

*TARIM, ORMAN VE SU
BİLİMLERİNDE ÖNCÜ VE
AKADEMİK ÇALIŞMALAR*

Editör

Prof. Dr. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN





Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Öncü ve Akademik Çalışmalar
Editör: Prof. Dr. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN

Dizayn: All Sciences Academy Design

Basım Tarihi: Haziran 2025

Yayıncı Sertifika Numarası: 72273

ISBN: 978-625-5900-69-2

© All Sciences Academy

www.allsciencesacademy.com

allsciencesacademy@gmail.com

İÇERİK

1. Bölüm	5
Tarım ve İklim Değişikliği <i>Adem ÖZKAN, Yusuf DİLAY</i>	
2. Bölüm	16
En Küçük Kareler Yönteminin Rlw Denklemine Uygulanması <i>Ömer YAZAR, Bülent SAKA</i>	
3. Bölüm	30
Tüketime Sunulan Ballardaki Taklit ve Tağşiş Yöntemlerinin Değerlendirilmesi <i>Recep SIRALI</i>	
4. Bölüm	51
Ceviz (<i>Juglans regia</i> L.)'in Mikroçoğaltım Zorluklarına Kapsamlı Bir Bakış <i>Sevil SAĞLAM YILMAZ</i>	
5. Bölüm	74
Makarna Sektörü: Dünya ve Türkiye Değerlendirmesi <i>Şule Turhan</i>	

Tarım ve İklim Değişikliği

Adem ÖZKAN¹

Yusuf DİLAY²

- 1- Öğr. Gör.; Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü. aozkan@edu.tr ORCID No: 0000-0003- 3043-0338.
- 2- Doç. Dr.; Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü. ydilay@edu.tr ORCID No: 0000-0002-5365-5137

ÖZET

İklim değişikliğine bağlı olarak geçen yüzyılda olduğu gibi gelecek yüzyılda da sıcaklık artışının devam edeceği ve bunun yaratacağı etkilerinin giderek büyüyeceği fikirleri, bilim adamları tarafından dile getirilmektedir. Bu durum yıllar itibari ile dünyanın ve ülkemizin karşılaştığı giderek büyüyen çevresel etkileri doğrudan doğruya etkileyen problem olarak durmaktadır. İklimin her kesimi bölgesel ve küresel ölçekte etkilenmesi beklenmektedir. Temiz su kaynakları kıtlığı; enerji, deniz seviyesinin yükselmesi, biyolojik değişiklikler, insan sağlığı, gıdaya erişim, tarım ve orman varlıkları gibi birçok alanları olumsuz yönde etkileyecektir. Toplumlara sosyal ve ekonomik açıdan doğrudan veya dolaylı etkilemesinin yanında, tarımsal üretimin gerçekleşmesi sırasında da baskı unsuru olacaktır. İklim değişikliği, toprak ve su erozyonunun yanı sıra su rejimlerinin değişmesine de yol açacaktır. Uzun süreç içerisindeki tarım topraklarının yapısının bozulması ile tarım yapılabilecek alanların çorak bir yapıya dönüşmesi kaçınılmaz bir gerçektir. Yerküredeki sıcaklığın yükselmesi, buzulların erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesine yol açarak, ekosistemi tahrip etmekte, iklim ve çevresel düzensizliklere yol açmaktadır.

İnsanoğlunun yapacağı en önemli strateji, iklim değişikliğinin oluşturacağı sorunları ortaya koymaktır. Bölgesel sorunlar değil, topyekûn küresel boyutta yapılması gereken adımlar ortaya konulmalı, kısa ve uzun vadede gerçekçi bir planlama sürecinin yol haritası çizilmelidir. Dolayısıyla program ve uyum süreçleri dikkatlice izlenmeli, gerekirse radikal eylem planları hayata geçirilmelidir. Yöneticilerin ve karar vericilerin, iklim değişikliği ile ortaya çıkacak faydaların etkinleştirilmesinin yanında, olumsuzluk meydana getirebilecek faktörleri asgari düzeye indirilmesi için, otoriteler tarafından adımların atılmasına öncülük etmesi beklenmelidir.

Anahtar Kelimeler – Yağış, iklim değişikliği, kuraklık, tarım, Türkiye.

GİRİŞ

İklim değişikliği, günümüzün en önemli çevresel sorunlarından birisidir. Küresel sıcaklık artışı, yağış rejimlerinde değişiklikler, olağan dışı hava olaylarının zaman zaman artması ile gelişen faktörler, tarımsal üretimi doğrudan etkilemektedir. Tarım sektörü, hem iklim değişikliğinin nedenlerinden biri olması hem de etkilerinden olumsuz yönde etkilenmesi bakımından kritik bir sektör haline dönüşmüştür.

İnsanoğlunun son yıllarda farkına vardığı belki de en önemli kavram iklim değişikliğidir. Çevresel etkileri yanında ve ortaya çıkaracağı sonuçları itibariyle, tüm dünyayı ve ülkemizi de yakından ilgilendiren önemli bir sorun haline getirmiştir.

İklim, sıcaklık, nem, atmosfer basıncı, rüzgâr, yağış ve diğer meteorolojik olayların belirli zaman içerisindeki elde edilen verilerin ışığı altında ortalaması alınarak ifade edilir.

İklim değişikliği ise, farklı zaman dilimleri arasında gözlem yoluyla doğal iklim değişiklikleri yanında, atmosfer hareketlerini direkt ve indirekt etkileyen, canlıları etkileyen sonuçta iklimde meydana gelen değişiklikler olarak adlandırabiliriz.

Su kaynaklarını, tarım alanlarını, çevresel etkileri ve gıda güvenliğini tehdit edecek unsurları içinde bulunduran ana neden iklim değişikliği gelmektedir.

İklim değişikliği, tarımsal üretimin miktarını, kalitesini ve sürekliliğini tehdit etmektedir. Kuraklık, sel, don gibi ekstrem iklim olayları mahsul kayıplarına neden olmakta; özellikle yağış rejimindeki değişiklikler tarımsal verimliliği düşürmektedir. Toprak neminde azalma, erozyon artışı ve su kaynaklarının tükenmesi gibi faktörler de tarımsal faaliyetleri zorlaştırmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliği zararlı ve hastalıkların yayılım alanlarını da değiştirmektedir.

İklim değişikliğinin etkileri ve sonuçları hissedilir bir şekilde yaşam şekillerinin etkilemekte, salgın hastalıklar, yağışların azalmasına bağlı kuraklık, su ve toprak erozyonu, çölleşme durumu, iklim kuşaklarının farklılaşması, şiddetli hava hadise olaylarının artması, deniz su seviyesinin yükselmesi, doğal yaşam dengenin tahrip edilmesi sonucu, insan ve bitki yaşam türlerinin zarar görmesi ve insan sağlığının bozulmasına sebebiyet vermektedir. Bu durumun neticesi ile ekolojik sistemleri yanında sosyo-ekonomik açıdan sektörleri de doğrudan veya dolaylı yollardan etkilemesi kaçınılmaz hale gelmektedir.

Sellerin ve fırtınaların meydana gelmesi, sıcaklık dalgası, buzulların erimesi gibi değişimlerin, tarımsal ürünlerin verimi, tarım alanlarının azalmasına doğrudan etkilemektedir. Artan nüfusunda dikkate alınması ile birlikte toplumların daha kaliteli gıdaya ulaşmak adına, insanoğlunun geleceği için birtakım adımlar atması kaçınılmaz olmaktadır. İklim değişikliğin günümüzde ve gelecek için de sürebileceği bilinmektedir. Bu durumun gıda arz güvenliğini tehdit edecek nitelikte görülmektedir. Tatlı su havzaların ve kaynakların azalması özellikle tarımsal üretimi verimini ve kalitesini azaltacaktır. Bu da su savaşları, toplumların göçe zorlanması ve gıdaya erişim gibi sorunları ortaya çıkaracaktır. Yerküredeki her 1 °C derece artışının dünyada tahıl üretim verimini yüzde 10 düşürdüğü tahmin edilmektedir.

İklim değişikliğinin, tarımsal üretim üzerindeki etkileri, üretim ve beslenme açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tarım sektörünün iklim değişikliğinden daha az etkilenmesi açısından iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı gerekli önlemlerinin alınması, diğer yandan üretime katkısı olan tüm paydaşların daha hassas ve farkındalığı oluşturacak adımların atılması kaçınılmaz hale dönüşmektedir. İlgili kuruluşlar iklim değişikliğinin

etkilerinin azaltılması ve beraber hareket etme bilincini sağlamak amacıyla çalışmalar yürütmektedir.

Tarım mahsullerinin yetiştirilmesi için toprak, su, güneş ışığı ve sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. İklim, bu bileşenlerin tümüne etki eden önemli bir bileşen olarak görülmektedir. Bu nedenle tarım sektörü için oluşturduğu risk, içinde meydana getirdiği bilinmezliklerin durumu çok yüksek seviyeye çıkarmaktadır.

İklim değişikliklerin tarıma olan etkilerini özetleyecek olursak:

- a) Daha sıcak hava sistemlerin etkisi
- b) Yağışların yeterli miktarlarda yağmaması
- c) Meteorolojik olaylarda artışın meydana gelmesi
- d) Su kaynaklarında azalmanın görülmesi
- e) Kuraklık şiddetinde meydana gelen artış
- f) Su kalitesinin azalması
- g) Toprak strüktür yapısının bozulması
- h) Biyolojik çeşitliliğinin azalması
- k) Ekosistemin bozulması ve değişmesi
- l) Ekolojik alanların daralması veya yer değiştirmesi
- m) Tarımsal üretimde ve ürün kalitesinde azalma eğilimi
- n) Bitki gelişiminin tam gerçekleşmemesi
- o) Bitki zararlıları ve hastalıklarda artış
- p) Gübreleme ve zirai mücadelede oluşan problemler
- r) Sürdürülebilir gıda güvenliği sorunları vb. özetlenebilir.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SÜRECİNDE TARIM

Tarımda üretim için toprak, su, güneş ışığı, sıcaklık gibi unsurlara ihtiyaç vardır. Bunun en büyük bileşeni iklim gelmektedir. İklimin meydana getirdiği riskler tarım alanların görülmektedir. Tarım, iklim değişikliğini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda ondan etkilenen bir sektör olarak karşımızda durmaktadır. İklim değişikliği doğal ekosistemlerde, özellikle su ve karbon döngüleri ile besin zincirini etkilemektedir. Tarım sektörü kolaylıkla iklim değişikliklerinden en fazla etkilenmektedir. Sıcaklıkların artması, düzensiz yağış oranları, aşırı değişen hava olayları sonucu küresel anlamda gıda güvenliğini zorlamaktadır. Bazen bölgesel tarımsal ürün yetiştirilen deseninin değişimine yol açmaktadır (Doğan ve Tüzer 2011).

1-Sıcaklık artışı: sıcaklık, yağış ve atmosferdeki konsantrasyonu birleşik etkilerin tarımsal üretimi kalitesi ve verimini etkilemektedir. Bölgesel farklılıklar içinde yetiştirilen ürünler, iklim getirdiği birtakım özelliklerin getirdiği sonuçlardır.

