerinde önemli gelişmelere yol açmıştır. Nükleik asit çoğaltma ve tespit yöntemleri genel olarak iki farklı prensibe dayanmaktadır: nükleik asit prob hibridizasyonu ve nükleik asit amplifikasyonu. Nükleik asit prob hibridizasyon yöntemi, moleküler tekniklerin en eski ve basit olanıdır. Hedef nükleik asit dizisi, komplementer bir işaretli prob ile hibridleştirilir ve böylece tanı konur. Nükleik asit amplifikasyon teknolojisi ise nükleik asit alanında en karmaşık ve duyarlı olanıdır. Bu yöntemde, hedef DNA'nın çoğaltılması için enzim kullanılır ve teorik olarak her zaman mümkün olmasa da bir kopya DNA tanımlanabilir. Nükleik asit amplifikasyon testlerinin çoğunda, ortaya çıkan ampikonun tespiti için nükleik asit problemleri ve agaroz jelde boyanmış ampikonların gösterilmesi kullanılır (Lisby, 1999). Bu yöntemler, her türlü materyalin örnek olarak kullanılabilirdiği, hedef genlerin veya nükleik asitlerin *in vitro* koşullarda çoğaltılmasını ve tanımlanmasını sağlar. Bu, sadece normal gen yapılarının analizi değil, aynı zamanda genlerdeki inversiyon, delesyon veya nokta mutasyonlarının belirlenmesine de yardımcı olur (Schweitzer ve Kingsmore, 2001; Aksakal, 2009).

Isıya dayanıklı DNA polimeraz enziminin 1980'li yıllarda izole edilmesi ve hemen bunun ardından polimeraz zincir reaksiyonunun icadı (PCR), moleküler parazitolojinin temelini oluşturmuştur. Parazite ait genetik karakterizasyonun bilinmesinin, hastalığın epidemiyolojisi ve kontrolü açısından önemli olan tanı ayıraçları, tedavi yaklaşımı ve aşı dizaynı ve geliştirilmesi gibi stratejilerin belirlenmesinde önemli rol oynayacağı belirtilmiştir (Aktaş ve Dumanlı, 2009).

Jeffreys 1985 yılında DNA parmak izi teknolojisini geliştirdi. Bu sadece populasyon genetiği ve gen haritası teknolojisi alanında değil adli ve hukuk bilimi alanında da devrimdi. 1990'larda moleküler genetik ve biyoteknoloji alanındaki gelişmeler hızla devam etti. DNA markeri ve gen haritalama teknolojisi çalışmaları son on yılda patlama yaptı. 1989'da mikrosatellitler,

1990'da radiation hibridizasyonu, 1991'de random amplified polymorphic DNA (RAPD), expressed sequence tag (EST) teknolojileri, 1995'de AFLP ve 1998'de tek nükleotid polimorfizm prosedürleri geliştirildi. Son birkaç yılda DNA marker teknolojisi, DNA mikroarray ve gen çip teknolojileri su ürünleri yetiştiriciliği ve akuakültür genomik alanında hızlanmıştır. Genomik araştırmalar sucul organizmaların, genomik yapıları, organizasyon, evrim ve genlerini anlama konusunda önemli bilgiler üretmiştir. Zhanjiang Lui 1990-2000 yılları arasında su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli, örneğin yayın balığı gibi, 12000 türün sekansını ve genlerini izole etmiştir (Dunham, 2004).

Moleküler markerler su ürünleri uygulamalarında önemli bir gelecek sunar. Su ürünlerinde değerli bilgiler sağlayabilir. Örneğin;

- Yetiştiricilik ve doğal stokların karşılaştırılması,
- Yetiştiricilik stoklarının genetik tanımı ve ayrımlar,
- Genetik farklılık ve benzerlikleri inceleme,
- Kantitatif özellik lokuslarının (QTL) belirlenmesi ve bu markerlerin seçilen programlarda kullanılması,
- Genetik etiket vasıtasıyla yavrunun anne babaya benzerliğini kanıtlanma,
- Genetik manipülasyonun başarılı bir şekilde uygulanması ve değerlendirilmesi

Son zamanlarda yayınlanan derleme makaleler su ürünlerinde moleküler markerler konusunda yapılmış olup özellikle yetiştiricilik programları üzerinde yoğunlaşmıştır (Magoulas, 1998; Davis ve Hetzel, 2000; Fjalestad vd., 2003; Subasinghe vd., 2003).

Son yıllarda moleküler teknikler sucul organizmaların hastalıklarının teşhisinde artarak kullanılmaktadır. Pek çok teşhis laboratuvarlarında PCR metodu nisbeten ucuz, güvenli ve kullanımı kolaydır (Belak ve Thoren, 2001; Louie vd., 2000).

2. DNA İZOLASYONU VE POLİMERAZ ZİNCİR REAKSİYONU

İçinde bulunduğu ökaryotik canlılarda genetik bilgiyi taşıyan, aktaran DNA molekülü olağan üstü bir paketlenme sistemiyle kromozomları oluşturmaktadır. DNA molekülünde bulunan genler, kalıtsal bilgilerin depolandığı yerlerdir. Bütün genetik bilgiyi içeren kromozom setinin tamamına genom denir. Bir hayvanda, her bir genin iki kopyası (eşey kromozomları hariç) bulunmakta olup, bunların her birini ebeveynlerinin birinden almaktadır. Bu iki kopya DNA, sekansları bakımından birbirinden farklı olabilir (Haley ve Visscher, 1999; Tuğ vd., 2002)

2.1. DNA İzolasyonu

DNA, tüm canlıların genetik materyalidir. Bu nedenle, moleküler biyoloji tekniklerinin genetik materyalle yapılacak çeşitli çalışmalarda kullanılabilmesi için öncelikle yüksek molekül ağırlıklı DNA molekülünün saf bir şekilde elde edilmesi gerekir. DNA izolasyonu 3 aşamada gerçekleşir.

1. Hücrelerin parçalanıp yüksek molekül ağırlıklı DNA'nın açığa çıkarılması.

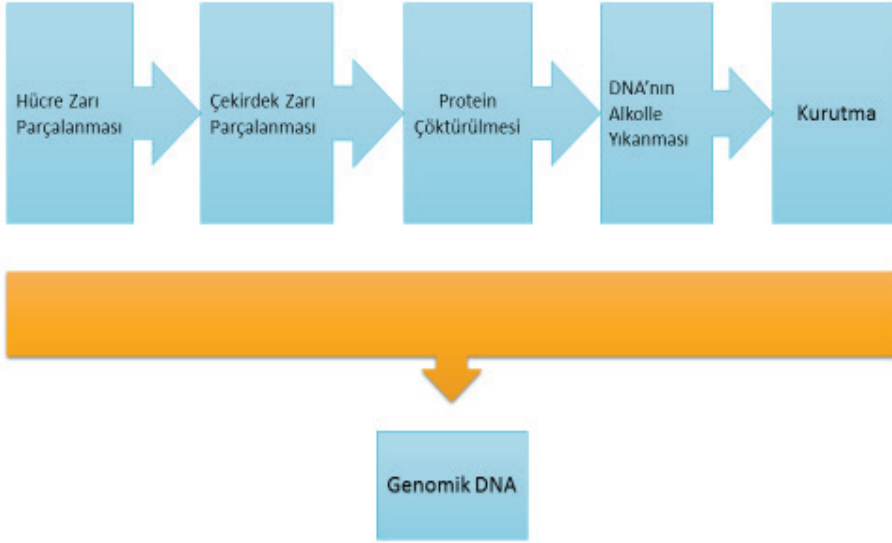
2. Denatürasyon ve proteoliz yöntemleri, DNA-protein kompleksini ayrıştırarak DNA'nın çözünür hale getirilmesini sağlar.

3. DNA'nın, proteinlerden, RNA ve diğer makromoleküllerden basit enzimatik ve kimyasal yöntemlerle ayrılabilmesi mümkündür (Arı, 2003).

Kimyasal maddeler ve enzimler kullanılarak canlı hücrelerden hücre zarı veya hücre duvarının yıkılması ve DNA'nın ortaya çıkarılması işlemine DNA izolasyonu denir. Bu izolasyon sürecinde, tüm histon proteinleri, histon olmayan proteinler ve HMG proteinleri uzaklaştırılır. Saf bir DNA elde edebilmek için izole edilecek hücreler çeşitli yöntemlerle parçalanır. Elde edilen özüt, santrifüjde yüksek hızda döndürülerek DNA içeren bölüm ayrılır. Bu bölüm, bir deterjan ve protein parçalayıcı enzim ile birlikte 37°C'de işlem görmektedir. Bu sırada DNA'ya bağlı proteinler parçalanır ve bu sayede DNA, proteinlerden ve diğer moleküllerden ayrıştırılarak saf olarak elde edilir. Son olarak, DNA etil alkol içerisinde çöktürülür ve DNA yapısını koruyacak bir tampon çözelti içinde 4°C'de saklanır (Şekil 2.1) (Lo, 2001).

Bu aşamadan sonra, farklı kaynaklardan veya farklı özelliklere sahip DNA moleküllerini ayırmak gereklidir. Genomik DNA'yı hücre lizatından ayırmak için olduğu gibi, tek ve çift zincirli DNA moleküllerini, plazmid DNA'sını ve genomik DNA'yı birbirinden ayırmak için kromatografik teknikler kullanılabilir. Ancak, jel elektroforezi yöntemi, daha yüksek ayırma gücü nedeniyle nükleik asitleri ayırmak için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. (Sarıkaya, 2008).

Özellikle, Restriksiyon Fragment Uzunluk Polimorfizmi (RFLP) ve Amplifiye Edilmiş Fragment Uzunluk Polimorfizmi (AFLP) gibi teknikler, ilk aşamada PCR ile çoğaltılmamış genomik DNA kullanarak, yeterli miktarda ve yüksek kalitede DNA gerektirdikleri için öne çıkarlar. (Kozanoğlu, 2002; Marle-Köster ve Nel, 2003).



Şekil 2.1. DNA İzolasyonuna Genel Bakış

2.2. Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)

Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR); Cetus firmasında çalışan araştırmacılar tarafından 1983 yılında tasarlanmasına rağmen PCR'la ilgili ilk yayınlar ancak 1985 yılında yayınlanmaya başlamıştır. 1989 yılında, Science Magazine, PCR'ı Büyük Bilimsel Gelişme, PCR'da kullanılan temel enzim olan Taq Polimerazı da Yılın Molekülü olarak seçmiş ve 1993 yılında, Kary Mullis PCR'ın geliştirilmesindeki rolünden dolayı kimya dalında Nobel ödülünü almaya hak kazanmıştır (Haley ve Visscher, 1999; Erlich, 1991; Nicholas, 1996; Turner vd., 1998).