2-Toprak verimliliği ve Erozyon: Sıcaklıkların artması ile toprak yapısının bozulmasına hızlı etki etmektedir. Erozyonun artmasını artırırken, toprak verimliliği azalmasına yol açmaktadır. Günümüzde gerçekleştirilen

topraksız tarım, onarıcı tarım, dikey tarım gibi yöntemler iklim değişikliklerinden en az etkilenmek adına yapılan uygulamalardır.

3-Su kaynaklarının yetersizliği: İklim değişikliğinin en önemli olumsuz etkisi su kıtlığının olmasıdır. İklim değişikliğinin sebebiyle atmosferik olaylarında değişimler, kuraklık ve sel durumları, su rejimindeki farklılıkları, deniz seviyesindeki yükselmeler, kıyı kesimde yaşayan kişilerin tatlı suya ulaşma durumunu beraberinde getirmektedir.

4-Yüksek miktarlarda yağış: Yağan şiddetli yağış rejimin değişmesi ve dağılımının düzensiz olması gelmektedir. Bir bölgeye yağması gereken yağmurun, kısa zaman aralığında yağması sonucu ciddi anlamda can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Artan sıcaklık ve azalan yağışlar neticesinde bölgesel alanlarda kuraklık olaylarında değişim gözlenmektedir.

5-Doğal bitki örtüsü değişimi: İklim değişiklikleri sebebiyle mera arazilerinin azalmasına neden olurken, bozkır alanlarının artmasına neden olabileceği göstermektedir.

6-Bitki besin elementleri eksikliği: Toprak içerisindeki besin elementlerin aşırı yağışla birlikte yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Buda bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementlerin dışarıdan kimyasal gübreden karşılanması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Daha fazla gübreleme ürün maliyetini artırma yanında milli ekonomiye ek yükler gelmektedir. Tüketici bu ürünlere ulaşmada sıkıntı yaşaması anlamına gelmektedir.

7-Bitki hastalık ve zararlıları: Sıcaklık artışının etkisi ve görülen aşırı yağmurların bitki üzerinde olumsuz etkileri görülebilmektedir. Bitkide görülen hastalık etken maddeleri ve zarar teşkil eden canlıların yol açtığı durumlar ürün gelişimini etkilerken, bunların olumsuz etkilerini yok edecek uygulamalara yol açmaktadır. Her işlem üretici tarafından bakıldığında maliyet, zaman bakımından değerlendirilmesi gereken unsurlardır. Tamamen üreticilerin üretimden elde edeceği gelirin kaybına yol açmasına neden olmaktadır. Belki de bölgede ki üretim için topyekûn hastalık ve zararlılarına mücadeleleri beraber müdahale etme durumunu ortaya çıkaracaktır.

8-Gıda sektörüne etkileri: Stratejik sektörlerden tarım ve gıda önümüzdeki yüzyılda giderek önemi artıracak ve sürdürülebilir tarım için ciddi noktalara gelebileceği düşünülmektedir.

İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretim Yapan İşletmelere Olan Etkileri

- Ekim-dikim problemi
- Hasat-harman problemi
- Toprak işleme problemi
- Gübreleme problemi
- Zirai Mücadele problemi
- Kültürel problemler (çapalama, budama v.s.)
- Tarımsal verimde problemler
- Kaliteli ürün yetiştirmede problemler
- Suyun/sulama suyunun teminindeki problemler

- Bitkisel çeşitlilik problemleri
- Artan CO₂ konsantrasyonlarının bitki gelişimini artırması

TÜRKİYE'DE YAĞIŞLAR

Ülkemizde yağışlar bölgeden bölgeye ve yıllara göre büyük farklar gösterir. Meteorolojik verilere göre en az yıllık yağış 1933 yılında (Kayseri) Himmetdede'de 63,3 mm olarak ölçülürken, en çok yağış 1931 yılında Rize'de 4043,3 mm olarak ölçülmüştür. 2024 yılı yağışlarının bölgelere göre yıllık ortalaması Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'den de görüleceği gibi, Doğu Anadolu Bölgesinde uzun yıllar ortalamasına göre %28'lik bir artış görülürken, Marmara Bölgesinde ise yaz döneminde yaklaşık %66 yağış miktarında azalma görülmüştür. Türkiye genelinde 3 bölgede yağış miktarları artarken, 4 bölgede ise yıllık yağış miktarında azalma meydana gelmiştir (Şekil 1). Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2025 yılı verilerine göre, 2014-2024 arasında Türkiye yıllık toplam yağış ortalaması: 593,3 mm. olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2025).

Tablo 1: 2024 yılı Türkiye Bölgesel Yıllık Ortalama Yağış Değerleri

Bölge	Ortalama Yağış (mm)	Normaline Göre Değişim
Karadeniz	742	%4 artış
Doğu Anadolu	689	%28 artış
Güneydoğu Anadolu	620.8	%16 artış
Akdeniz	567.1	%7 azalma
İç Anadolu	394.3	%2 azalma
Marmara	Veriler mevcut değil	%66 azalma (yaz dönemi)
Ege	504.3	%17 azalma

Marmara Bölgesi'nde yaz yağışları 2023'e göre %66 azalmış ve son 21 yılın en düşük seviyesine inmiştir. (Anonim, 2025).



Şekil 1. Kuraklığın topraktaki yansıması (Anonim, 2025-c)

Türkiye’de kültür bitkilerinin fenolojik gelişim dönemleri boyunca gerçekleşen yağış rejimi, hem temporal hem de spazyal açıdan yüksek değişkenlik göstermekte olup, evapotranspirasyon talebini karşılamada yetersiz kalmaktadır. Bu durum, yalnızca Doğu Karadeniz kıyı şeridi dışında kalan tarımsal üretim alanlarında tamamlayıcı sulama uygulamalarını zorunlu kılmaktadır (Temuçin, 1990).

2025 yılı Mart ayında yağışlar; İzmir, Aydın, Muğla, Denizli, Manisa, Uşak, Burdur, Eskişehir, Ankara, Kırıkkale, Çankırı, Çorum, Adana, Hatay, Kilis çevreleri ile Antalya’nın doğu kesimlerinde normallerine göre %80’den fazla azalma, Erzincan ile Erzurum’un kuzey kesimlerinde %40’ın üzerinde artma göstermiştir. Bölge genelinde tüm bölgeler normalleri ve geçen yıl yağışlarının altında yağış almış, normaline göre en fazla azalma %79 ile Ege Bölgesi’nde gerçekleşmiştir. Ege Bölgesi’nde 65, Marmara Bölgesi’nde 39, İç Anadolu Bölgesi’nde 35, Karadeniz Bölgesi’nde son 32 yılın en düşük yağışı kaydedilmiştir. İl geneli yağışlarda en az yağış 5.1 mm ile Ankara’da, normaline göre en fazla azalma %91 ile Manisa’da meydana gelirken; en fazla yağış 89.2 mm ile Tunceli’de, normaline göre en fazla artış %35 ile Erzincan’da gerçekleşmiştir. Aksaray, Ankara, Çankırı, Denizli, Hatay, İzmir, Kırıkkale, Manisa 65, Van 63, Kırşehir 53, Balıkesir 42, Bolu, Çorum, Eskişehir, İstanbul, Karabük, Karaman, Kastamonu, Konya, Kütahya 39, Bartın, Kocaeli, Sakarya 36, Amasya ve Tokat’ta son 35 yılın en düşük Mart ayı yağışı kaydedilmiştir (Anonim, 2025-b).

Yıllık yağış miktarındaki böylesi azalma göz önüne alındığında havzadaki su kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımını sağlamak amacıyla; kapalı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar yürütülmekte, hektar bazlı su tahsisini esas alan kota sistemi oluşturulmakta ve bu tahsisin usul ve esasları belirlenmektedir (Türkeş ve ark., 2007). Ayrıca, ruhsatlı kuyularda yeraltı suyu kullanımının kısıtlanması, kaçak kuyuların kapatılması ve arazi toplulaştırması yoluyla dağınık, küçük ve parçalı tarım arazilerinin modern tarım işletmeciliği ilkelerine göre yeniden düzenlenmesi yönünde uygulamalar geliştirilmektedir. Bu bütüncül yaklaşımla, hem tarımsal üretimde kaynak verimliliğinin artırılması hem de kırsal yaşam kalitesinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir.

Bu çerçevede; su talebini azaltmak, su arzını öncelikle yerel kaynaklardan karşılamak, atık suyun geri kazanımını teşvik etmek ve havzalar arası su transferini ancak son çare olarak değerlendirmek temel prensipler arasında yer almaktadır.

ÖNERİLER

İklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkileri, hem üretim kapasitesi hem de kırsal kalkınma açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu nedenle, tarım sektörü iklim değişikliğine karşı sürekli bir hazırlık ve

adaptasyon içinde olmalıdır. Aşağıda bu çerçevede geliştirilmesi gereken temel stratejiler ve politika önerileri sıralanmıştır:

1. Yapısal ve Kurumsal Dönüşüm Önerileri

- Tarımda iklim değişikliğine uyuma yönelik ulusal bir “seferberlik” politikası benimsenmelidir.
- İklim değişikliğiyle mücadeleyi finanse etmek üzere, acilen bir “Uyum Fonu” oluşturulmalı ve fonun yönetimi şeffaf ve sonuç odaklı olmalıdır.
- Tarımda İklim Değişikliği Araştırma ve Uygulama Enstitüsü kurulmalı; veri tabanlı karar alma süreçlerine öncülük edecek araştırmalar teşvik edilmelidir.

2. Sosyal Politikalar ve Çiftçi Destekleri

- İklim değişikliğinden en fazla etkilenecek kesim olan düşük gelirli çiftçilere özel destek mekanizmaları hayata geçirilmelidir.
- Çiftçilere yönelik iklim bazlı dinamik tarımsal sigorta sistemleri geliştirilerek, zirai don, kuraklık, sel ve dolu gibi ekstrem hava olaylarına karşı risk yönetimi sağlanmalıdır.
- Üretim risklerinin öngörülmesi ve bu risklere karşı devlet destekli koruma sistemlerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

3. Tarımda Uygulama Esaslı Çözümler

- Doğrudan ekim, yağmur suyu hasadı gibi doğal kaynak kullanımını optimize eden uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır.
- Organik tarım ve doğa dostu üretim sistemleri, toplam tarım alanlarının en az %10’unda uygulanacak şekilde desteklenmelidir.
- Basınçlı sulama sistemlerine (örn. damla, yağmurlama) geçiş %100 oranına çıkarılarak su verimliliği artırılmalıdır.
- Arazi toplulaştırması, ihtiyaç duyulan bölgelerde yaygınlaştırılmalı; böylece küçük ve parçalı tarım alanlarının modern tarım işletmeciliği ilkeleri doğrultusunda yeniden yapılandırılması sağlanmalıdır.

4. Eğitim ve Bilinçlendirme Faaliyetleri

- Türkiye genelinde çiftçiler, çocuklar ve gençler, iklim değişikliğinin gözlemlenen ve öngörülen etkilerine ilişkin kapsamlı eğitim programlarına dahil edilmelidir.
- Tarım okulları, tarım danışmanlık merkezleri ve yerel yönetimler arasında iş birliğiyle bölgesel farkındalık kampanyaları düzenlenmelidir.

5. Sürdürülebilir Arazi ve Su Yönetimi

- Arazi yapısının ve topografyanın korunması amacıyla sürdürülebilir toprak yönetimi ilkeleri esas alınmalıdır.
- İklim dostu tarım uygulamaları, biyolojik çeşitliliğin korunması, ve orman-tarım arazi bütünlüğünün sağlanması gibi ekosistem temelli stratejiler yaygınlaştırılmalıdır.

- Düşük karbon salınımlı teknolojilerin tarımsal üretime entegrasyonu teşvik edilmeli; bu kapsamda mekanizasyon ve enerji verimliliği politikaları geliştirilmelidir.
6. Uzun Vadeli Strateji ve Proje Yönetimi
- Ulusal ve bölgesel ölçekte mevcut projelerin etkin biçimde izlenmesi ve değerlendirilmesi sağlanmalı,
 - İklim değişikliğine uyum odaklı, yenilikçi ve gerçekçi projeler tasarlanarak hayata geçirilmelidir (Kurukulasuriya ve Shane 2003).

Sonuç olarak iklim değişikliğinin özellikle Akdeniz Havzası'nda yer alan Türkiye için ciddi bir tehdit oluşturduğu göz önünde bulundurulduğunda, tarım sektörünün bu dönüşüm süreci dışında kalması düşünülemez. Hem sera gazı emisyonlarının azaltılması hem de adaptasyon kapasitesinin artırılması yönünde atılacak adımlar, tarımsal üretim ve gıda güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Tarım sektörü; iklim değişikliğine dirençli, düşük karbon ayak izine sahip ve ekosistemle uyumlu bir üretim yapısına kavuşturulmalıdır.

SONUÇ

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek için çeşitli uyum stratejileri geliştirilmektedir. Bu stratejiler arasında kuraklığa dayanıklı tohumların kullanımı, modern sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması, toprak yönetimi uygulamalarının iyileştirilmesi ve erken uyarı sistemlerinin kurulması yer almaktadır. Ayrıca tarımsal üretim deseninin iklim koşullarına göre yeniden şekillendirilmesi ve çiftçilere iklim okuryazarlığı eğitimi verilmesi de önemlidir.

İklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkileri uzun vadede gıda güvenliği ve kırsal kalkınma açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi ve iklim değişikliğine karşı ulusal ve uluslararası düzeyde etkili politikaların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi sırasında meydana gelen doğal afetlere karşı sigortalanması ile tarım sektörün kırılganlığının ortadan kaldırılması yanında işletmelerin gelir kaybının azaltılması faydalı olacaktır.

Çiftçinin gelir seviyesini korunması sağlanarak sektörden uzaklaşmasına neden olabilecek olumsuzlukları ortadan kaldıracabilecek sigorta, iklim değişikliğinin etkileri bu sayede korunup, bir tedbir olarak görülebilir.

REFERANSLAR

Anonim, (2025). T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye Yağış Raporu*.
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler->

[istatistik.aspx?k=parametrelerinTurkiyeAnalizi](#) 18 Haziran 2025 tarihinde alınmıştır.

Anonim, (2025-b). TMO, *Hububat ve Bakliyatı Yağış, Ekiliş ve Gelişim Analizi Fenolojik Değerlendirme Raporu (Mart 2025 Değerlendirmesi)* <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/fendeg/fendegerlendirme.pdf> 12 Mayıs 2025 tarihinde alınmıştır.

Anonim, (2025-c). Yeşil Gazete. “Türkiye son 23 yılın en kurak haziran ayını yaşadı”. <https://yesilgazete.org/turkiye-son-23-yilin-en-kurak-haziran-ayini-yasadi/> 9 Haziran 2025 tarihinde alınmıştır.

Doğan, S. ve Tüzer M. (2011), “Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri”, C.Ü. *İktisadi ve idari Bilimler Dergisi*, Cilt 12, S.1, ss: 25.

Kurukulasuriya P. and Shane R. (2003), Climate Change and Agriculture A Review of Impacts and Adaptations, The World Bank Environment Department June.

Temuçin, E. (1990). Aylık değişme oranlarına göre Türkiye’de yağış rejimi tipleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 5(1), 160-183.

Türkeş, M., Koç, T., & Sarış, F. (2007). Türkiye’nin yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki değişikliklerin ve eğilimlerin zamansal ve alansal çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 57-73.

En Küçük Kareler Yönteminin Rlw Denklemine Uygulanması

Ömer YAZAR¹

Bülent SAKA²

- 1- Doktora öğrencisi; Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü. omeryazar33@hotmail.com.tr ORCID No: 0000-0001-5030-13448
- 2- Prof. Dr.; Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü.bsaka@ogu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-4714-4189

ÖZET

Dalga teorisi, fiziksel doğa olaylarının altında yatan prensipleri inceleyen teoridir. Fiziksel olaylar bilim insanlarının algısı sayesinde gözlemlenip zamanın sürekliliği ve anlık değişimlerden dolayı diferansiyel denklemler kullanılarak modellenmektedir. Modellenen denklemler, çeşitli doğa ve mühendislik sistemlerinin anlaşılmasında temel teşkil eder. Bu bağlamda, RLW denklemi, doğrusal olmayan ve dispersif dalga hareketlerini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan bir modeldir. RLW denklemi, su dalgaları, optik fiberler ve plazma fiziği gibi farklı alanlarda uygulanabilirliği ile dikkat çeker. RLW(Regularezed Long Wave) denkleminin çözümleri, başlangıç koşullarına, sınır koşullarına ve sistemin doğasına göre büyük bir çeşitlilik gösterebilir. Bu çözümleri bulmak için genellikle analitik yöntemler kullanılır. Ancak, bu denklemin analitik çözümleri genellikle karmaşık ve elde edilmesi zor olduğundan, sayısal yöntemler büyük önem taşır. Bu amaçla pek çok yöntem geliştirilmiş olup, son zamanlarda en çok kullanılan yöntemlerin başında sonlu elemanlar yöntemi göze çarpmaktadır. Yöntem uygulanmasına göre isimlendirilmektedir. Başlıca sonlu elemanlar yöntemi Galerkin, Petrov Galerkin, Kolakasyon, Subdomain ve En küçük kareler'dir.

Bu çalışmada, RLW denkleminin çözümü için en küçük kareler yöntemi kullanılarak sayısal bir yaklaşım sunulmaktadır. En küçük kareler yöntemi, sayısal analizde yaygın olarak kullanılan ve bir fonksiyonun en iyi yaklaşımını bulmak için kullanılan güçlü bir tekniktir. Denklem zaman ve konum ayrışımı yapılarak çözülmektedir. Konum parçalanmasında kübik trigonometrik B-spline fonksiyonlar kullanılmıştır. Zaman parçalanması için Adams Moulton-Bashforth çok adımlı zaman parçalanması uygulanmış ve iyi sonuçlar verip vermediği incelenmiştir. Yöntemin doğruluğunu değerlendirmek için test problemi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar çizelgeler ve şekiller yardımıyla yorumlanmıştır.

Çalışmamız, RLW denkleminin en küçük kareler yöntemiyle çözümünde kübik trigonometrik B-spline fonksiyonlar ile çok adımlı zaman parçalanmasının kullanımını, bu yöntemin etkinliğini ve doğruluğunu değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler –RLW denklemi(Regularezed long wave);Adams Moulton-Bashforth yöntemi ; En küçük kareler yöntemi; kübik trigonometric B-spline fonksiyonu

GİRİŞ

Bu çalışmada, RLW denkleminin çözümü için en küçük kareler yöntemi kullanılarak sayısal bir yaklaşım sunulmaktadır. En küçük kareler yöntemi, sayısal analizde yaygın olarak kullanılan ve bir fonksiyonun en iyi

yaklaşımını bulmak için kullanılan güçlü bir tekniktir. Denkleme yöntem uygulanırken konum parçalanmasında kübik trigonometrik B-spline fonksiyonlar kullanılmıştır. B-spline fonksiyonlar spline fonksiyonlar için bir taban oluşturur (De Boor,1978). Zaman parçalanması için Adams Moulton-Bashforth çok adımlı zaman parçalanması uygulanmış ve iyi sonuçlar verip vermediği incelenmiştir. Yöntemin doğruluğunu değerlendirmek için ardışık dalga oluşum test problemi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar çizelgeler ve şekiller yardımıyla yorumlanmıştır. Çalışmamız, RLW denkleminin en küçük kareler yöntemiyle çözümünde kübik trigonometrik B-spline fonksiyonlar ile çok adımlı zaman parçalanmasının kullanımını, bu yöntemin etkinliğini ve doğruluğunu değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

REGULAREZED LONG WAVE (RLW) DENKLEMİ, BAŞLANGIÇ VE SINIR ŞARTLARI

Lineer olmayan oluşum denklemlerinin en önemli örneklerinden biri olan RLW modeli birçok fiziksel olayın çözülmesinde başlangıç sayılmaktadır. Peregrine, soliton dalgaların yayılımını modellemek için ilk defa 1966 yılında RLW denklemini aşağıdaki gibi önermiştir (Peregrine,1966):

$$u_t + u_x + \varepsilon uu_x - \mu u_{xxt} = 0, a \leq x \leq b, t \geq 0 \quad (1)$$

Denklemin sınır koşulları

$$\begin{aligned} u(a, t) &= \alpha_1, u(b, t) = \alpha_2 \\ u_x(a, t) &= u_x(b, t) = 0 \\ u_{xx}(a, t) &= u_{xx}(b, t) = 0 \end{aligned}$$

Şeklinde ve başlangıç koşulu da

$$u(x, 0) = f(x), a \leq x \leq b$$

şeklinde tanımlanabilir. Burada ε ve μ sabitleri, x ve t ise türev indislerini göstermektedir. Peter Olver, 1979 yılında yayınladığı bir makalesinde RLW

denkleminin sırasıyla kütle, momentum ve enerjiye karşılık gelen aşağıdaki üç korunum kuralına sahip olduğunu göstermiştir (Olver, 1979):

$$C_1 = \int_a^b u dx \cong \Delta x \sum_{m=0}^N U_m, \quad (2)$$

$$C_2 = \int_a^b [u^2 + \mu(u_x)^2] dx \cong \Delta x \sum_{m=0}^N [U_m^2 + \mu(U_x)_m^2],$$

$$C_3 = \int_a^b (u^3 + 3u^2) dx \cong \Delta x \sum_{m=0}^N (U_m^3 + 3U_m^2),$$

Bu korunum kurallarına sahip nümerik çözümler araştırıldığında, ortalama ve maksimum hata normu;

$$L_2 = \sqrt{h \sum_{j=0}^N |u_j - U_j|^2} \quad (3)$$

$$L_\infty = |u_{\text{tam}} - U_{\text{yaklaşık}}|_\infty = \max_j |u_j - U_j|$$

ile elde edeceğimiz sonuçların doğruluğu test problemleri yardımıyla hesaplanacaktır.