PCR, spesifik bir genetik materyalin (DNA veya RNA) yine spesifik bir kısa zincirli oligonükleotid primerler yardımıyla enzimatik olarak sayısal çoğaltılmasını (amplifikasyon) içeren in vitro bir tekniktir. Doğal hücre bölünmesinin replikasyon sürecini aynen taklit ederek arzu edilen genlerin ya da DNA dizilerinin generasyonlara bağlı replikasyonunu, hızlandırılmış bir şekilde gerçekleştirir (Arı, 1999; Haley ve Visscher, 1999).

PCR ile DNA amplifikasyonu kavramı basit olmasına rağmen etkisi olağanüstüdür. PCR'da kullanılan kimya çift sarmallı DNA heliks yapısında nükleotid baz eşleşmelerine dayalıdır. DNA molekülü yeterince ısıtıldığında çift

sarmallı DNA heliks yapısını bir arada tutan hidrojen bağları ayrılır ve molekül dağılır ya da tek bir iplikçik haline dönüşerek denatüre olur. Eğer DNA solüsyonu soğutulursa, tamamlayıcı baz çiftleri orijinal çift sarmallı heliks yapısını tekrar oluşturabilir. Klasik PCR'ı kullanmak için ilgili alanı (çoğaltılacak hedef alan) yanlardan sınırlayan bölgenin (iki bölgeden birinin) tam nükleotit dizilimi bilinmelidir. Bu klasik bir PCR reaksiyonu kullanılabilmesi öncesinde bilinmesi gereken en az veridir. Araştırmacı tamamlayıcı 5' -3' yönlü yaklaşık 20 nükleotitlik oligonükleotit primeri oluşturmak için bu veriyi belirlemeli ya da daha önceden mevcut veriyi (bilinen baz dizilimini) kullanmalıdır (Erllich, 1991; Nicholas, 1996; Turner vd., 1998).

PCR'ın temel bileşenleri, etkili bir çoğaltma süreci için bir araya getirilen çeşitli unsurlardan oluşur (Haley ve Vissler, 1999; Gülçin vd.,2008). Bu unsurlar arasında;

Kalıp DNA Molekülü: Çoğaltılacak DNA'nın başlangıç materyalidir. Bu molekül, hedeflenen bölgenin çoğaltılması için kullanılır. PCR için her türlü kaynaktan temin edilen DNA (veya RNA) kullanılabilir. Çoğaltılacak kalıp DNA'nın diziliminin tam bilinmesi gerekmez.

DNA Polimeraz Enzimi: Sentezleme reaksiyonunu katalize eden temel enzimdir. DNA amplikasyonu için en önemli nokta sığağa uyumlu olan bir polimerazdır. Bu enzim 3'-5' yönünde orjinal kalıbı okur ve 5'-3' yönünde tamamlayıcı yeni bir kalıp sentezler, serbest deoksiribonükleotid trifosfatları (dNTP's) inşa blokları olarak kullanır. PCR için sıkça kullanılan enzimlerden biri Taq polimerazdır.

Primerler: Sentez için basamak oluşturan, DNA'yı PCR ile çoğaltabilmek için kullanılan, kalıp DNA ile eşleşecek 20-40 bazlık sentetik oligonükleotitlerdir. Primerler, hedef bölgeye özgü olarak tasarlanırlar ve DNA polimerazın bağlanmasını sağlar. Primerler, denatüre edilmiş DNA molekülünün iki zinciri birbirinden ayrı durumda iken, bu zincirlerin herhangi bir bölgesine komplementer özellikteki küçük bir DNA parçası eklenirse, bu yabancı DNA dizisi ilgili zincirin tamamlayıcısı olduğu bölgeye yapışır ve bu olaya hibridizasyon denilir.

dNTP Karışımı: DNA sentezinin yapı taşları olan deoksinükleozid trifosfatlarını içeren bir karışımdır. Adenin (A), Timin (T), Guanin (G), ve Sitozin (C) bazları içerir. Deoksinükleotidler ve primerlerin reaksiyon ortamında bolca bulunması gerekmektedir; çünkü bu maddeler reaksiyon esnasında ürünlerin yapımına katılarak harcanırlar.

Tampon: Reaksiyonun pH'ını stabilize eden ve enzim aktivitesini optimize eden bir tampon çözeltisidir. PCR için uygun tampon genellikle 10-50 mM arasında değişen Tris-HCl içerir ve bu tamponun pH değeri 8,3 ile 8,8 arasında bulunur. Bu tampona 50 mM'lık KCl çözeltisi eklenmesi primerle-

rin DNA'ya bağlanmasını kolaylaştırır. Ancak 50 mM'ın üzerindeki KCl ve NaCl çözeltilerinin eklenmesi Taq DNA Polimeraz aktivitesini düşürür. PCR reaksiyonlarının optimize edilmesi ve spesifikliğin artırılması için %10 veya daha az derişimdeki dimetilsülfoksit (DMSO) kullanımı önerilir. İyonik olmayan maddelerden biri olan Tween-20 gibi maddelerin enzim kararlılığına etkisi olabilir, ancak kullanım zorunlu değildir. PCR'da solüsyonları Tris, KCl, MgCl₂, Jelatin ve Tween 20 gibi bileşenleri içerir. PCR reaksiyonlarının hassasiyetini ve spesifikliğini artırmaya yönelik bir yaklaşım sunar. Bu sa-yede, çeşitli uygulama alanlarında etkili ve güvenilir sonuçlar elde edilebilir

MgCl₂: Mg iyonu, primer ile DNA arasındaki bağlanmayı ve DNA polimerazın kalıp-primer kompleksini stabilize eder. DNA polimerazın etkinliğini artıran bir kofaktördür. Optimum MgCl₂ konsantrasyonu, polimerazın verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. Mg⁺² konsantrasyonu dNTP konsantrasyonundan fazla olmalıdır. Bu temel bileşenler PCR reaksiyonunun başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için dikkatlice optimize edilir ve bu bileşenlerin uygun oranlarda bir araya getirilmesi, istenilen DNA bölgesinin çoğaltılmasını sağlar (Erlich, 1991; Nicholas, 1996; Turner vd., 1998).



Şekil 2.2. PCR Cihazı (URL-1, 2023).

Termostabil DNA polimerazları ve farklı sıcaklık derecelerini istenilen süreler için otomatik olarak ayarlayabilen PCR cihazlarının (thermal cycler)

kullanıma sunulması (Şekil 2.2), PCR teknolojisinde önemli gelişmelere yol açmıştır. Verimli bir PCR reaksiyonu için; denatürasyon, primerlerin bağlanması, primerlerin uzaması, döngü sayısı ve PCR cihazının sıcaklık iniş ve çıkış süreleri kritik öneme sahiptir (Haley ve Visscher, 1999).

PCR reaksiyonu üç temel adımdan oluşur ve çoğaltılmış ürün miktarı teorik olarak, bu üç adımın tekrarlanma sayısına bağlıdır.

Denatürasyon: Çoğaltılacak DNA, denatüre edilerek tek zincirli hale getirilir. Bu amaçla çift zincirli DNA, tek zincirli hale gelene kadar ısıtılır (yaklaşık 90-95 °C’de 5 dakika süreyle).

Annealing: Primerlerin tek zincirli DNA’ya bağlanması adımıdır. Bu aşamada sıcaklık, 40-70 °C arasında bir değere düşürülür. Primerler, yapay oligonükleotitlerdir (15-30 nükleotit uzunluğunda) ve çoğaltılacak DNA kısmının uçlarındaki tamamlayıcı dizilere özgül olarak bağlanırlar. Primerler, kalıp DNA’nın sentezi için başlangıç noktası olarak görev yapar.

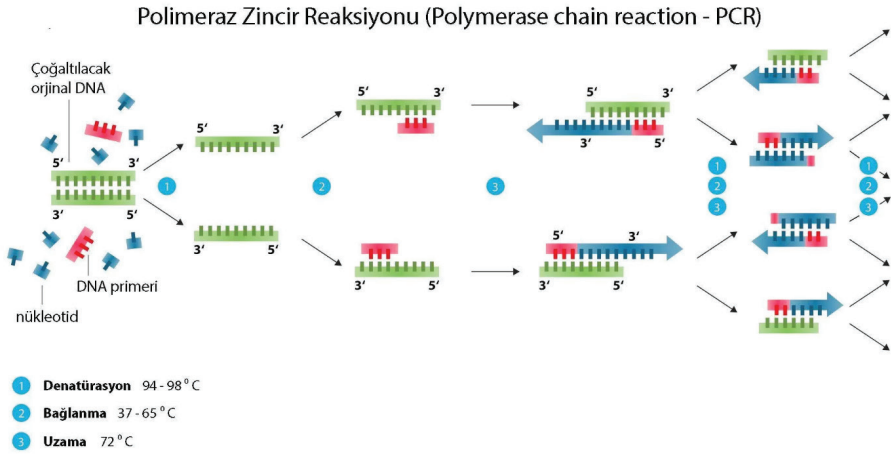
Extension: Polimeraz enzimi yardımıyla primerlerin uzaması gerçekleşir. Bu aşamada, sıcak su kaynaklarında yaşayan bakterilerden elde edilen ısıya dayanıklı bir DNA polimeraz formu (Taq polimeraz) reaksiyon karışımına ilave edilir ve DNA sentezi ortalama 72 °C’de gerçekleşir. Polimeraz enzimi, nükleotitleri 5 ‘ den 3 ‘ ne doğru ekleyerek primerlerin uzamasını sağlar ve hedef DNA’nın iki zincirli kopyasını oluşturur (Şekil 2.3).

PCR reaksiyon setinde çift zincirli DNA’nın çoğaltılması bir döngü olarak tanımlanabilir ve tek zincirli hale getirilmesi (denatürasyon), primerlerin bağlanması (annealing) ve polimeraz enzimi ile zincirin uzaması (extention) şeklinde üç temel adımdan oluşur. Bu üç adımın ardışık tekrarı her döngüde yeni DNA zincirlerinin oluşturulmasını sağlar. Yeni DNA zincirinin sayısı her döngüde iki katına çıkar ve yeni zincirler bir sonraki döngüde kalıp görevi yapar. Her döngü yaklaşık 4-5 dk sürer ve PCR süreci 25-30 kez tekrarlandıktan sonra sonlanır. Bu döngü sayısının sonunda başlangıçtaki DNA miktarı yaklaşık 1,000,000 kez artmış olur. Bu istenilen DNA bölgesinin etkili bir şekilde çoğalmasını sağlar (Erlich, 1991; Nicholas, 1996; Turner vd., 1998; Klug ve Cummings, 2002; Gülçin vd.,2008).