KÜBİK TRİGONOMETRİK B-SPLİNE FONKSİYONLAR

Literatürde (Irk vd., 2017; Hepson vd., 2023; Saka vd., 2023; Saka vd., 2024) RLW denkleminin sayısal çözümünü bulmak için B-spline fonksiyonları kullanmışlardır.

$$a = x_0 < x_1 < \dots < x_{N-1} < x_N = b$$

$$h = \frac{b-a}{2}, k=1,2,3,\dots$$

şeklinde olsun. $k=3$ için

$$S_3 = \frac{1}{\sin(\frac{h}{2}) \sin(h) \sin(\frac{3h}{2})}$$

$$B_i^3(x)$$

$$= S_3 \left\{ \begin{array}{ll} \sin^3\left(\frac{x-x_{m-2}}{2}\right) & , t_{m-2} \leq x < t_{m-1} \\ \left(\begin{array}{l} -\sin^2\left(\frac{x-x_{m-2}}{2}\right) \sin\left(\frac{x-x_m}{2}\right) \\ -\sin^2\left(\frac{x-x_{m-2}}{2}\right) \sin\left(\frac{x-x_{m+1}}{2}\right) \sin\left(\frac{x-x_{m-1}}{2}\right) \\ -\sin^2\left(\frac{x-x_{m-1}}{2}\right) \sin\left(\frac{x-x_{m+2}}{2}\right) \end{array} \right) & , t_{m-1} \leq x < t_m \\ \left(\begin{array}{l} \sin^2\left(\frac{x-x_{m+1}}{2}\right) \sin\left(\frac{x-x_{m-2}}{2}\right) \\ +\left(\frac{x-x_{m+2}}{2}\right) \sin\left(\frac{x-x_{m+1}}{2}\right) \sin\left(\frac{x-x_{m-1}}{2}\right) \\ +\sin^2\left(\frac{x-x_{m+2}}{2}\right) \sin\left(\frac{x-x_m}{2}\right) \end{array} \right) & , t_m \leq x < t_{m+1} \\ \sin^3\left(\frac{x-x_{m+2}}{2}\right) & , t_{m+1} \leq x < t_{m+2} \\ 0 & , \text{diğer durumlarda} \end{array} \right. \quad (4)$$

olarak ifade edilir. $[t_{m-2}, t_{m+2}]$ aralığında her bir $C_m^3(t)$ kübik trigonometrik B-spline fonksiyonu ardışık dört elemanı örtmektedir. Dolayısıyla her $[t_m, t_{m+1}]$ sonlu elemanı $B_{m-1}^3, B_m^3, B_{m+1}^3$ ve B_{m+2}^3 olarak dört kübik trigonometrik B-spline tarafından örtülmektedir. Kübik trigonometrik B-spline fonksiyonlarının ilk iki türevleri de $[t_{m-2}, t_{m+2}]$ aralığının dışında sıfırdır. Ayrıca $i = m-1, m, m+1$ olmak üzere,

$$\begin{aligned} u(x, t) &\approx U(t) = \sum_{i=m-1}^{m+2} B_i^3(x) \delta_i(t) \\ &= B_{m-1}^3(x) \delta_{m-1} + B_m^3(x) \delta_m + B_{m+1}^3(x) \delta_{m+1} + B_{m+2}^3(x) \delta_{m+2} \end{aligned} \quad (5)$$

bulunan $B_m^3(x)$ trigonometrik B-spline fonksiyonu yardımıyla $x = x_m$ noktasında $u(x_m, t)$ ' e ve x 'e göre birinci ve ikinci türevine yaklaşımlar

$$\begin{aligned} U(x_m, t) &= U_m = \sum_{i=m-1}^{m+2} B_i^3(x_m) \delta_i(t) \\ \frac{dU(x_m, t)}{dt} &= U'_m = \sum_{i=m-1}^{m+2} \frac{dB_i^3(x_m)}{dt} \delta_i(t) \\ \frac{d^2U(x_m, t)}{dx^2} &= U''_m = \sum_{i=m-1}^{m+2} \frac{d^2B_i^3(x_m)}{dt^2} \delta_i(t) \end{aligned}$$

şeklinde olup,

$$a_1 = \sin^2\left(\frac{h}{2}\right) \csc(h) \csc\left(\frac{3h}{2}\right), a_2 = \frac{2}{(1 + 2 \cos h)}$$

$$b = \frac{3 \csc\left(\frac{3h}{2}\right)}{4}$$

$$c_1 = \frac{3(\cos^2\frac{h}{2}-1)}{4 \sin h \sin\frac{3h}{2}}, c_2 = \frac{3(\cot^2\frac{h}{2})}{2+4 \cos h}$$

olarak yazılabilir. Hesaplamalar yapılırsa

$$\begin{aligned} U_m &= a_1 \delta_{m-1} + a_2 \delta_m + a_1 \delta_m \\ U'_m &= -b \delta_{m-1} + b \delta_{m+1} \\ U''_m &= c_1 \delta_{m-1} - c_2 \delta_m + c_1 \delta_{m+1} \end{aligned} \quad (6)$$

eşitlikleri bulunur.

EN KÜÇÜK KARELER YÖNTEMİNİN RLW DENKLEMİNE UYGULANMASI

Kübik trigonometric B-spline fonksiyonları $[x_m, x_{m+1}]$ aralığı $\xi h = x - x_m$ dönüşümü yardımı ile $[0,1]$ aralığına dönüştürülebilir. Bu durumda trigonometric B-spline şekil fonksiyonları

$$\begin{aligned} 0 \leq \xi \leq 1, \xi h = x - x_m, dx &= d\xi \\ B_{m-1}^3(\xi) &= S_3 \sin^3\left(\frac{h-h\xi}{2}\right) \\ B_m^3(\xi) &= S_3 \left(\begin{aligned} &\sin^2\left(\frac{h-h\xi}{2}\right) \sin\left(\frac{2h-h\xi}{2}\right) \\ &+ \sin\left(\frac{2h-h\xi}{2}\right) \sin\left(\frac{h+h\xi}{2}\right) \sin\left(\frac{h-h\xi}{2}\right) \\ &+ \sin^2\left(\frac{2h-\xi}{2}\right) \sin\left(\frac{\xi}{2}\right) \end{aligned} \right) \\ B_{m+1}^3(\xi) &= S_3 \left(\begin{aligned} &\sin^2\left(\frac{h+h\xi}{2}\right) \sin\left(\frac{h-h\xi}{2}\right) \\ &+ \sin\left(\frac{2h-h\xi}{2}\right) \sin\left(\frac{h+h\xi}{2}\right) \sin\left(\frac{h\xi}{2}\right) \\ &+ \sin^2\left(\frac{\xi}{2}\right) \sin\left(\frac{3h-\xi}{2}\right) \end{aligned} \right) \\ B_{m+2}^3(\xi) &= S_3 \sin^3\left(\frac{h\xi}{2}\right) \end{aligned} \quad (7)$$

şeklinde olur. $\delta_j^n(t)$ zaman fonksiyonu olmak üzere $\Delta t = t^n - t^{n-1}$ zaman adımı için zaman aralığı $t = [0, T]$ sınırlarında tanımlanmaktadır. 4 adımlı

zaman parçalanmasını aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

$$u_*^{n+1} = a_1 u^n + a_2 u_t^n + a_3 u_t^{n-1} + a_4 u_t^{n-2} + a_5 u_t^{n-3}$$

$$a_1 = 1, a_2 = \frac{55k}{24}, a_3 = -\frac{59k}{24}, a_4 = \frac{37k}{24}, a_5 = -\frac{9k}{24}, a_6 = 0 \quad (8)$$

Dört adımlı Adams-Bashforth açık yöntemi olarak gösterilen ayrışımda elde ettiğimiz fonksiyonu

$$u^{n+1} = a_1 u^n + a_2 u_t^n + a_3 u_t^{n-1} + a_4 u_t^{n-2} + a_5 u_t^{n-3} + 6u_t^{n+1} \quad (9)$$

$$a_1 = 1, a_2 = \frac{19k}{24}, a_3 = -\frac{5k}{24}, a_4 = \frac{k}{24}, a_5 = 0, a_6 = -\frac{9k}{24}$$

beş adımlı Adams-Moulton kapalı yöntemi olarak gösterilen ayrışım fonksiyonunda yerine yazarak elde edilir.

$$u_t + u_x + \varepsilon u u_x - \mu u_{xxt} = 0, a \leq x \leq b, t \geq 0$$

RLW denklemi

$$v_t = (u - \mu u_{xx})_t = -(u_x + \varepsilon u u_x)$$

denklem olarak düzenlenip u_*^{n+1} değeri u^m yerine yazılarak

$$U^{n+1} - \frac{\mu}{h^2} u_{\xi\xi}^{n+1} - a_1 U^n + \frac{a_1 \mu}{h^2} U_{\xi\xi}^n + \frac{a_2}{h} U_{\xi}^n + \varepsilon \frac{a_2}{h} U_{\xi}^n U^n \quad (10)$$

$$+ \frac{a_3}{h} U_{\xi}^{n-1} + \varepsilon \frac{a_3}{h} U_{\xi}^{n-1} U^{n-1} + \frac{a_4}{h} U_{\xi}^{n-2} + \varepsilon \frac{a_4}{h} U_{\xi}^{n-2} U^{n-2}$$

$$+ \frac{a_5}{h} U_{\xi}^{n-3} + \varepsilon \frac{a_5}{h} U_{\xi}^{n-3} U^{n-3} + \frac{a_4}{h} U_{\xi}^{n-2} + \varepsilon \frac{a_6}{h} U_{\xi}^m U^m = 0$$

$$s_1 = \frac{\mu}{h^2}, a_2 = a_1 s_1, s_3 = \frac{a_2}{h}, s_4 = \frac{a_3}{h}, a_5 = \frac{a_4}{h}, a_6 = \frac{a_5}{h}, a_7 = \frac{a_6}{h}$$

elde edilebilir. Denklem düzenlenerek değerler yerine yazılıp en küçük kareler methodu uygulandığı takdirde

$$u(\xi, t) \approx U(\xi, t) = \sum_{m=-1}^{N+1} B_i^3(\xi) \delta_i(t)$$

yerine yazılarak u_*^{n+1} hesaplanabilir.

$$\begin{aligned}
\sum_{j=m-1}^{m+2} \left[\int_0^1 (B_j \delta_j^{n+1} - s_1 B_j'' \delta_j^{n+1} - a_1 B_j \delta_j^n + s_2 B_j'' \delta_j^n + s_3 B_j' \delta_j^n \right. \\
+ \varepsilon s_3 B_j' B_k \delta_k^n \delta_j^n + s_3 B_j' \delta_j^{n-1} + \varepsilon s_4 B_j' B_k \delta_k^{n-1} \delta_j^{n-1} \\
+ s_5 B_j' \delta_j^{n-2} + \varepsilon s_5 B_j' B_k \delta_k^{n-2} \delta_j^{n-2} + s_6 B_j' \delta_j^{n-3} \\
\left. + \varepsilon s_6 B_j' B_k \delta_k^{n-3} \delta_j^{n-3} \right) (B_i - s_1 B_i'') d\xi \Big] d\xi = 0
\end{aligned}$$

elde edilir. Elde edilen denklem matris formunda ifade edilirse

$$\begin{aligned}
& (A^e - s_1 C^e - s_1 (C^e)^T + s_1^2 E^e) \delta^{n-1} \\
& = (a_1 A^e - s_2 C^e - s_3 B^e - \varepsilon s_3 D_1 - s_1 a_1 (C^e)^T \\
& + s_1 s_2 E^e + s_1 s_3 F^e + \varepsilon s_1 s_3 G_1) \delta^n + (-s_4 B^e \\
& - \varepsilon s_4 D_2 + s_1 s_4 F^e + \varepsilon s_1 s_4 G_2) \delta^{n-1} + (-s_5 B^e \\
& - \varepsilon s_5 D_3 + s_1 s_5 F^e + \varepsilon s_1 s_5 G_3) \delta^{n-2} + (-s_6 B^e \\
& - \varepsilon s_6 D_4 + s_1 s_6 F^e + \varepsilon s_1 s_6 G_4) \delta^{n-3}
\end{aligned}$$

şeklinde bulunur. Burada $(.)^T$ matrisin transpozunu göstermektedir ve $m = 0, 1, \dots, N-1$ olmak üzere

$$\delta^e = [\delta_{m-1}^e, \delta_m^e, \delta_{m+1}^e, \delta_{m+1}^e]^T$$

bir eleman üzerindeki parametrelerdir. Elde edilen matris formundaki denklemde bulunan elemanlar ise

$$\begin{aligned}
& i, j = m-1, m, m+1, m+2 \\
& A_{i,j}^e = \int_0^1 B_i B_j'' d\xi; B_{i,j}^e = \int_0^1 B_i B_j' d\xi; C_{i,j}^e = \int_0^1 B_i B_j'' d\xi \\
& C_{i,j}^e = \int_0^1 B_j B_i'' d\xi; E_{i,j}^e = \int_0^1 B_i'' B_j'' d\xi; F_{i,j}^e = \int_0^1 B_i'' B_j' d\xi \\
& D_1^e = D_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^n; G_1^e = G_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i'' B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^n \\
& D_2^e = D_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^{n-1}; G_2^e = G_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i'' B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^{n-1} \\
& D_3^e = D_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^{n-2}; G_3^e = G_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i'' B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^{n-2}
\end{aligned}$$

$$D_4^e = D_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^{n-3}; G_4^e = G_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i'' B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^{n-3}$$

$$D_5^e = D_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^m; G_5^e = G_{i,j}^e = \left(\int_0^1 B_i'' B_j' B_k d\xi \right) \delta_k^m$$

olarak alınabilir. Bir eleman üzerindeki $A_{i,j}^e$ matrisi

$$A_{i,j}^e = \int_0^1 B_i B_j d\xi$$

$$= \begin{bmatrix} \int_0^1 B_{m-1} B_{m-1} d\xi & \cdots & \int_0^1 B_{m-1} B_{m+2} d\xi \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \int_0^1 B_{m+2} B_{m-1} d\xi & \cdots & \int_0^1 B_{m+2} B_{m+2} d\xi \end{bmatrix}$$

başlangıç şartlarından gelen iki denklem elimine edilerek (N+1)x(N+1) boyutlu matris denklem sistemine dönüştürülmüştür.

Test Problemi

Bu bölümde RLW denkleminin parametrelerin seçimlerine göre yöntemin güvenilirliğini görebilmek için denklemin yaklaşık çözümleri elde edilecek ve sonuçlar tartışılacaktır. Elde edilen sonuçları kıyaslayabilmek için

$$L_2 = \sqrt{h \sum_{j=0}^N |u_j - U_j|^2}$$

$$L_\infty = |u_{\text{tam}} - U_{\text{yaklaşık}}|_\infty = \max_j |u_j - U_j|$$

hata normları kullanılacaktır.

Soliter Dalga Çözümü

RLW denkleminin soliter dalga çözümü için başlangıç koşulu olarak

$$u(x, 0) = 3c \operatorname{sech}^2[k(x - X_0)]$$

kullanılmıştır. RLW denkleminin soliter dalga analitik çözümü

$$u(x, t) = 3c \operatorname{sech}^2[k(x - X_0 - vt)]$$

ile verilir (Peregrine, 1966). Bu çözüm $v = 1 + \varepsilon c$ hızıyla sağa doğru ilerleyen $3c$ genlikli bir dalgayı göstermektedir. Mevcut çalışmalarla aynı sonuçları elde edebilmek için hesaplamalar $-80 \leq x \leq 120$ ve $0 \leq t \leq 20$ aralığı içerisinde $\varepsilon = \mu = 1, X_0 = 0, k = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{c}{1+c}}$ parametre değerleri ile yapılmıştır. Parametrelerle birlikte $3c=0.09$ genlikli soliter dalga çözümü için korunum sabitlerinin yaklaşık değerleri

$$C_1 \cong \frac{6c}{k} = 2.109405$$

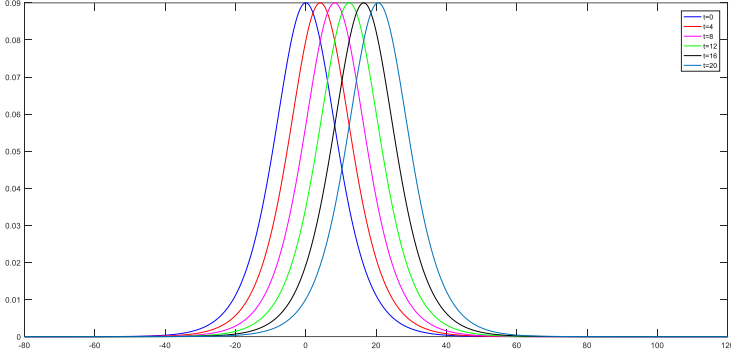
$$C_2 \cong \frac{12c^2}{k} + \frac{48\mu kc^2}{5} = 0.127302$$

$$C_3 \cong \frac{36c^2}{k} + \frac{144c^3}{5k} = 0.388806$$

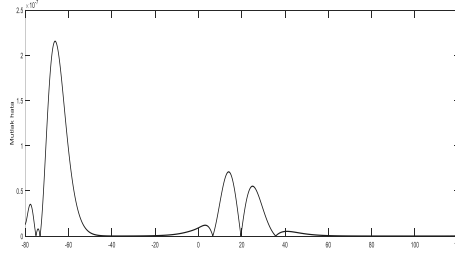
olarak hesaplanabilir. 0.09 genlikli soliter dalga çözümü için program $t=20$ zamanına kadar çalıştırılmış, elde edilen verilerle L_2 ve L_∞ hata normları bulunarak **Tablo 1.**'de gösterilmiştir. Korunum sabitlerinin bulunan sayısal değerlerinin analitik değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür. Çizelgede L_∞ değerlerinin L_2 değerlerinden küçük olduğu görülmektedir. **Şekil 1.**'de $t=0,4,8,12,16,20$ zamanlarında $3c=0.09$, $-80 \leq x \leq 120$, $h=0.1$ $\Delta t=0.1$ değerlerinde farklı zamanlarda ardışık dalga oluşumu grafiği çizilmiştir.

Tablo 1: Soliter dalga çözümü için hata normları

zaman	$L_2 \times 10^3$	$L_\infty \times 10^3$
0	0	0
4	0.000498	0.000250
8	0.000597	0.000240
12	0.000622	0.000231
16	0.000626	0.000223
20	0.000628	0.000215

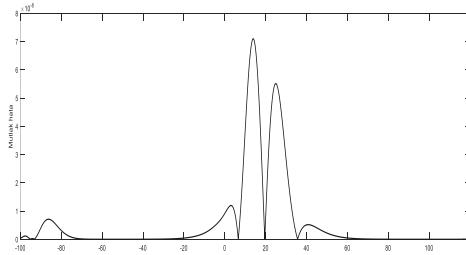


Şekil 1: Genlik =0.09, $-80 \leq x \leq 120$ konum aralığında soliter dalga çözümün grafiği



Şekil 2: Genlik =0.09, $-80 \leq x \leq 120$, $h=0.1$, $\Delta t=0.1$ mutlak hata

Verilen değerlerde mutlak hata grafiği çizdirilmiş ve Şekil 2.'de gösterilmiştir. Grafikte mutlak hatanın sol tarafta yüksek çıktığı görülmektedir. Beklenen durum mutlak hatanın ortalarda yüksek çıkmasıdır. Bu durumun sınır değerlerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığını öğrenmek için aralık $-100 \leq x \leq 120$ aralığına genişletilerek program tekrar çalıştırılmış ve hata grafiği Şekil 3.'teki gibi oluşmuştur. Şekil 3.'te mutlak hata ortalarda yüksek çıktığı görülmektedir.



Şekil 3: Genlik =0.09, $-100 \leq x \leq 120$, $h=0.1$, $\Delta t=0.1$ mutlak hata

SONUÇ

Bu çalışmada lineer olmayan dalga denklemi modeli olan RLW denkleminin sayısal çözümlerini araştırmak için kübik trigonometrik B-spline fonksiyonlar yardımı ile çok adımlı zaman parçalanması uygulanmıştır. Çok adımlı zaman parçalanmasının diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

RLW denklemine konum adımı için kübik trigonometrik B-spline; zaman adımı olarak Adams-Moulton-Bashforth çok adımlı zaman parçalanması uygulanmıştır.

Sonuç olarak, çok adımlı trigonometrik B-spline en küçük kareler yöntemi RLW denklemi için başarı ile uygulanmıştır. Konum adımı genişletildiğinde mutlak hatanın aralığımızın ortalarında yüksek çıktığı görülmüştür. Bu çalışma farklı dereceden ve türden B-spline fonksiyonlar ile çalışılabilir. Zaman parçalanmasında adım sayısı artırılarak yöntem kullanılabilir. Bu yöntem farklı oluşum denklemlerine farklı sonlu elemanlar yöntemleri uygulanarak sayısal çözümler araştırılabilir.

REFERANSLAR

- De Boor, C. , (1978) , A practical guide to splines Springer-Verlag. New York, 19782,p.392.
- Hepson, O. E., Dag, I., Saka, B., & Ay, B. , (2023) , Solitary waves of the RLW equation via least squares method. International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation, 24(2), 555-566.
- Irk, D., & Keskin, P. , (2017) , Quadratic trigonometric B-spline Galerkin methods for the regularized long wave equation. J. Appl. Anal. Comput, 7(2), 617-631.
- Olver, P. J. O. , (1979) , Euler operators and conservation laws of the BBM equation. In Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society85, p. 143-160.
- Peregrine, D. H. , (1966) , Calculations of the development of an undular bore. Journal of fluid mechanics, 25(2), 321-330.
- Russel, J.S., (1844) , Report on waves, Report of the 14th Meeting of the British Association for the Advancement of Science (John Murray, London), p.311-390.
- Saka, B., Dağ, İ., & Hepson, O. E. , (2023) , Integration of the RLW equation using higher-order predictor--corrector scheme and quintic B-spline collocation method. Mathematical Sciences,17(4), 491-502.

Saka, B., Hepson, O. E., & Dağ, İ. , (2024) , Modeling of solitary waves via higher-order predictor-corrector scheme. Journal of Taibah University for Science, 18(1), 2435692.