PCR reaksiyonunda muhtemelen her döngünün %100 verimle gerçekleşeceği varsayılırsa örneğin “n” sayıda döngüsü sonucu 2ⁿ kat ürün meydana gelir (Haley ve Visscher, 1999).

PCR’ın hızlı ve spesifik DNA parçalarının sentezini mümkün kılması, teknolojinin yaygınlaşmasında önemli bir etken olmuştur. PCR, temel moleküler biyoloji araştırmalarında (klonlama, dizi analizi ve DNA haritalaması gibi) ve genetik tiplendirmede (DNA tekrar dizileri ve restriksiyon kesim bölgelerindeki farklılıkların belirlenmesi gibi), genetik hastalıkların ve mutasyonların teşhisinde, adli tıp ve diğer tıp alanlarında, tarımda (tohum saflığının

belirlenmesi), sistemik ve evrimsel çalışmalarda (doğadaki çeşitli canlı türlerinin tanısı, türler arasındaki polimorfizmin belirlenmesi gibi) birçok alanda kullanımı mümkün kılmıştır. PCR teknolojisi, çeşitli uygulama alanlarına yönelik esnekliği ile bilim, tıp ve tarım gibi geniş bir yelpazede kullanılabilir hale gelmiştir. Bu, genetik materyalin hızlı çoğaltılması, analiz edilmesi ve özelliklerinin belirlenmesi süreçlerini büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. PCR'ın bu geniş uygulama yelpazesi, moleküler biyolojide ve ilgili disiplinlerde araştırmacılar ve profesyoneller tarafından yaygın bir şekilde benimsenmesine neden olmuştur (Haley ve Visscher, 1999; Klug ve Cummings, 2002).



Şekil 2.3. PCR ile DNA üzerindeki bir bölgenin Amplifikasyonu (URL-2, 2023).

2.2.1. PCR'da Kullanılacak Olan Primerlerin Seçimi

- Primerde bazlarda bulunan G-C ve A-T oranları dengeli olmalıdır.
- Primerin dimer oluşturmasını engellemek için, primerin 3' ucunda G ve C'ler bulunmamalıdır.
- Primer dizisinde kendi içinde bağlanmaya neden olabileceği için aynı bazdan üç ya da daha çok tekrar dizi bulunmamalıdır.
- Primerlerin, ergime ısısı 35-65 °C civarında olmalıdır.
- Primer, blastlanarak kalıp DNA içindeki dizilerle hibritleşmeyecek şekilde tasarlanmalıdır (Gülçin vd., 2008).

2.2.2. Amplikonların Belirlenmesi ve Analizi

PCR ürünleri (amplikonlar), primerlerle sınırlandırılmış DNA parçalarıdır. PCR ürünlerinin analizi genellikle üç çeşit bilgi sağlar;

1. **Hedef DNA dizisinin varlığı ve varyasyonun belirlenmesi.** PCR, belirli bir DNA dizisini hedef alır ve bu dizinin varlığını veya taşıdığı genetik varyasyonları belirlemek için kullanılır. Özellikle belirli genlerin varlığını saptamak veya belirli mutasyonları tespit etmek için PCR ürünleri analiz edilir.

2. **Başlangıç materyalinin miktarının belirlenmesi:** PCR ile çoğaltılan ürünlerin miktarının ölçülmesi, başlangıç materyali olarak kullanılan DNA veya RNA'nın miktarının belirlenmesine yardımcı olur. Bu, örneğin gen ifadesinin nicel analizi veya diagnostik uygulamalarda kullanışlıdır.

3. **Dizi analizi:** PCR ürünlerinin dizi analizi, belirli bir bölgenin nükleotid dizisini belirlemek için kullanılır. Bu, genetik yapıların detaylı incelenmesi, mutasyonların tanımlanması veya filogenetik analizler için önemlidir (Arı, 2008).

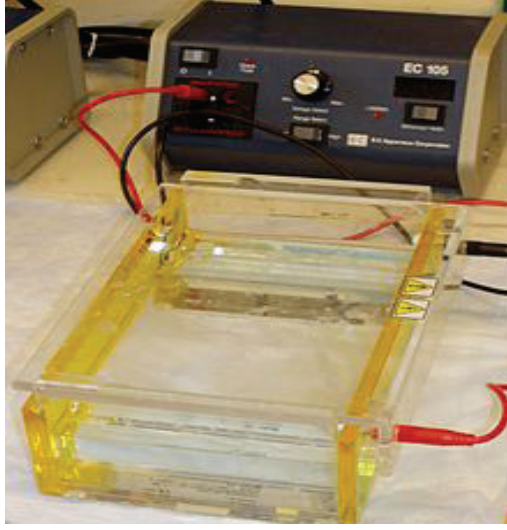
3. ELEKTROFOREZ

Elektroforez

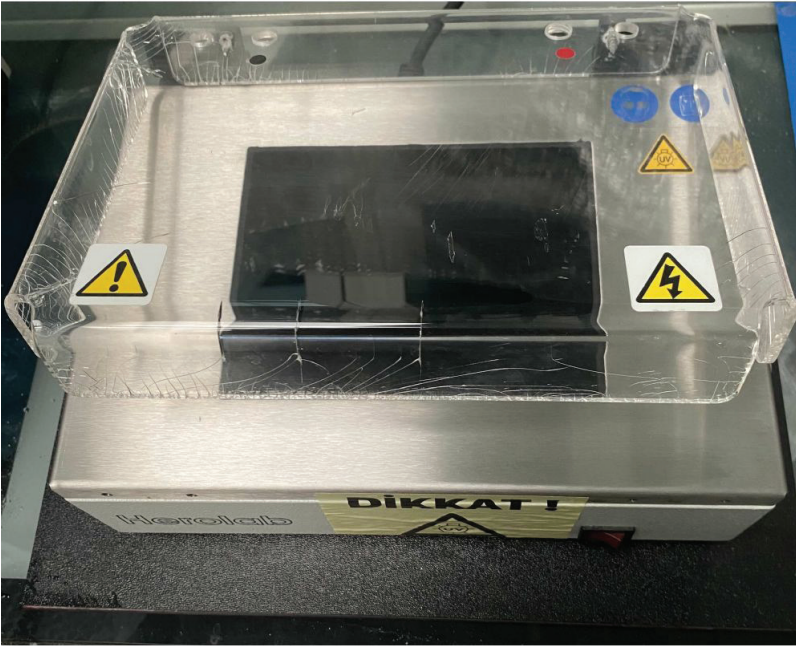
Elektroforez, biyokimya ve moleküler biyolojide yaygın olarak kullanılan bir teknik olup, özellikle protein ve nükleik asitleri ayırmak, saflaştırmak ve molekül ağırlıklarını belirlemek amacıyla kullanılır. Yüklü moleküller, bir elektrik alanına maruz bırakıldığında, yüklerine bağlı olarak ya pozitif (anot) ya da negatif (katot) kutba doğru hareket ederler. Proteinler genellikle net negatif ya da net pozitif yüke sahiptir, nükleik asitler fosfat iyonlarından dolayı negatif bir yüke sahiptir ve bu nedenle anota doğru hareket ederler. Ancak, nükleik asit moleküllerinin uzun zincirleri, uzunluklarına bakılmaksızın neredeyse özdeş yük-kütle oranlarına sahiptir. Benzer şekilde, yapı ve kütle açısından farklı olan birçok protein de yaklaşık olarak eşdeğer yük-kütle oranlarına sahiptir. Bu durum, basit bir çözelti içinde nükleik asit ve protein elektroforezinin, farklı büyüklükteki moleküllerin az veya hiç ayrılmayabileceği anlamına gelir. Ancak, DNA moleküllerinin büyüklüğü, elektroforetik ayırım için belirleyici bir faktördür. (Bardakçı ve Yenidünya, 2010).

Elektroforez (Şekil 3.1), PCR ürünlerinin belirlenmesi, doğrulanması ve ayrılması için kullanılan en basit ve yaygın yöntemdir. Agaroz veya poliakrilamid jellerde, DNA iplikleri arasına giren bir floresan boya olan etidyum bromür (EtBr) ile ürünler görülebilir. DNA'nın boyanmasının ardından, UV transilatörden (Şekil 3.2) geçirilerek jeldeki DNA görünür hale gelir. Jelin kalıcı görüntüsü fotoğraf çekimi ile elde edilir. Bilinen boyuttaki işaret DNA'ları (marker) ve kontrol PCR ürünleri aynı elektroforez jelinde uygulanır, bu sayede çoğaltılmış ürünün boyutu hakkında bilgi edinilir. DNA bantlarını görünür kılmak için kullanılan alternatif bir yöntem ise gümüş boyamadır. Gümüş boyamada UV transilatörüne ihtiyaç duyulmaz, bantlar gözlemlenebilir. Agaroz jellerin poliakrilamid jellere göre daha düşük bir ayırma gücü olmasına rağmen, DNA parçacıklarını geniş bir aralıkta (200 baz çifti ile 50

kilo baz) ayırabilirler (Arı, 2003; Gürses, 2005).



Şekil 3.1. Jel Elektroforezi (URL-3, 2023).



Şekil 3.2. UV Transmittatör (URL-4, 2023).

Elektroforez, DNA moleküllerini sadece molekül ağırlıklarına değil, aynı zamanda yapısal ve topolojik özelliklerine göre de ayırabilir. Örneğin, halkasal bir DNA molekülü, eşit kütledeki doğrusal bir DNA'dan daha yavaş hareket eder. Hatta süper kıvrımlı DNA molekülleri, daha sıkı ve küçük bir efektif hacme sahip oldukları için, elektroforez sırasında eşit kütlede olan daha az süper kıvrımlı ve gevşek halkasal DNA moleküllerinden çok daha hızlı hareket ederler. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan elektroforez yöntemleri agaroz ve poliakrilamid jel elektroforezleridir. (Bardakçı ve Yenidünya, 2010).