Tüketime Sunulan Ballardaki Taklit ve Tağış Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Recep SIRALI¹

1- Dr. Öğr. Üyesi; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootečni ve Hayvan Besleme Bölümü. rsirali@nku.edu.tr ORCID No: 0000-0001-9702-6175

ÖZET

Bal, oldukça karmaşık kimyasal bileşimi nedeniyle, taklit ve tağşişe açık gıda maddelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Gerçekleştirilen hilelerin tespiti ise çoğu zaman oldukça güçtür. Bu özelliklerinden dolayı, piyasada saf ve doğal balların yanı sıra, çeşitli yöntemlerle üretilmiş taklit ve tağşişli ballar da yaygın olarak yer almaktadır. Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu'na göre taklit; ürünlerin şekil, bileşim ve nitelikleri itibarıyla yapısında bulunmayan özelliklere sahipmiş gibi ya da başka bir ürünün aynısıymış gibi gösterilmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Tağşiş ise, ürünün temel özelliğini belirleyen bileşenlerin ve besin değerlerinin tamamının ya da bir kısmının mevzuata aykırı şekilde çıkarılması, miktarının değiştirilmesi veya aynı işlevi taşımayan başka bir maddenin, o madde yerine kullanılmasıdır. Uzun yıllardır piyasaya denetimsiz olarak sürülen taklit ve tağşişli ballar, tüketiciler tarafından gerçek bal sanılarak tüketilmektedir. Mevcut taklit ve tağşiş yöntemleri arasında dünya genelinde en yaygın olanlardan biri sentetik, yapay veya suni bal olarak da adlandırılan, laboratuvar ortamında ve teknolojik imkanlar yardımıyla üretilen taklit baldır. Bal arılarının aşırı miktarda şeker şurubu veya bitkilerin salgıladığı nektarın şeker kompozisyonuna benzeyen şeker şurupları karışımlarıyla beslenmeleri sonucunda elde edilen hileli balların yanı sıra doğal ballara çeşitli orandaki katkı maddeleri ilave edilerek üretilen, nem, viskozite, aroma ve şeker içeriği gibi özellikleri bakımından bala benzeyen hileli ürünler tağşişli ballar sınıfına girmektedir. Balın bitkisel veya coğrafik kaynağının yanlış olarak bildirilmesi, yanlış etiket bilgileri, doğal ballara katkı maddelerinin ilave edilmesi, farklı bal çeşitlerinin karıştırılarak satışa sunulması, petekli ve süzme bal karışımında hile yapılması, organik, ekolojik veya doğal bal adı altında tüketicilerin aldatılması, ısıl işlem sonucu balların doğal yapısının bozulması, peteklerin tam sırlanmadan erken bal hasadı veya olumsuz depolama koşulları nedeniyle balların ekşimesi veya bozulması, balların antibiyotik ve diğer kimyasal maddelerin kalıntılarını içermesi de yönetmeliğe aykırı diğer taklit ve tağşiş uygulamalarından sayılmaktadır. Oysa Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre, bala herhangi bir gıda katkı maddenin katılmasına ve kimyasal yapısının bozulmasına neden olabilecek bir işleme tabi tutulmasına kesinlikle izin verilmemektedir. Diğer yandan taklit ve tağşişe dayalı bal üretimi, tüketici güvenliğini zedeleyerek bal tüketimini olumsuz etkilemekte; bu durum zamanla bal satın alma eğiliminde azalmaya ve tüketicilerin bala karşı daha ihtiyatlı bir tutum geliştirmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada, arıcılık ve bal sektöründe haksız rekabete neden olan ve ekonomik kazanç sağlama amacı taşıyan, taklit ve tağşiş olarak bilinen mevzuata aykırı bazı bal üretim yöntemlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler – Bal, taklit, tağşiş, yöntem, mevzuat

GİRİŞ

Bal, kendine özgü tat, kimyasal bileşim ve fiziksel özellikleri ile yüksek besin değerine sahip, doğal bir gıda maddesidir (Çil İplikçioğlu, 2013; Kumova, 2019). Besin içeriği ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle, bal dünya genelinde yoğun talep gören değerli bir ürün olarak öne çıkmaktadır (Eniştégil, 1977; Güney, 2015).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre bal; bal arılarının, bitki nektarlarını, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarını veya bu kısımlar üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarını toplayarak, bunları kendine özgü maddelerle birleştirip kimyasal olarak dönüştürdüğü, su içeriğini azalttığı ve peteklerde depolayarak olgunlaştırdığı, doğası gereği kristalleşebilen doğal bir ürün olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2020).

Bu bağlamda gerçek bal; bal arıları tarafından çeşitli nektar kaynakları kullanılarak üretilen, üretim sürecinin hiçbir aşamasında katkı maddesi veya şeker şurubu ilave edilmeyen, olgunlaştırma işlemi petek gözlerinde gerçekleştirilen, işleme ya da depolama sırasında 45 °C'nin üzerinde ısı ile işleme tabi tutulmayan, dolayısıyla tüketiciye ulaşıncaya kadar doğal bileşim özelliklerini koruyan, koyu kıvamlı ve doğal tatlı gıda olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2021; Bölükbaşı, 2010).

Balda gıda güvenliğine ilişkin belediyelere düzenleme ve denetim yetkisi sağlayan 1593 sayılı "Umumi Hıfzıssıha Yasası" 1930 yılında, Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan "Gıda Nizamnamesi" 1942 yılında, "Gıda Maddeleri Tüzüğü" 1952 yılında, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından "Arıcılık Yönetmeliği" 1990 yılında yayınlanmıştır. Türk Standartları Enstitüsü tarafından "TS 3036 Bal Standardı" 1990 yılında oluşturularak en son revizyonu 2014 yılında yapılmıştır. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği ise 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Geçmişten günümüze kadar oluşturulan tüm yasal düzenlemeler balın mevzuata uygun bir şekilde üretilmesi, nakledilmesi, depolanması, pazarlanması aşamaları ile tüketicilerin gerçek bal tüketmesi için gerekli tüm düzenlemeleri içermektedir (Sıralı ve Pehlivanoğlu, 2021). Ayrıca bir bal üretim işletmesinin uyması gereken tüm mevzuat "Bal Sektörü İçin İyi Hijyen Uygulamaları Rehberi"nde detaylarıyla verilmiştir. Her işletmenin söz konusu mevzuatta belirtilen yükümlülöklere uygun hareket etmesi gerekmektedir (Anonim, 2009).

Fizyolojik, kimyasal ve enzimatik süreçlere bağılı olarak oluşan balın, insan sağığı açısından beklenen yararı sağlayabilmesi için yüksek kalitede, güvenilir ve yürürlükte olan standartlara veya mevzuata uygun şekilde üretilmesi gerekmektedir (Eniştégil, 1977; Çil İplikçioğlu, 2013).

Ancak son yıllarda güvenilir bala erişimin giderek zorlaştığı bildirilmektedir (Anonim, 2005). Bu nedenle, piyasada doğal ve saf ballara ek olarak, farklı yöntemlerle elde edilen ve taklit ya da tağışış kapsamında değerlendirilen hileli ürönlere de sıklıkla rastlanmaktadır (Kumova, 2019).

Nitekim, 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu'nda taklit, ürünlerin şekil, bileşim ve nitelikleri açısından yapısında bulunmayan özelliklere sahipmiş gibi ya da başka bir ürünle aynıymış gibi gösterilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim, 2010a). Taklit bal üretiminde ise arının herhangi bir katkısı olmaksızın, tamamen kimyasal yollarla hazırlanmış çeşitli şeker şuruplarına polen, renklendirici ve bal aroması gibi maddeler ilave edilerek bala benzer tat, koku ve görünüm elde edilmektedir (Anonim, 2021; Bölükbaşı, 2010).

Tağış is, bir ürünün temel özelliğini belirleyen bileşenlerin veya besin değerlerinin tamamının ya da bir kısmının mevzuata aykırı olarak çıkarılması, miktarının değiştirilmesi ya da aynı değeri taşımayan başka bir maddenin, o madde yerine kullanılması şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim, 2010a).

Günümüzde bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile oldukça artış gösteren taklit ve taşışın başlıca nedeni; zahmetsiz, kolay ve daha fazla kazanç elde etme isteği olduğundan (Karkacier ve ark., 2000; Erbay, 2018), bu amacı güden çevreler tarafından balda taklit ve taşış uygulamalarına sıklıkla başvurulmaktadır. (Kumova, 2019). Bununla birlikte, taklit ve taşış kavramları tanımlanırken, tüm gıda ürünlerinin bu yöntemlerle üretildiği izlenimini vermenin yanıltıcı olduğu ve gerçeği yansıtmadığı ifade edilmektedir (Erbay, 2018).

Üretimin iklim koşullarına, nektar kaynağı bitkilerin tür ve yoğunluğuna, coğrafik özelliklere bağlı olarak değişkenlik göstermesi, gezginci arıcılık faaliyeti nedeniyle maliyetli bir ürün hâline gelmesi ve kimyasal yapısının karışık oluşu nedeniyle hileye açık bir gıda olan balda gerçekleştirilen hilelerin tespitinin de çoğu zaman güç olduğu belirtilmektedir (Çil İplikçioğlu, 2013; Güney, 2015; Kumova, 2019).

Diğer yandan balın, neredeyse arı görmüş ve arı görmemiş bal olmak üzere iki ana grupta değerlendirilecek duruma geldiği ifade edilmekte; hatta arılar tarafından üretilmiş ballarda dahi çeşitli usulsüzlüklere rastlanabilmektedir (Anonim, 2005). Bu bağlamda, balın arı kursağından geçmiş olması, tek başına gerçek veya standartlara uygun olarak nitelendirilmesi için yeterli bir ölçüt olarak görülmemektedir (Sıralı, 2016).

Ayrıca balda gerçekleştirilen hileli uygulamalar ile taklit ve taşış işlemlerinin, tüketiciler tarafından yalnızca fiziki incelemeyle ayırt edilmesi mümkün görülmemektedir (Anonim, 2005). Balların sahte olup olmadığının belirlenmesi, yalnızca gelişmiş teknik ve teknolojiye sahip laboratuvar analizleri ile mümkün olup; koku, renk, tad ve akışkanlık gibi genel duyuşal değerlendirme yöntemleri bu konuda yeterli kesinlik sağlamamaktadır (Çil İplikçioğlu, 2013; Güney, 2015). Bu nedenle baldaki taklit ve taşış konusuna ilişkin doğru ve güvenilir sonuçların mutlaka bir dizi objektif kimyasal, fiziksel ve biyolojik analiz sonuçlarına dayanması gerekmektedir (Damarlı ve Coşkun, 2015).

Ayrıca bal üretiminde karşılaşılan taklit ve tağşiş uygulamaları ile arıcılık sektöründeki yetersiz bilgi düzeyine bağlı hatalı üretim pratikleri, bal kalitesine ilişkin küresel ölçekte ciddi sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Damarlı ve Coşkun, 2015).

Balda hile amacıyla uygulanan yöntemler ve üretim sürecinde ilave edilen yabancı maddeler, ürünün insan sağlığı açısından gizli ve ciddi bir tehdit oluşturmaya yol açmaktadır (Çil İplikçioğlu, 2013).

Bu bağlamda, bal üretiminde gerçekleştirilen taklit ve tağşiş uygulamalarının bal tüketimini olumsuz yönde etkilediği; tüketicilerin bal satın alma eğiliminde azalma gözlemlendiği ve ürünün güvenilirliğine karşı temkinli bir yaklaşım sergiledikleri bildirilmektedir (Anonim, 1996; Sıralı, 2010).

Son yıllarda artan miktarda taklit ve tağşişli bal üretimi; piyasadaki balların kalitesini düşürmekte, gerçek bal üreticilerini ve arıcılık sektörünü mağdur etmekte, ülkemize ait balların uluslararası pazarlardaki itibarını olumsuz yönde etkilemekte ve dışsıtım potansiyelinin düşmesine yol açmaktadır (Wetherilt ve ark., 1994; Çarkçioğlu, 2009; Kumova, 2019; Çiftçi, 2024).

Bal konusunda yeterli düzeyde literatür olmasına karşın, ülkemizde baldaki hilelerin belirlenmesi ile ilgili kapsamlı bilimsel kaynak sayısının çok sınırlı olduğu, henüz bu konuda yeterli birikimin bulunmadığı bildirilmektedir (Tosun, 2004).

Bu çalışmada, arıcılık ve bal sektöründe haksız rekabete neden olan ve büyük ölçüde ekonomik kazanç sağlama amacı taşıyan, taklit ve tağşiş olarak bilinen mevzuata aykırı bazı bal üretim yöntemlerinin değerlendirilmesi ve konuya ilişkin literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

BALDA TAKLİT VE TAĞŞİŞ YÖNTEMLERİ

Yapılan piyasa denetimleri sonucunda, balda uygulanan taklit ve tağşiş yöntemlerinin çeşitliliği ortaya konmuş; ileri düzeyde gerçekleştirilen bazı hileli uygulamaların ise tespiti son derece güç olduğu bildirilmiştir (Sıralı, 2010).

Baldaki taklit ve tağşiş uygulamalarının kaynakları, çeşitli şekerlerin ve tatlandırıcıların fiyatlarına ve kolay bulunabilirliğine bağlı olarak ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir (Öztürk ve ark., 2021). Ne var ki, balın üretim aşamasında veya sonrasında gerçekleştirilen çeşitli uygulamalar ile maruz kaldığı ısı işlemler, ürünün doğal yapısının bozulmasına, besin değerinin azalmasına ve dolayısıyla öneminin yitirilmesine neden olmaktadır (Tosun, 2004).

Makalenin bu bölümünde, literatürde tanımlanmış olan baldaki taklit ve tağşiş uygulamalarına ilişkin genel bilgiler, alt başlıklar altında sınıflandırılarak sistematik bir şekilde sunulmuştur.

Taklit (Sentetik, Yapay veya Suni) Bal Üretimi

Modern gıda laboratuvarlarının sunduğu teknolojik imkanlar sayesinde, bal arılarının katkısı olmaksızın, istenilen tat, renk ve koku gibi özelliklere sahip, tüketici kesim tarafından sentetik, yapay veya suni olarak adlandırılan çeşitli taklit bal çeşitlerinin orijinaline uygun biçimde üretilbildiği bildirilmiştir (Ese, 2014).

Tamamen laboratuvar ortamında üretilmiş olmasına rağmen süzme bal adıyla piyasaya arz edilen ve balı andıran özellikler taşıyan bu ürünler, literatürde taklit bal olarak nitelendirilmektedir. Taklit balların üretiminde, çeşitli şeker şurupları, bal aromaları ve renklendiriciler kullanılmakta olup, yapılan hilenin tespitini zorlaştırmak amacıyla laboratuvar analizlerini yanıltmaya yönelik tüm teknik imkânlar devreye sokulmaktadır (Anonim, 2005).

Glikoz, früktoz ve sakaroz içeren çeşitli şeker şuruplarına polen, bal enzimi, aromatik bileşikler ve renklendiriciler eklenerek üretilen sentetik, yapay veya suni balların, gerçek baldan ayırt edilmesinin güç olduğu bildirilmektedir (Wetherilt ve ark., 1994; Kumova, 2019). Ülkemizde şeker şuruplarının bal görünümünde yaygın bir uygulama olarak piyasaya sürülmesi, haksız kazanç kapısı oluşturmaktadır (Çil İplikçioğlu, 2013).

Balın içerisine koruyucu maddeler, boya maddeleri, aroma vericiler, ticari glikoz, dekstrin gibi herhangi bir yabancı maddenin katılması Türk gıda kodeksi bal tebliği mevzuatı açısından kesinlikle yasak olup, bala gıda katkı maddeleri dâhil hiçbir yabancı madde ilave edilemeyeceği gibi balın, doğal bileşiminde bulunmayan maddelerden arı olması gerekmektedir (Anonim, 2020).

Ticari glikoz kullanılarak üretilen bal benzeri taklit ürünlerin kristalize olmaması ve fiyatının çok ucuz olması nedeniyle tüketiciler tarafından tercih edildiği bildirilmiştir (Anonim, 2013).

Ülkemize çeşitli yollarla kaçak olarak getirilen bazı taklit kestane ballarının, kestane ağacının kabuklarının doğrudan sakaroz şurubu ile kaynatılması yoluyla elde edildiği ve baldaki bu hilenin tüketiciler tarafından tespitinin mümkün olmadığı belirtilmiştir (Ese, 2014).

Arıların Şeker Şuruplarıyla Beslenmesiyle Üretilen Taklit Ballar

Taklit bal üretiminde, arıların yalnızca yüksek fruktozlu mısır şurubu, invert şeker şurubu, sakkaroz şurubu veya glikoz şurubu gibi şeker şuruplarıyla beslenmesi ya da hem çiçek nektarlarından yararlanması hem de eş zamanlı olarak bu tür şuruplarla takviye edilmesi söz konusu olabilmektedir (Anonim, 2021; Bölükbaşı, 2010).

Tüketici açısından en önemli sorun, doğal bal ile arıların şeker şuruplarıyla beslenmesi sonucu elde edilen bal benzeri ürünlerin birbirinden ayırt edilmesindeki güçlükten kaynaklanmaktadır (Ateş, 1994).

Arıcılıkta, kolonilerin yavru geliştirme dönemlerinde veya açlık durumlarında şeker şurubu ile beslenmesi kabul edilebilir bir uygulama olmakla birlikte; nektar salgılanma dönemlerinde, bal verimini artırmak amacıyla şeker şurubu verilmesi uygun görülmemektedir. Bu yöntemle elde edilen ürün ise sahte bal olarak değerlendirilmektedir (Alataş ve ark., 1996).

Bu nedenle, bal arılarının aşırı miktarda şeker şurubu ya da bitki nektarlarının bileşimine benzer şeker şurubu karışımlarıyla beslenmesi sonucu elde edilen hileli ürünler, taklit bal üretimi kapsamında değerlendirilmektedir (Kumova, 2019). Bu yöntemde, sakkaroz, glikoz ve fruktoz gibi şeker şurupları arılara yem olarak verilmekte; böylece kısa sürede peteklerin doldurulması ve daha kolay taklit bal üretilmesi amaçlanmaktadır (Anonim, 2005; Damarlı ve Coşkun, 2015). Arıların söz konusu şeker şuruplarıyla çok fazla beslenmesi sonucu balın şeker içeriğinin fazla oluşu yapılan hilenin önemli belirtisidir (Mendes ve ark., 1998).

Bal arıları, doğadan nektar toplamak yerine çoğunlukla kendilerine sunulan şeker şuruplarını tercih ederek bu maddelerden bal üretme eğilimindedir. Bu durum, elde edilen ürünlerin kalitesiz olmasına ve arıların yaşam sürelerinin kısalmasına yol açmaktadır (Öztürk ve ark., 2021).

Bal arılarının aşırı miktarda şeker şurubu veya bitkilerin salgıladığı nektarın şeker içeriğine benzer şeker şurubu karışımlarıyla beslenmesi sonucu elde edilen hileli ballar, taklit bal üretimi kapsamında değerlendirilmektedir (Kumova, 2019).

Taklit bal üretim yönteminde, kovanların içine şurupluklar yerleştirilmekte veya kovanların önüne ve çevresine kaplar içerisinde şeker ya da şeker şurupları konulmaktadır (Çil İplikçioğlu, 2013). Böylece arılar, bitkisel kaynaklardan sağladıkları nektar yerine, şeker veya şeker şuruplarını kullanarak taklit bal üretimine yönlendirilmektedir (Güney, 2015). Bu süreçte arılar bal üretimine ilişkin temel fonksiyonlarını gerçekleştirebilmekle birlikte, ortaya çıkan taklit balın özellikleri, çiçek nektarı veya çam salgısı ile beslenen arılar tarafından üretilen baldan belirgin şekilde farklılık göstermektedir (Anonim, 2005).

Aşırı miktarda şeker şurubu ile beslenen kovanlarda üretilen taklit ballarda sakkaroz oranı %10–13'e kadar yükselmekte; buna bağlı olarak glikoz ve fruktoz oranlarında azalma gözlenmektedir. Oysa çiçek ballarında sakkaroz oranının %5'i, çam ballarında ise %10'u aşması durumunda, söz konusu ürünler standart dışı kabul edilmektedir. Standartlara uygun olmayan bu taklit balların, bal etiketiyle satışa sunulması yasal olarak suç teşkil etmekte; ayrıca bu tür ürünlerin bal olarak ihraç edilmesi de mümkün olmamaktadır (Anonim, 1991).

Bal arılarının şeker şurubuyla aşırı beslenmesi sonucu gerçekleştirilen hilelerde, şeker şurupları arıların bal midelerinde fizyolojik ve kimyasal değişimlere tabi tutulmakta; enzimler ve diğer bileşenlerin katılımıyla hilenin tespiti güçleşmektedir (Güney, 2015). Bu nedenle, şeker şurubu ile beslenen bal arıları tarafından üretilen taklit balların, ülkemizde üretilen

gerçek ballardan tüketici düzeyinde ayırt edilmesi mümkün olmamaktadır (Wetherilt ve ark., 1994).

Bazı çevrelerde, balın gerçek bal olabilmesi için arının kursağından geçmiş olması gerektiği yönünde bilimsel temelden yoksun görüşler bulunmaktadır (Sıralı, 2010). Ancak, bal arılarına şeker şurubu verilerek elde edilen taklit ürünün, arının kursağından geçmiş olsa dahi, bal olarak nitelendirilemeyeceği göz ardı edilmemelidir (Sıralı, 2016).

Diğer yandan şeker şurubu kullanılarak üretilen ballar, doğadan ve çiçeklerden elde edilen balların karakteristik özelliklerini taşımamakta ve doğal olma niteliğini yitirmektedir. Bu durum, tüketiciyi yanıltıcı bir uygulama olup, baldan beklenen faydaların sağlanamamasına yol açmaktadır (Damarlı ve Coşkun, 2015). Diğer bir ifadeyle, elde edilen ürün insan sağlığını doğrudan tehdit etmese de tüketicinin bal yerine şeker tüketmesine sebep olmaktadır (Anonim, 2005).

Arazi çalışmaları sırasında, ıhlamur ve kekik bitkilerinin şeker şurubu ile kaynatılarak, bal arılarının sözde ıhlamur ve kekik balı üretmesi için beslendiği ve bu yöntemle üreticilerin tüketicileri yanıltmaya çalıştıklarına tanıklık edildiği bildirilmiştir (Çarkçioğlu, 2009; Elmas, 2016).

Doğal Ballara Katkı Maddeleri İlave Edilerek Üretilen Tağışlı Ballar

Teknolojik gelişmelerle birlikte nem, viskozite, aroma ve şeker içeriği gibi özellikleri bakımından bala benzeyen maddeler ve katkı maddeleri, hile amacıyla ballara eklenerek balın miktarı artırılmaktadır. Basit yöntemlerle yapılan bu hilelerin tespitinin oldukça güç olduğu bildirilmektedir (Güney, 2015). Doğal ballara çeşitli orandaki katkı maddesi eklenerek üretilen ürünler, tağışlı ballar olarak tanımlanmaktadır. Katkı maddesi ilave edilerek üretilen her türlü bal, hileli veya sahte ürün kapsamında değerlendirilmektedir (Sıralı, 2010).