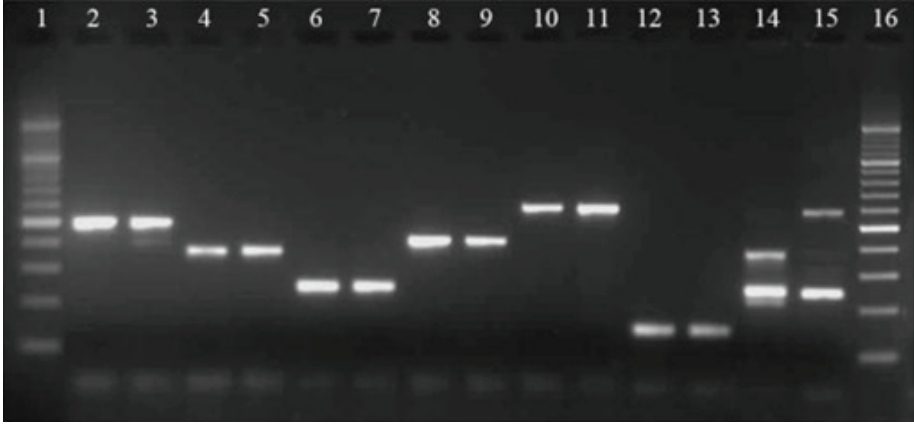
3.1. Agaroz Jel Elektroforezi

Agaroz, ortalama molekül ağırlığı 12000 olan doğrusal bir polisakarittir ve Agar agar adlı kırmızı bir alg türünden izole edilir. Ardışık galaktoz ve 3,6-anhidrogalaktoz birimleri, agarobiyozu (agarobiose) oluşturur; agarobiyoz da agarozu meydana getirir. Yüksek sıcaklıklarda suda çözünme yeteneğine sahiptir ve soğutulduğunda, bu polimerde çapraz bağların oluşmasıyla jel yapısı oluşur. Bu olay geri dönüşümlüdür. Agaroz, orta ve büyük boyuttaki DNA moleküllerini elektroforezle ayırmak için en yaygın destek ortamıdır (Bardakçı ve Yenidünya, 2010).

Ticari olarak üretilen agarozların saflık dereceleri değişebilir ve bu durum DNA'nın göç hızını etkileyebilir. Ayrıca, düşük sıcaklıkta eriyebilen agaroz tipleri geliştirilmiştir ve kimyasal yapıları değiştirilmiştir; bu agarozların ayırma gücü oldukça yüksektir. Eğer DNA jel içinden geri kazanılacaksa veya doğrudan restriksiyon enzimlerinin etkisi altında bırakılacaksa, bu tür agaroz kullanımı uygun olabilir (Sarıkaya, 2008).

Agaroz jel elektroforezi, en çok 50 kb'a kadar olan nükleik asitleri ayırma için kullanılır. Agaroz konsantrasyonu jeldeki porların çapını değiştirerek ayarlanabilir. Jelin konsantrasyonu arttıkça, porların çapı küçülür. Bu sayede küçük DNA parçaları için yüksek, büyük DNA parçaları için ise düşük agaroz konsantrasyonları kullanılarak nükleik asitlerin en iyi şekilde ayrılması sağlanır. Pratikte, jel içeriği ayrıştırılacak olan DNA moleküllerinin büyüklüğünü belirler. Örneğin, 0.5 cm kalınlığındaki %0.5'lik agaroz jel, nispeten büyük porlara sahip olduğundan 1-30 kb (10-12 kb büyüklüğündeki moleküller rahatlıkla ayrışır) büyüklüğündeki DNA moleküllerini ayırmak için kullanışlıdır (Bardakçı ve Yenidünya, 2010).

Agaroz jeller genellikle floresan bir boya olan etidyum bromür ile boyanır (Şekil 3.3); ancak etidyum bromür, kanserojen bir madde olup, mutasyonlara neden olabilir (Bardakçı ve Yenidünya, 2010).



Şekil 3.3. PCR-RFLP'den sonra DNA bantlarını gösteren etidyum bromür katılmış%2,5'lik agaroz jel (Choi vd., 2010).

Etidyum bromür dışında boyamanın diğer metotlarında mevcuttur. Örneğin; SYBR Green, Gel Red, SYBR Green, GelRed, methylene blue, brilliant cresyl blue, Nile blue sulphate ve crystal violet (URL-5, 2023).

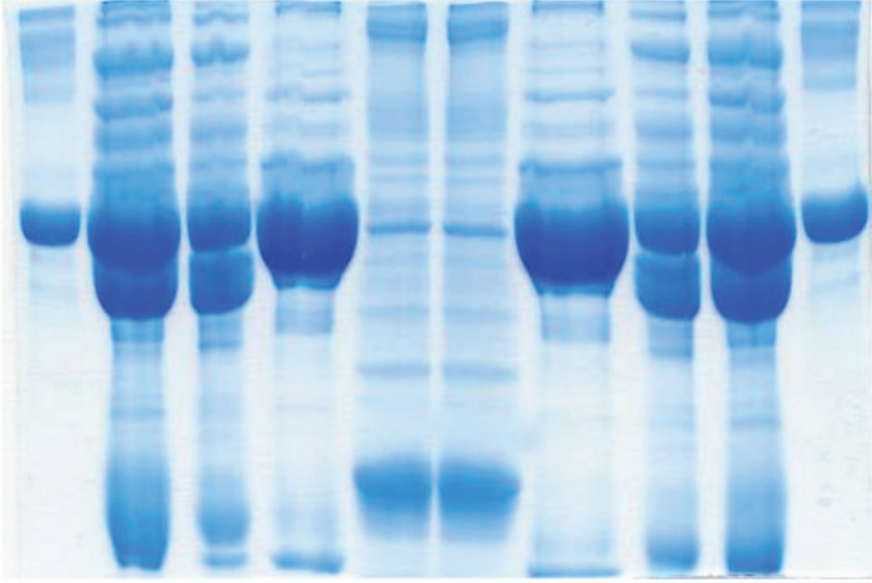
Floresan boya olan SYBR Green I çift sarmal DNA'ya zayıf olarak bağlanmaktadır. Solüsyondaki DNA'ya bağlananlar çok kuvvetli floresan yayarken bağlanmayan boyalar az olsa da floresan yayabilmektedir. SYBR Green I boyası oldukça stabildir (sadece 30 amplifikasyon siklusunda %6 aktivite kaybeder) ve Light Cycler aletinin optik filtreleri eksitasyon ve emisyon dalga boylarını eşleştirebilmektedir. Amplifikasyonun başlangıcında reaksiyon miksinin içinde denatüre olmuş DNA, primerler ve boya bulunmaktadır. Bağlanmayan boya molekülleri çok zayıf floresan yaydıkları için, bilgisayar analizi sırasında arka planda çok az miktarda floresan raporlanmaktadır (Araz ve Tanyüksel, 2009).

3.2.Poliakrilamit Jel Elektroforezi

Poliakrilamit jeller, akrilamit monomerlerinin uzun poliakrilamit zincirleri oluşturmak için vinil polimerizasyonu ile birlikte, genellikle belirli bir miktarda "bis" olarak bilinen N/N/ -metilen-bis-akrilamit ilavesiyle çapraz bağlar yaparak oluşur. Akrilamit/bis karışımı, amonyum persülfat ve TEMED (N/N/N/N/ -Tetrametil etilendiamin) varlığında polimerleşerek jel yapısını kazanır. Çapraz bağlar, akrilamit ve bis-akrilamit başlangıç konsantrasyonlarına bağlı olarak porların büyüklüğünü belirler. Poliakrilamit jel elektroforezi (Şekil 3.4), genellikle 20-1000 bp büyüklüğündeki nispeten küçük DNA moleküllerini ayırmak için uygun bir yöntemdir. Ayrıca, %40'lık son derece küçük porlara sahip olan çok ince (0.3 mm kalınlığında) poliakrilamit jeller, 1-300 bp aralığındaki çok küçük DNA moleküllerini ayırmak için kullanılır. Bu tür jeller, manüel DNA dizi analizi ve sadece birkaç tekrarlı dizi bakımından farklı olan mikrosatellit DNA moleküllerini ayırmak için kullanışlıdır.

(Bardakçı ve Yenidünya, 2010).

Tipik poliakrilamid jeller, genellikle gümüş nitrat veya etidyum bromür ile boyanarak nükleik asitlerin görselleştirilmesini sağlar. Ancak jeldeki her bant için DNA miktarı 10 ng'dan azsa, bu durumda boyama görüntüleme için tercih edilir. Bu amaçla, elektroforez öncesinde DNA molekülleri radyoaktif olarak işaretlenir (Bardakçı ve Yenidünya, 2010).



Şekil 3.4. Poliakrilamid jel görüntüsü (Gedikli ve Gökçe, 2015).

4. MOLEKÜLER TEKNİKLER

4.1. PCR-RFLP (Polimeraz Zincir Reaksiyonu-Restriksiyon Parça Uzunluk Polimorfizmi)

Restriksiyon enzimleri (RE), çift iplikli DNA'da spesifik bölgelerden kesim yaparak DNA'dan bir genin veya gen taşıyan bir DNA segmentinin çıkarılmasında etkin fonksiyonları olan enzimlerdir. Bu yöntemde, ilk olarak genomik DNA, spesifik primerler kullanılarak çoğaltılır. Ardından, PCR'da elde edilen ürünler, bir veya daha fazla sayıda restriksiyon enzimi kullanılarak kesilir. Kesim ürünleri, agaroz jel elektroforezi ile belirlenmek üzere etidyum bromür ile hazırlanan jelde ayrılarak incelenir. (Yağcı, 2001).

PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism) yöntemi, bilinen RFLP'den farklı olarak genomik DNA'nın belirli bir bölgesinin spesifik primerler kullanılarak amplifikasyonunu içerir.

Bu yöntemde amplifiye edilen ürünler, bir veya daha fazla restriksiyon enzimi ile kesilir, ardından agaroz jel elektroforezi ile ayrılır. Jel, etidyum bromür ile boyanır ve son olarak ultraviyole ışık altında görüntüleme işlemi gerçekleştirilir (Nicholas, 1996; Yağcı, 2001). Bu yüzden, RFLP genellikle restriksiyon enzimleri ile sekans spesifik ayrılmalardan sonraki DNA fragmentlerinden sağlanan bantlara ayrılmış örneklerdeki farklılıkları inceler. PCR'ın keşfinden önceki RFLP analizleri tipik olarak kromozomal DNA'nın restriksiyon enzimleriyle kesimini, bunun elektroforezik dağılıma ve bunları takiben membran blotlama ve genellikle radyo aktif bir proba hibridizasyonu gerektiriyordu. Güvenilir olmasına rağmen bu yöntem zaman alıcı, kullanışsız ve pahalıdır. Ancak, seçilmiş bir hedefin PCR aracılığıyla milyonlarca katına çıkartılabilmesi membran blotlama ve hibridizasyon analizleri için ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Polimorfizmi tanımlayabilmek için ilk fazda hala test edilmeye ihtiyaç duyulan birçok enzime rağmen bugün PCR-RFLP çok kolay, güvenilir ve kullanım için diğerlerine nazaran daha ucuz bir yöntemdir (Dodgson vd., 1997).

RFLP tekniğinin muhtemel dezavantajları dimorfik özellikleri içerir. Çünkü RFLP sadece bir ayrılma (bant olarak) bölgesinin varlığını ya da yokluğunu gösterir ve bu yüzden yüksek miktarda genotipik bilgi sağlamaz (Marle-Köster ve Nel, 2003).

PCR-RFLP moleküler biyolojide en çok kullanılan metotlardan birisidir. DNA sekansına gerek kalmadan populasyon ve türler arasındaki birçok genetik çalışma gerçekleştirilebilir. Mevcut gen kaynaklarının tespiti, soyağacı oluşturmak sureti ile genetiksel açıdan benzerliklerin hesaplanması, her yaş ve boydaki ayrımı yapılamayan su canlılarının ayrımını yaparak taksonomik açıdan yaşanan sıkıntıların aşılması, mutasyon ve seleksiyon taramaları ve et satışındaki sahteciliklerin önüne geçilmesi bunlardan bazılarıdır (Aksakal ve Erdoğan, 2007).

RFLP yöntemi, ökaryot ve prokaryot hücre genomik analizi, bakteriyel ve viral suşlardaki mutasyon tanımlama, epidemiyolojik çalışmalar, su ürünlerinde tür ve orjin tespiti, genetik kaynakların kontrol altında tutulması ve korunması, ayrıca çeşitli genetik hastalıkların tanısı gibi birçok alanda kullanılmıştır (Yağcı, 2006).

Ütük ve arkadaşları (2012) istavrit balıklarında bulunan 6 parazitin tür tanısını belirlemek için PCR-RFLP yapmışlar ve bu sonuçlara göre 6 parazitinde *Anisakis pegreffii* olduğunu ortaya koymuşlar. Bu çalışma ile *A. pegreffii* Türkiye'de ilk kez moleküler olarak tespit edilmiştir. Eszterbauer ve arkadaşları (2002) yaptıkları çalışmada *Myxobolus* türlerinin teşhisinde PCR-RFLP metodunu kullanmışlardır.

4.2. RAPD (Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA)

Rastgele seçilmiş bir veya daha fazla primer kullanılarak genomik DNA'nın çoğaltılması, Arbitrary Primed PCR (AP-PCR) olarak da bilinen Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA (RAPD) yönteminin temelini oluşturur (Ralp ve McClelland, 1998; Vanhala, 1998).

Bu teknik, DNA dizilişi bilinmeyen veya az bilinen DNA fragmentlerinin analizlerinin yapılmasında kullanılmaktadır (Cenis, 1993). RAPD tekniğinde; nükleotid dizilimi rasgele seçilen, yaklaşık 8-10 nükleotid uzunluğunda, diğer PCR uygulamalarının aksine iki değil tek çeşit primer kullanılır. Fakat bu primerler her iki yönde DNA üretimi gerçekleştirebilir. Primerlerin geliştirilmesi sırasında, primerlerin GC/AT oranlarının %50'den fazla olmasına dikkat edilir. Bu yaklaşımda primerlerin bağlanma ısısı (annealing) 40-50 oC'ye düşürülür. Seçilen primerler, düşük sıcaklıkta gerçekleştirilen bağlanma aşamasında kromozom üzerinde kendilerine özgü ve özgü olmayan bölgelere bağlanır. Böylece rasgele çoğaltma, reaksiyon şartlarının seçiciliğini azaltır. Çoğu organizmanın genomunda on nükleotidlik kısa birbirine ters konumlu bağlanma yerleri vardır. Primerlerin birkaç bin baz çifti uzaklıkta farklı yerlere birbirlerine ters konumlu şekilde bağlanmasıyla primer bağlanma bölgeleri arasındaki kısımlar çoğaltılır. Agaroz jelde, primerlerin bağlanma yerleri arasındaki farklılıklar nedeniyle farklı sayıda ve uzunlukta bantlar oluşur. Üretimi yapılan DNA parçaları agaroz jel üzerinde elektroforez edildiğinde, bazı parçaların belirli genotiplerde oluşturulup oluşturulmadığı gözlemlenir. Nükleotid dizilimi her bireyde farklı olduğundan, primerlerin bağlanma yerlerinde gerçekleşen (delesyon veya insersiyon) mutasyonlar, bant polimorfizminin ortaya çıkmasına neden olur. Analiz sonucunda bant profillerinin benzerlik/benzemezlik dereceleri belirlenir. Bu, polimorfizm hakkında bir fikir edinmek için yapılır. (Ralp ve McClelland, 1998; Halley ve Visscher, 1999; Olive ve Bean, 1999; Yağcı, 2001; Kozanoğlu, 2002).

RAPD ilk kez 1990'lü yıllarda tarımsal bitki varyetelerinin belirlenmesi amacı ile kullanılmıştır. Nokta mutasyonları ile ekleme veya çıkarmaların (delesyon, insersiyon) neden olduğu polimorfizmleri belirler. Bu metot balık çiftliklerinde problemlere sebep olan farklı bazı bakteri ve mantar izolatlarının incelenmesinde ve epidemiyolojik olarak incelemeler de kullanılmıştır. Kısa oligonükleotid primerlerin genom üzerlerinde bağlantı noktalarının farklılıklarına ve birbirlerine olan uzaklıklarına bağlı olarak türler arası genetik çeşitlilik ortaya konur (Lilley vd., 1997).

Basit, kolay ve hızlı bir teknik olarak bilinir. Kontaminasyon riskinden dolayı uygun bir metot olmamakla beraber spesifik primer yada problemlerin geliştirilmesi ile beraber bakteriyel çalışmalarda çabuk sonuç veren uygun bir teknik haline gelmiştir (Altınok ve Kurt, 2003). Bu teknikte mükemmel yakın bağlanma yerleri söz konusu olduğunda tek bir rastgele seçilmiş kısa pri-

mer ile DNA'nın çoğaltılmasına imkan sağlar. Bunun için; bağlanma sıcaklığının düşük olması, kısa primerin DNA'nın karşı iplikçiğine 3 ' ucu birbirine karşı gelecek şekilde bağlanması ve iki bağlanma noktasının yeterince yakın olması gibi kriterler gereklidir. Tüm bunların sonucunda DNA'nın rastgele seçilen bölgelerinin PCR ile çoğaltılması sonucu DNA'daki polimorf alanlarının belirlenmesi gerçekleştirilir. Bu teknik tür ayrımı ve taksonomi, filogenetik ilişkiler, hibridizasyon, genom haritalama ve stok ayrımı gibi konularda kullanılabilir. Birçok çalışmada, ticari olarak önemli balık ve omurgasızların genomik DNA segmentlerinin amplikasyonu amacıyla, farklı balıklar arasındaki polimorfizmin belirlenmesinde ve farklı coğrafik alandan izole edilen bazı önemli balık patojenlerinin genetik olarak ilişkilendirilmeleri amacıyla kullanılmıştır (Ravelo vd., 2003).

RAPD yönteminin avantajları şunlardır: hızlı ve basit bir şekilde uygulanabilir olması, çok miktarda DNA ve DNA sekans bilgisine gereksinim duymaması, tüm genomun incelenmesine izin vermesi ve RFLP ile daha fazla polimorfizm elde etmesidir.

RAPD tekniğinin dezavantajları ise PCR şartlarına bağlı olarak her zaman verimli sonuçlar alınamaması, farklı laboratuvarlarda farklı araştırmacıların elinde ve hatta bir termocycler cihazından diğerine farklı sonuçlar vermesi, sonuçların tekrarlanabilirliğinin düşük olması, agaroz jel elektroforezinde birkaç bant oluşumu ile sonuçlanan zayıf profillerin oluşabilmesi, dominant özellikte marker vermesi (homozigot ve heterozigot bireyleri ayıramaması) ve bu yolla elde edilen markerlerin diğer haritalara transfer edilememesi gelmektedir (Ellsworth vd., 1993; Van Zeveren, 1995; Kozanoğlu, 2002).

Cunningham ve Mo (1997) yaptıkları çalışmada *Gyrodactylus salaris*'in teşhisini RAPD PCR tekniği ile ortaya koymuşlardır. Yaygın bir balık cestodu olan *Proteocephalus exiguus*'un, Kral'ova ve Spakulova (1996) tarafından RAPD PCR ile teşhisi yapılmıştır.

4.3. AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism)

AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) yöntemi, aynı zamanda selective restriction fragment amplification (SRFA) olarak da bilinir. Bu genotipleme metodu, genomik DNA'nın restriksiyon enzimi ile kesilmesi sonucu oluşan DNA parçalarının belirli bir grup içinden seçici olarak amplifikasyonu esasına dayanmaktadır (Yağcı, 2001).

AFLP tekniğinde DNA iki restriksiyon enzimi ile kesilir ve çift iplikçikli adaptörler daha sonra DNA fragmentlerinin uçlarına PCR'da kullanılacak DNA bölgesini oluşturmak için bağlanırlar. DNA fragmentlerine bağlanan belirli adaptörler AFLP primerlerinin dizisini belirlerler. Bu yüzden AFLP primerleri yarı seçici özelliktedir ve analiz genom boyunca DNA restriksiyon bölgelerinin dağılımı belirler (Vos vd., 1995).

İki farklı varyasyon vardır. Birinci varyasyonda amplifikasyon için iki primer ve iki farklı RE kullanılırken, ikinci varyasyonda sadece bir primer ve RE kullanılmaktadır. En yaygın yöntem, genomik DNA'yı iki RE ile kesmektir. (Yağcı, 2001).

AFLP analizi, pürifiye edilmiş genomik DNA'yı gerektirir. Teknik, herhangi bir organizmadan elde edilen DNA'nın önce bir çift restriksiyon enzimi (6 baz EcoRI ve 4 baz MseI) ile kesimiyle başlar. Parçaların birer ucu yapışkandır. Daha sonra iki adaptör (EcoRI ve MseI) üretilen parçalara bağlanır. Bu adaptörler dört baz ve altı baz yapışkan uçlarına bağlanır. Bu ligasyon işlemi PCR çoğaltımına olanak sağlar. Her iki restriksiyon enzimi 500 000 EcoRI-MseI parça üretimi gerçekleştirir. Primerlerdeki spesifik bazların sayısı değiştirilerek çoğaltılan parça sayısı kontrol edilebilir. Bu amaçla PCR primerlerinin 3' ucuna rastgele bir veya iki ekstra baz ilavesi yapılarak restriksiyon parçalarının alt dizilerinin selektif olarak çoğaltılması sağlanır. Son olarak PCR ürünleri jel elektroforezde görüntülenip yorumlanır (Ajmone-Marsan vd., 1997).

RAPD'le karşılaştırıldığında AFLP ile daha yüksek marker yoğunlukları elde edilir ve bant büyüklüklerinin ve sayılarının manipülasyonu mümkün olmasına rağmen AFLP stratejisinde PCR basamakları daha zordur. Sonuç olarak AFLP daha yüksek verimlilikte ve güvenilirdir. Geliştirme maliyetleri düşük fakat uygulama maliyetleri RAPD analizi için olandan daha yüksektir (RAPD'in 1,5-2 katı). AFLP RAPD'den biraz daha teniktir, gerekli beceri seviyesi RAPD için gerekli olandan daha yüksektir ve ayrıca restriksiyon enzimlerinin kesimini sağlamak için DNA izolasyonu özellikle yüksek kalite ve saflıkta olmak zorundadır (Marle-Köster ve Nel, 2003).

Bullard ve arkadaşları (2011) *Thunnus albacares*'i enfekte eden *Nasicola clavei* (Monogenea: Capsalidae)'yi AFLP ve DNA Dizi Analizi uygulayarak teşhis etmişlerdir. Simmons ve arkadaşları (2006) yaptıkları çalışmada kanal yayın balığının (*Ictalurus punctatus*) populasyonunu analiz etmek için AFLP metodunu kullanmışlardır. Miller ve arkadaşları (2005) *Oncorhynchus mykiss*'de gözlenen dönme hastalığının AFLP metoduyla direncinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapmışlardır.

4.4. Multipleks PCR

Multipleks PCR, bir PCR ile birden fazla hedef dizinin aynı anda çoğaltılmasını içerir. Multipleks PCR için birden fazla bölgeye bağlanan multipleks primerleri kullanılır. Bu PCR, gen delesyonlarının haritalanması, küçük delesyonların, çerçeve kayması ve nokta mutasyonlarının analizi gibi uygulamalarda kullanılır. Özellikle, kistik fibrozis ve Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) gibi genetik hastalıkların teşhisi için çok önemlidir (Arı, 2008).

Bu yöntem, daha az zaman ve daha az maliyetle birkaç patojenin aynı anda tespitine olanak tanır (Williams vd., 1999). Birden fazla PCR amplifikasyonu,

birden fazla primer çifti tarafından aynı reaksiyon içinde birden fazla hedefin sekansı şeklinde gerçekleşir. Bu, klasik PCR'ye benzer. Teknik işgücü, harcamalar ve çaba bakımından önemli avantajlar sağlar (Türe vd., 2012).

Aynı reaksiyon içerisinde birden fazla hedefin amplifikasyonu sağlanacağı için; primerlerin seçimine dikkat edilmesi, bağlanma sıcaklıklarının birbirine uygun olması, farklı primer çiftlerinin bir arada çalışmaları için en uygun konsantrasyonlarının belirlenmesi gibi konulara önem gösterilmelidir (Chamberlain vd., 1988; Altınok, 2011). Enfeksiyöz balık hastalıkları alanında, bakteri, virüs, mantar ve parazit gibi hastalık etkenlerinin teşhisine kısa sürede olanak sağlayan çok kullanışlı metotlardan biridir (Altınok ve Kurt, 2003).

Huyse ve arkadaşlarının (2008) yaptıkları çalışmada *Gyrodactylus* türlerinin ayrımı için Multipleks PCR yöntemini kullanmışlardır. Umehara ve arkadaşları (2008) Multipleks PCR metoduyla *Anisakis simplex*, *A. pegreffii*, *A. physeteris*, *Pseudoterranova decipiens*, *Contracaecum osculatum* ve *Hysterothylacium aduncum*'un teşhisini yapmışlardır.

4.5. Real-time PCR

Real-time PCR, DNA'nın çoğaltımını ve ürünlerini tek bir tüpte belirleme olanağı tanıyan son zamanlarda popüler hale gelmiş bir yöntemdir (Gibson vd., 1996) Bu yöntemde, gen ifadesi analizi ve geleneksel PCR birleştirilmiştir. PCR amplifikasyonu görünür hale getiren ve monitorize edebilen floresan işaretli prob ve boyaların kullanıldığı ve floresan miktarının oluşan DNA ile doğru orantılı olarak arttığı bir yöntemidir. Bu teknoloji yabancı yayınlarda “kinetik PCR”, “homojen PCR”, “kantitatif Real-time PCR” gibi çeşitli isimlerle anılmaktadır (Bustin, 2000).

Real-time PCR, klasik PCR sonrası yapılması zorunlu diğer değerlendirme aşamalarının zahmetinden bizi kurtarır (jel elektroforez gibi). Bu durum, doğruluğu arttırdığı gibi kontaminasyon riskinide azaltır. Klasik PCR yöntemleriyle karşılaştırıldığında 10^7 kat daha güvenilirdir. Geniş bir uygulama alanı, özgünlük ve ürün miktarının doğru belirlenmesine imkân sunar (Pirim ve Eyerci, 2011).

Real-time PCR yöntemi, nükleik asit amplifikasyonu sırasında eş zamanlı olarak artan floresan sinyalinin ölçülmesi ile kantitatif sonuç elde edilen bir PCR yöntemidir. Sıcaklık döngüleri ve floresan okumaları aynı cihaz ve tüp içinde gerçekleşir. Bu sayede hedef bölge, elektroforeze gerek kalmadan hızlı bir şekilde tespit edilebilir. Çoğaltma ve tespit işlemlerinin aynı cihaz içinde ve tüp içinde gerçekleşebilmesi, bu yöntemi pratik ve etkili hale getirmiştir. Tüpler açılmadan test tamamlandığı için kontaminasyon riski de azalmaktadır. Real-time PCR'da amplifikasyon sonrasında elde edilen ürün varlığı çeşitli yöntemlerle belirlenebilir. Özgül olmayan bir yöntem olan çift zincirli DNA boyalarının kullanılması bunlardan biridir. Bu bağlamda, yaygın olarak kullanılan boyalar-

dan biri SYBR Green I'dir. Primerlerin bağlanmasını takiben gerçekleşen polimerizasyon aşamasında hedef DNA'nın çift sarmal haline gelmesiyle DNA'ya bağlanan boya miktarı artar ve bu duruma bağlı olarak floresan miktarında bir artış gözlemlenir. Elde edilen floresansın istenen hedef bölgenin amplifikasyonu ile mi gerçekleştiği, yoksa non-spesifik bir ürün mü olduğunu anlamak için "melting curve" (erime eğrisi) analizi uygulanır. Özgül olarak hedefin saptanması için işaretli probalar da kullanılır. Farklı prob formatları arasında en sık kullanılanlar arasında FRET (Fluorescence Resonance Energy Transfer), Taqman ve Molecular Beacons bulunmaktadır (Pınar, 2012).

Yöntemin biyolojik örneklerden elde edilen DNA'nın kopya sayısını sayısal değerlere dönüştürme ve mRNA'nın düzeyini sayısal olarak belirleyebilme, tek nokta mutasyonlarını, patojenleri ve DNA hasarını belirleme, metilasyon tespiti, SNP (single nucleotid polymorphism) analizi, kromozom bozukluklarının tespiti gibi çalışmalarda kullanım alanları bulunmaktadır (Löschnerberger, vd., 2004).

Gonzalez ve arkadaşları (2007) Sazan derisinde bulunan *Ichthyophthirius multifiliis*'i Real-Time PCR kullanarak teşhis etmişlerdir. Isaksen ve arkadaşları (2012) Real-Time PCR kullanarak *Ichthyobodo salmonis*'i teşhis etmişlerdir.

4.6. DNA Dizi Analizi

DNA dizi analizi, gen yapısı ve genetik kontrol mekanizmaları hakkında önemli bilgiler sunmuştur. 1940'ların başlarında DNA baz kompozisyonunu belirleme yöntemleri geliştirilmiş olmasına rağmen, DNA'daki nükleotit dizilerinin doğrudan kimyasal analizi 1960'larda geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır (Klug vd., 2011).

1970'lerde doğrudan nükleotit dizi analizine yönelik daha etkili yöntemler geliştirildi. Rekombinant DNA teknikleri, herhangi bir organizmadan çok sayıda saf DNA parçası elde etmeyi mümkün kılan yeni tekniklerin yanı sıra dizi analizi yöntemleri de geliştirmeye başlanmıştır (Klug vd., 2011).

DNA dizi analizinde, tek zincirli DNA kalıbının tamamlayıcı zincirinin DNA polimeraz enzimi ile 5'ten 3'e doğru sentezlenmesi en yaygın yöntemdir. DNA dizi analizi reaksiyonlarında, dideoksinükleotit veya özgül baz analogları da kullanılır. DNA parçasındaki nükleotit dizisinin belirlenmesi için dört reaksiyon seti hazırlanır. Her biri farklı tüplerde hazırlanır. Her tüp, uygun bir primer, DNA polimeraz, dört nükleotit ve oransal olarak daha az miktarda dört çeşit dideoksinükleotit içeren tek zincirli bir DNA kalıbı (dizisi belirlenecek olan DNA parçası) içerir. DNA sentezi sırasında, DNA polimeraz nükleotitler ve dideoksinükleotitleri uzayan DNA zincirinin yapısına ekler. Bu nükleotit analogu 3' hidroksil grubu içermediği için bir sonraki nükleotit ile 3' hidroksil bağı oluşturamaz, bu da DNA sentezi sona erdirir. DNA molekülleri, her bir

tüpte birbirinden farklı uzunluklardaki nükleotitlerden oluşur. Her dideoksi-nükleotit için bir reaksiyon tüpünün DNA parçaları, jel elektroforezinde yan yana yüklenerek ayrıştırılır. Sonunda, jelin üstüne konan filmin yıkanmasıyla bantların merdiven gibi görünmesi sağlanır. Baz diziliminin bir sonucu olarak, DNA kalıbının tamamlayıcısının beş ila üç nükleotit dizisi aşağıdan yukarıya doğru okunarak belirlenir (Şekil 4.1) (Klug vd., 2011).

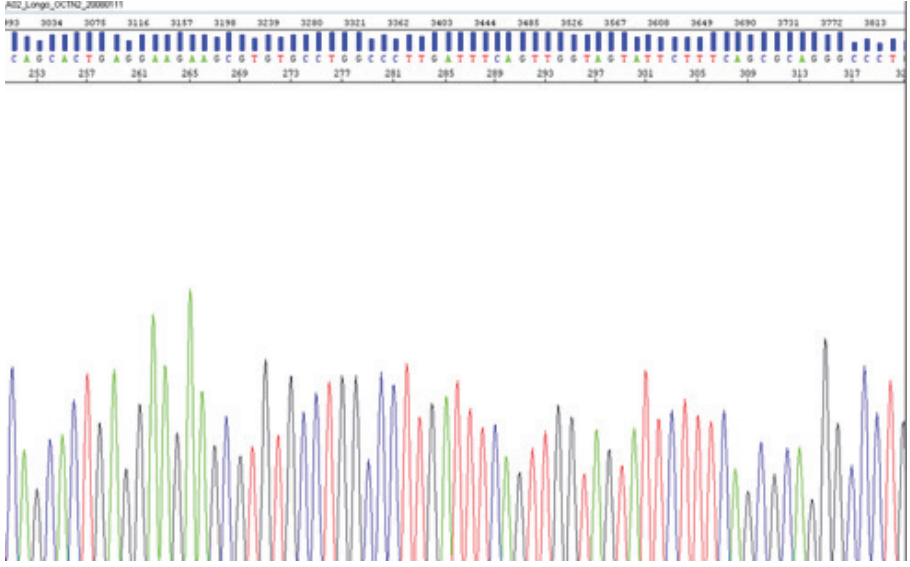
```

1 atgattttt tcttttgat gccagttctt ataggcgggt ttggaaattt ttgttgccct
61 ttattgctag gtatgcctga ttaagtta cctcgtttaa atgcttaag tgcttggtta
121 atgttgccat ctgctgtttg tttataata agtttatgaa ttggttctgg tgttggtga
181 actttttatc cacctttatc gagatttctc tataaccggt taggtgttga ttattgatg
241 tttctttgc atttagctgg tttatctagt gttttgggt cgtaaattt tattactact
301 atttttctt ctattttta tttattaat acccgtgtt ctattattgt ttgggcttat
361 ttgtttactt ctattctctt gttatctca ttgccagtt ttgctgctgc

```

Şekil 4.1. *Diplostomum spathaceum*'a ait örnek mitokondrial bir bölgenin nükleotit dizilimi (Perez-Del-Olmo, 2014).

Genomların dizisel analizi için, otomatik DNA dizileme cihazları ve radyoaktif izotoplar yerine flüoresan boyalar kullanılmaktadır. Bu sistemde dört farklı renkte boya kullanılır ve sonuç olarak, dizinin okunmasını sağlayan dört farklı renkteki piklerin oluşturduğu bir model oluşmuş olur (Şekil 4.2) (Klug vd., 2011).



Şekil 4.2. DNA Dizi Analizi Elektrofogramı (URL-6, 2023).

DNA dizisi analizi, genlerin organizasyonu ve doğası hakkında bilgiler sağlar; ayrıca, gen ve gen ürünlerini etkileyen mutasyonların sayısı, yeri ve çeşidi hakkında kesin göstergeler sunar. Dizi analizi, prokaryotik ve ökaryotik genlerdeki kontrol bölgelerinin organizasyonu üzerine yapılan çalışmalarda ve proteinlerin amino asit dizilerinin belirlenmesinde de kullanılır (Klug vd., 2011).

KAYNAKLAR

- Ajmone-Marsan, P., Valentini, A., Cassandro, M.G., Vecchiotti, A., Bertoni, G. ve Kuiper, M., 1997. AFLP markers for DNA fingerprinting in cattle, *Anim. Genet.*, 28, 418-426.
- Aksakal, E. ve Erdoğan, O. 2007. PCR-RFLP Uygulamalarının Su Ürünlerinde Kullanım Alanları, *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3 (5), 5-8.
- Aksakal, E., 2009. Düşük ve Yüksek Canlı Ağırlığa Sahip Gökkuşluğu Alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) Arasındaki Genetik Varyasyonun Mikrosatelit Markırlar Kullanılarak Belirlenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Aktaş, M. ve Dumanlı, N., 2009. Moleküler Parazitolojinin Veteriner Hekimlikte Uygulama Alanları, *Moleküler Parazitoloji*, s. 239-254, Ed. Özcel, M.A., Tanyüksel, M. ve Eren, H.
- Altınok, İ. ve Kurt, İ., 2003. Molecular diagnosis of fish diseases, a Review, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3, 131-138.
- Altınok, İ., 2011. Multiplex PCR Assay for detection of four Major bacterial pathogens causing rainbow trout. Disease, *Dis. Aquat. Org.*, 93, 199206.
- Araz, E. ve Tanyüksel, M., 2009. Moleküler Amplifikasyon Teknikleri, *Moleküler Parazitoloji*, s. 337-366, Ed. Özcel, M.A., Tanyüksel, M. ve Eren, H.
- Arı, Ş., 1999. DNA'nın Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) ile Çoğaltılması, *Moleküler Biyolojide Kullanılan Yöntemler*, İ.Ü. BİYOGEN, İstanbul, 1, 57-67. Ed. Temizkan, G. ve Arda, N.
- Arı, Ş., 2003. DNA'nın Polimeraz Zincir Reaksiyonuyla Çoğaltılması, *Moleküler Biyolojide Kullanılan Yöntemler*, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, s. 101-120, Ed. Temizkan, G. ve Arda, N.
- Arı, Ş., 2008. DNA'nın Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) ile Çoğaltılması, *Moleküler Biyolojide Kullanılan Yöntemler*, s. 101-117, Ed. Temizkan, G. ve Arda, N.
- Bardakçı, F. ve Yenidünya, A.F., 2010. Moleküler Biyoloji Teknikleri I:Nükleik Asit Analiz Teknikleri, *Moleküler Biyoloji*, s. 521-555, Ed. Yıldırım, A., Bardakçı, F., Karataş, M. ve Tanyolaç, B.
- Belak, S. and Thoren, P., 2001. Molecular diagnosis of animal diseases, *Expert Rev. Mol. Diagn.*, 1, 434- 444.
- Bullard, S.A., Olivares-Fuster, O., Benz, G.W. and Arias, C.R., 2011. Molecules infer origins of ectoparasite infrapopulations on tuna, *Parasitology International*, 60, 447-451.
- Bustin, S.A., 2000. Absolute quantification of mRNA using realtime reverse transcription polymerase chain reaction assays, *J Mol Endocrinol*, 25, 169-93.
- Cenis, J.L., 1993. Identification of four major Meloidogyne spp. by random amplified polymorphic DNA (RAPD-PCR), *Phytopathology*, 83,76-80.

- Chamberlain, J.S., Gibbs, R.A., Ranier, J.E., Nguyen, P.N. and Caskey, C.T., 1988. Deletion screening of the Duchenne muscular dystrophy locus via multiplex DNA amplification. *Nucleic Acids Res.*, 16, 11141-11156.
- Choi, K.S., Coetzee, M. and Koekemoer, L.L., 2010. Simultaneous identification of the *Anopheles funestus* group and *Anopheles longipalpis* type C by PCR-RFLP, *Malaria Journal*, 9, 316.
- Conkle, M.T., 1980. Amount and Distribution of Isozyme Variation in Various Conifer Species. *In: Proceedings of the 7th Meeting*, Canadian For, Ser., 109-117.
- Cunningham, C.O. and Mo T.A., 1997. Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Analysis of Three Norwegian *Gyrodactylus salaris* Populations (Monogenea; Gyrodactylidae), *The Journal of Parasitology*, Vol. 83, No. 2 pp. 311-314.
- Çırakoğlu, B., 2005. I. Tıbbi Biyolojik Bilimler Kongresi, IV. Tıbbi Biyolojik Bilimler Öğrenci Sempozyumu, I. Deneysel Hayvanları Araştırmaları Uygulama ve Etik Kursu, 57, 2, İstanbul.
- Davis, G.P. and Hetzel, D.J.S., 2000. Integrating molecular genetic technology with traditional approaches for genetic improvement in aquaculture species, *Aquaculture Research*, 31, 3-10.
- Dilmeç, F., Matur A., Alhan E. ve Aksaray N., 1999. Çukurova Bölgesi Visseral Leishmania Etkenlerinde Total DNA Restriksiyon Endonükleaz Profilleri, *Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 24, 4, 158-164.
- Dodgson, J.B., Cheng, H.H. and Okimoto, R., 1997. DNA Marker Technology, *A Revolution in Animal Genetics*, Poultry Sci., 76, 1108-1114.
- Dunham, R.A., 2004. Aquaculture and Fisheries Biotechnology (Genetic Approaches). *CABI Publishing*, London.
- Ellsworth, D.L., Rittenhouse, K.D. and Honeycutt, R.L., 1993. Artifacts in Randomly Amplified Polymorphic DNA Banding Patterns, *BioTechniques*, 14, 2: 214-217.
- Erlich, H.A., 1991. PCR Technology: Principles and Applications for DNA Amplification. W.H. Freeman and Company, New York, A.B.D.
- Eszterbauer, E., 2002. Molecular Biology can differentiate morphologically indistinguishable Myxosporean Species: *Myxobolus elegans* and *M. hungaricus* (Short Communication), *Acta Veterinaria Hungarica*, 50 (1), 59-62.
- Fjalestad, K.T., Moen, T. and Gomez-Raya, L., 2003. Prospects for genetic technology in salmon breeding programs, *Aquaculture Research*, 34, 397-406.
- Gasser, R.B., 2006. Molecular tools advances, opportunities and prospects, *Vet Parasitol*, 136, 69-89.
- Gedikli, F. ve Gökçe, İ. 2015. Protein Elektroferez Jellerinin Boyanmasında Coomassie'ye Alternatif Doğal Boyalar, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* (11), 01-10
- Gibson, U.E., Heid, C.A. and Williams, P.M., 1996. A novel method for real time qu-

antitative RT-PCR, *Genome Res*, 6, 9951001.

- Gonzalez, S.F., Buchmann, K. and Nielsen M.E., 2007. Real-time gene expression analysis in carp (*Cyprinus carpio* L.) skin: Inflammatory responses caused by the ectoparasite *Ichthyophthirius multifiliis*, *Fish & Shellfish Immunology*, 22, 641-650.
- Gülçin, İ., Özdemir, H., ve Şentürk, M., 2008. Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) ve DNA Amplifikasyonu, *Su Ürünlerinde Uygulamalı Moleküler Biyoloji Teknikleri Lisansüstü Yaz okulu*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:237, s. 76-84.
- Gürses, M., 2005. Hayvan Islahı ve Genetiğinde Kullanılan Moleküler Teknikler, *Doktora Semineri*, Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Haley, C. and Visscher, P., 1999. DNA Markers and Genetic Testing in Farm Animal Improvement: Current Applications and Future Prospects, *Annual Report*, 1998–1999, Roslin Institute, Edinburgh. Pp. 28-39.
- Hodgkinson, J.E., 2006. Molecular diagnosis and equine parasitology, *Vet Parasitol*, 136, 109-16.
- Isaksen, T.E., Karlsbakk, E., Repstad, O. and Nylund, A., 2012. Molecular tools for the detection and identification of *Ichthyobodo* spp. (Kinetoplastida), important fish parasites, *Parasitology International*, 61, 675–683.
- Klokouzas, A., Shahi, S., Hladky, S.B., Barrand, M.A. and Van Veen, H.W., 2003. ABC transporters and drug resistance in parasitic protozoa, *Inter J Antimicrob Agent*, 22: 301-317.
- Klug, W.S. and Cummings, M.R., 2002. Genetik Kavramlar, Palme Yayıncılık, Ankara. Ed. Öner, C.
- Klug, W.S., Cummings, R.M. and Spencer, C.A., 2011. Genetik Kavramlar Palme Yayıncılık, Ankara, 677 s. , Ed. Öner, C., Sümer, S., Öner, R., Öğüş, A. ve Açık, L.
- Kozanoğlu, H., 2002. Hayvan Islahı ve Genetiğinde Kullanılan Moleküler Teknolojiler, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kral'ova, I. and Spakulova, M., 1996. Intraspecific variability of *Proteocephalus exiguus* La Rue, 1911 (Cestoda: Proteocephalidae) as studied by the random amplified polymorphic DNA method, *Parasitology Research*, Volume 82, Issue 6, pp 542-545.
- Lilley, J.H., Cerenius, L. and Soderhall, K., 1997. RAPD evidence for the origin of crayfish plague outbreaks in Britain, *Aquaculture*, 157: 181-185.
- Lisby, G., 1999. Application of nucleic acid amplification in clinical microbiology, *Mol Biotechnol*, 12 (1), 75-99.
- Lo, Y.M., 2001. Circulating nucleic acids in plasma and serum, an overview, *Ann N. Y. Acad SCI.*, 945, 1-7.
- Louie, M., Louie, L. and Simor, A.E., 2000. The role of DNA amplification techno-

- logy in the diagnosis of infectious diseases, *CMAJ.*, 163, 301–309.
- Löschenberger, K., Szölgyenyi, W., Peschke, R., Prosl, H., 2004. Detection of the protozoan *Neospora caninum* using in situ polymerase chain reaction, *Biotech Histochem*, 79 (2): 101-105.
- Magoulas, A., 1998. Application of molecular markers to aquaculture and broodstock management with special emphasis on microsatellite DNA, *Cahiers Options Mediterrannes*, 34, 153- 168.
- Marle-Köster, E.V. and Nel L.H., 2003. Genetic Markers and their Application in Livestock Breeding in South Africa, A Review, *South African Journal of Animal Science*, 33, 1: 1-10.
- McPherson, M.J. and Moller, S.G., 2000. The Basics, New York, Cromwell Press, 1-45.
- Miller, M., Wagner, E., Wilson, C., Vincent, R., and Mock, K.E., 2005. Detection of genetic markers associated with whirling disease resistance in Rainbow trout, *Whirling Disease Symposium Proceedings*, 53-54.
- Monis, P.T., Andrews, R.H. and Saint, C.P., 2002. Molecular biology techniques in parasite ecology, *Int J Parasitol*, 32, 551-562.
- Nelson, K. and Soule, M., 1987. Genetical conservation of exploited fishes, Population Genetics and Fishery Management, *University of Washington Press*, 420, Seattle, Eds. Ryman, N. and Utter, F.
- Nicholas, F.W., 1996. Introduction to Veterinary Genetics, Oxford University Press.
- Olive, M. and Bean, P., 1999. Principles and Applications of Methods for DNA Based Typing of Microbial Organisms, *J Clin Microbiol*, 37, 1661 -1669.
- Öge, H., 1999. Balık Tüketiminde Ekonomik ve Sağlık Yönünden Önemli Parazitler. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 23 (4), 440-445.
- Pınar, A., 2012. PCR ve Real-time PCR Hakkında Genel Bilgi, *Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı Moleküler Mikrobiyoloji Laboratuvarları Real-time PCR Kursu*, Ankara, 4-5 Haziran, s. 4-21.
- Pirim, İ. ve Eyerci, N., 2011. Real-time (RT) PCR, *Uygulamalı Moleküler Biyoloji Teknikleri Lisansüstü Yaz Okulu Ders Kitabı*, s. 97-110. Ed. Küfrevioğlu, Ö.İ., Watabe, S., Çiltaş, A. ve Erdoğan, O.
- Perez-Del-Olmo, A., Georgieva, S., Pula, H.J. and Kostadinova, A., 2014. Molecular and morphological evidence for three species of Diplostomum (Digenea: Diplostomidae), parasites of fishes and fish-eating birds in Spain, *GenBank*, KP025787.1.
- Prichard, R., 1997. Application of molecular biology in veterinary parasitology, *Vet. Parasitol.*, 71, 155175.
- Prichard, R. and Tait, A., 2001. The role of molecular biology in veterinary parasitology, *Vet Parasitol*, 98, 169-194.
- Ralp, D. and McClelland, M., 1998. Arbitrary Primed PCR Methods for Studying

Bacterial Disease, Methods in Molecular Medicine, *Molecular Bacteriology, Protocols and Clinical Applications*, Humana Pres Inc, Totowa, N.J. 15, 60-75. Eds. Woodforn, N. and Johnson, P.

Ravelo, C., Magarinos, B., Lopez-Romalde, S., Toranzo, A.E. and Romalde, J.L., 2003. Molecular Fingerprinting of Fish-Pathogenic *Lactococcus garvieae* Strains by Random Amplified Polymorphic DNA Analysis, *Journal of clinical Microbiology*, 41, 2, 751-756.

Sarıkaya, A.T., 2008. DNA'nın İzolasyonu ve Analizi, *Moleküler Biyolojide Kullanılan Yöntemler*, s. 55-80, Ed. Temizkan, G. ve Arda, N.

Schweitzer, B. and Kingsmore S., 2001. Combining nucleic acid amplification and detection, *Curr Opin Biotechnol.*, 12 (1), 21-7.

Simmons, M., Mickett, K., Küçüktaş, H., Li, P., Dunham, R. and Liu, Z., 2006. Comparison of domestic and wild channel catfish (*Ictalurus punctatus*) populations provides no evidence for genetic impact, *Aquaculture*, 252, 133-146.

Subasinghe, R.P., Curry, D., McGladdery, S.E. and Bartley, D., 2003. Recent Technological Innovations in Aquaculture, In: Review of the State of World Aquaculture, *FAO Fisheries Circular*, No. 886, Rev. 2, Rome: 59-74.

Tuğ, A., Hancı, H. ve Balseven, A., 2002. İnsan Genom Projesi, *Sürekli Tıp Eğitim Dergisi*, 11, 2: 56-57.

Turner, P.C., McLennan, A.G., Bates, A.D. and White, M.R.H., 1998. Instant Notes in Molecular Biology, *BIOS Scientific Publishers Limited*, Oxford, UK.

Türe, M., Eroğlu, O. ve Aksakal, E., 2012. Balık Hastalıklarında Moleküler Genetik Belirteçler ve Kullanımları, *Yunus Araştırma Bülteni*, 3, 8-17.

Umehara, A., Kawakami, Y., Araki, J. and Uchida, A., 2008. Multiplex PCR for the identification of *Anisakis simplex* sensu stricto, *Anisakis pegreffii* and the other anisakid nematodes, *Parasitology International*, 57, 49-53.

URL-1, <https://www.incele.web.tr/pcr-termal-dongu-cihaz-cihaz-incele.html>, 9 Kasım 2023.

URL-2, <https://www.drozdogan.com/polimeraz-zincir-reaksiyonu-nedir-pcr-tarihcesi-nasil-yapilir/> 10 Kasım 2023.

URL-3, <https://www.kimnezamanicatetti.com/jel-elektroforezi/>, 8 Kasım 2023.

URL-4, <https://www.labmarket.com.tr/uv-transilluminator,-11x14-cm,-hero-lab-uvt-14m>, 10 Kasım 2023.

URL-5, http://en.wikipedia.org/wiki/Agarose_gel_electrophoresis, 10 Kasım 2023.

URL-6, <https://www.sentromer.com/tr/dizileme>, 11 Kasım 2023.

Ütük, A.E., Pişkin, F.Ç. ve Balkaya, İ., 2012. Molecular Detection of *Anisakis pegreffii* in Horse Mackerels (*Trachurus trachurus*) Sold for Human Consumption in Erzurum Province of Turkey, *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 18 (2), 303-307.

- Vanhala, T., Tuiskula-Haavisto, M., Elo, K., Vilkki, J. and Maki-Tanilla, A., 1998. Evaluation of genetic variability and genetic distances between eight chicken lines using microsatellite markers, *Poult Sci*, 77, 783-790.
- Van Zeveren, A., Peelman, L., Van de Weghe, A. and Bouquet, Y., 1995. A genetic study of four Belgian pig populations by means of seven microsatellite loci, *J Anim Breed Gen*. 112, 191-204.
- Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., Van de Lee, T., Hornes, M., Frijters, A., Pot, J., Peleman, J., Kuiper, M. and Zabeau, M., 1995. AFLP: A New Technique for DNA Fingerprinting, *Nucl Acids Res.*, 23, 4407-4414.
- Williams, K., Blake, S., Sweeney, A., Singer, J.T. and Nicholson, B.L., 1999. Multiplex reverse transcriptase PCR assay for simultaneous detection of three fish viruses, *J. Clin. Microbiol.*, 37, 4139-4141.
- Yağcı, A., 2001. Restriction Fragment Length Polymorphism ve Polimeraz Zincir Reaksiyon Bazlı Tiplendirme Yöntemleri, Uygulamalı Moleküler Mikrobiyoloji, İnönü Üniv Tıp Fak. Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji AD, Malatya, s. 149 -160. Ed. Durmaz, R.
- Yağcı, A., 2006. Restriction Fragment Length Polymorfizm ve Polimeraz Zincir Reaksiyon Bazlı Tipleme Yöntemleri. İnönü Üniversitesi.