Balın hacmini artırmak ve toplam kuru madde içeriğini yükseltmek amacıyla doğal bala farklı maddelerin eklenmesiyle gerçekleştirilen tağış uygulamaları, gıda sahtekârlığı kapsamında en sık karşılaşılan hile yöntemlerinden biridir (Güney, 2015).

Balın miktarını artırmak amacıyla bala şeker şurupları ve farklı özellikteki balların karıştırılması gibi çeşitli işlemler de uygulanmaktadır. Bu sayede, balın doğal fruktoz-glikoz-sakkaroz profili taklit edilebilmekte ve bu tür hileleri tespit etmek oldukça güçleşmektedir (Bölükbaşı, 2010; Anonim, 2021). Ancak, söz konusu şekerlerin balda aşırı miktarda bulunması, bala şeker şurubu ilavesine ilişkin önemli bir hile belirtisi olduğu ifade edilmektedir (Mendes ve ark., 1998).

Baldaki en basit tağış yöntemlerinden biri, düşük rutubet içeriğine sahip ballara su ilavesiyle gerçekleştirilmektedir (Çarkçioğlu, 2009). Bala uygulanan yaygın bir diğer hile ise ticari glikoz, fruktoz veya sakkaroz gibi çeşitli şeker şurupları ile bal aromalarının doğrudan bala katılmasıdır (Damarlı ve Coşkun, 2015). Şeker şurupları ilavesiyle elde edilen bal benzeri

ürünler, düşük kaliteli olarak değerlendirilmekte ve ticari glikoz, fruktoz ya da sakkaroz içermeleri nedeniyle hileli ürünler kapsamında değerlendirilmektedir (Çil İplikçioğlu, 2013).

Özellikle yüksek fruktozlu mısır şurupları ile şeker kamışı bitkisinden elde edilen şuruplar; düşük maliyetli olmaları, kolay temin edilebilmeleri, şeker kompozisyonlarının doğal balın bileşimine oldukça yakın olması, taşınma ve depolama açısından kolay olması, düşük kristalleşme eğilimleri ve tadı maskeleyen gibi özellikleri nedeniyle, hile amacıyla doğal bala en sık katılan maddeler arasında yer almaktadır (Çil İplikçioğlu, 2013; Kumova, 2019).

Bal görünümlü tağşişli ürünlerin üretiminde bala; lokum, akide şekerli artıkları veya hazır şekerli ürünlerin yanı sıra, nişasta, dekstrin ve pekmez gibi maddelerin de ilave edildiği ve analizlerde bu maddelerin tespit edildiği bilinmektedir (Güney, 2015). Ürünün miktarını düşük maliyetle artırmak amacıyla yapılan bu tür uygulamalar, doğal balın yapısını bozarak karıştırma ya da tağşiş etme yoluyla elde edilen hileli veya sahte bal üretimi kapsamında değerlendirilmektedir (Kumova, 2019; Çil İplikçioğlu, 2013).

Bala uygulanan çeşitli katkı maddeleri, balın doğal yapısını önemli ölçüde değiştirmektedir. Son yıllarda bazı firmalar tarafından, bala benzer özellikler taşıyan ürünler üretilerek bu durum gizlenmeye çalışılsa da, yapılan yasa dışı uygulamalar uygun analiz yöntemleriyle tespit edilebilmektedir (Wetherilt ve ark., 1994).

Baldan bazı bileşenlerin çıkarılması veya yerine başka maddelerin kullanılması, boya maddeleri kullanılarak balın daha değerli olarak gösterilmesi, su oranının balda bulunması gereken değerden daha fazla olması, balda kusuru maskeleyen veya görünüşünü çekici kılmak için katkı maddesi kullanılması tağşiş kabul edilmektedir (Erbay, 2018).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre, bala gıda katkı maddeleri de dahil olmak üzere dışarıdan herhangi bir aroma verici madde veya aroma özelliği taşıyan bileşen ilave edilmesine izin verilmemektedir (Anonim, 2020). Aynı tebliğe göre, balın doğal bileşiminde bulunmayan organik ya da inorganik maddelerden tamamen arındırılmış olması gerekmektedir. Ayrıca, diğer gıda ürünlerinde olduğu gibi, balın da insan sağlığını tehdit edebilecek zararlı maddeler içermesi durumunda, bu ürün tağşişli olarak kabul edilmektedir (Anonim, 2020; Türkmen ve Ataseven, 2020).

Balın Bitkisel ve Coğrafik Kaynağının Yanlış Bildirimi

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre, balın tadı ve aroması üretildiği bitki türüne ve kaynağına bağlı olarak değişmekle birlikte, balın kendine özgü tada ve kokuya sahip olması gerekmektedir. Ayrıca, balın botanik kaynağı belirlenebiliyorsa ve bu kaynakla ilişkili kimyasal, fiziksel, duyuşsal ve palinolojik özellikleri belirgin biçimde taşıyorsa, ürün etiketinde ilgili çiçek veya bitkinin adı balın kaynağı olarak kullanılabilir (Anonim, 2020).

Ancak balların bitkisel kaynağının gerçeğe aykırı şekilde bildirilmesi, satış sırasında yanıltıcı beyanlarda bulunulması ve ürün etiketlerinde balın bitkisel ve coğrafik orijinine dair yanlış bilgilere yer verilmesi, balda oldukça sık rastlanan hile yöntemleri arasında yer almaktadır (Çarkçioğlu, 2009; Çil İplikçioğlu, 2013). Bu yöntemle, farklı bitkisel kökene sahip ballar, sözde popülerliği yüksek bazı yörelere aitmiş gibi gösterilerek satışa sunulmakta ve bu yolla tüketiciler yanıltılmaktadır (Ese, 2014).

Oysa satışa sunulan balların bitkisel orjininin ve coğrafik kaynağının yanlış beyan edilmesi taklit ve tağşiş yöntemleri içerisinde değerlendirilmektedir (Erbay, 2018).

Satışa sunulan balın hangi şehir ismi ile satışa sunulduğundan ziyade hangi bitkisel kaynağa sahip olduğunun ve fiyatının makul değerde olmasının tüketici açısından çok daha önemli olduğu hususu göz ardı edilmemelidir (Sıralı, 2016).

Balın değeri, doğrudan orijiniyle, yani elde edildiği bitkisel kaynakla ilişkili olduğundan etiketinde botanik kaynağı belirtilen balların, Türk gıda kodeksi bal tebliğine belirtilen polen oranlarıyla uyumlu özellikler taşıması gerekmektedir (Damarlı ve Coşkun, 2015; Anonim, 2020).

Balın üretildiği gerçek bitkisel kaynak yerine farklı bir kaynağın belirtilmesi, haksız kazanca yol açmaktadır (Güney, 2015). Bu nedenle, balın değerlendirilmesi üreticinin satış sırasında beyan ettiği orijine göre değil, mutlaka objektif polen analizi sonuçlarına dayalı olarak yapılmalıdır (Damarlı ve Coşkun, 2015).

Balda polen analizi balların sınıflandırılması, balın kalitesinin ve nektarlı bitkilerinin çeşitlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Ayrıca polen analizi ile balların botanik ve coğrafik orijini belirlenebilmektedir (Sorkun ve Doğan, 2002).

Tüketicilerin Etiket Bilgileri ile Yanıltılması

Balın etiket bilgilerinin dikkatlice incelenmesi, tüketicinin korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu süreçte, tüketicilerin ürün etiketindeki niteliklere özen göstermesi ve etiket üzerindeki bilgileri titizlikle incelemesi gerekmektedir (Fidan, 2010).

Satın alınması düşünülen balın sahip olması gereken özellikleri, mutlaka etiket bilgileri ile karşılaştırılmalıdır (Anonim, 2011). Ayrıca, balın bileşimi hakkında bilgi edinmek için etiket üzerindeki içindekiler veya bileşim listesi, besin değerleri ve bitkisel kaynak bilgileri dikkatle incelenmelidir (Fidan, 2010).

Oysa balın etiketinde bildirilmeyen herhangi bir maddenin bulundurulması tağşiş olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle satışa sunulan balların ambalaj ve etiketlerinde tüketiciyi yanıltıcı herhangi bir bilgi veya görsel unsurun bulunmaması gerekmektedir (Erbay, 2018).

Diğer yandan, ilgili bakanlıklar tarafından yayımlanan genelgelerde, tüketicilerin aldanmasına yol açabilecek şekil ve özellikteki her türlü gıda maddesinin satışının yasaklanmış olduğu belirtilmektedir (Anonim, 1998).

Nitekim, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği kapsamında, konuya ilişkin olarak 26.01.2017 tarihli ve 29960 mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği hükümleri uygulanmaktadır (Anonim, 2020).

Tüketicilerin Reklam Aracıyla Aldatılması

Ticaret Bakanlığı tarafından, son dönemde bal reklamlarıyla ilgili olarak bakanlık bünyesindeki birimlere çok sayıda şikayet ulaştığı ve bal tanıtımına yönelik bazı reklam ve ilanlarda yanıltıcı ve aldatici unsurların sıkça yer aldığı gözlemlenmiştir. Bu durumun tüketicilerin maddi ve manevi zarar görmesine yol açtığı ifade edilmektedir (Sıralı, 2013a).

Reklamlarında “organik bal”, “doğal ve saf bal”, “katkı maddesi içermeyen bal”, “kalite ödüllü bal”, “birçok hastalığa iyi gelen bal” ve “fırmasının Tarım Bakanlığı denetiminde olduğu” gibi ifadeler kullanarak tüketiciyi yanıltmaya yönelik terimler kullanan firmalar, Ticaret Bakanlığı bünyesindeki Reklam Kurulu tarafından basın yayın organlarında teşhir edilmekte; ayrıca yüklü para cezalarına çarptırılmakta ve mevzuata aykırı diğer bal reklamları da incelemeye alınmaktadır (Sıralı, 2013a).

Öte yandan, Tarım ve Orman Bakanlığı’nın tüm yasaklamalarına rağmen, bazı üreticilerin ballarını hâlâ “dünyanın en iyi balı”, “her derde deva”, “hastalıklara şifa”, “şekersiz bal”, “sıfır şeker” veya “şeker yok, bal var” gibi, arıcılık literatüründe karşılığı bulunmayan ve bilimsel temele dayanmayan klişeleşmiş reklam ifadeleriyle pazarlamaya devam ettikleri görülmektedir (Sıralı, 2019).

Ayrıca, bal reklamlarında tüketiciye bal tattırılarak balın kıvamı ve akışkanlığının gerçek bal ile ilişkilendirilmesinin doğru olmadığı ifade edilmiştir. Uzun yıllardır bala benzetilerek piyasaya sürülen taklit ve tağşişli ürünler nedeniyle, tüketici kesiminin tad, koku ve görsel inceleme yoluyla bu ürünler arasında ayırım yapabilmesinin mümkün olmadığı belirtilmiştir (Sıralı, 2013a).

Ayrıca çok az üretildiği, şifa kaynağı ve dünyaca ünlü olduğu algısı yürütülerek, her yıl fahiş fiyattan pazarlanmaya çalışılan sıradan bir bal ile tüketici kesim yıllardır kandırılmaktadır. Devletimizin yetkili organlarının, söz konusu balın bu şekilde ve anormal fiyatlarla satışının önlenmesine yönelik gerekli önlemleri alması ve tüketiciyi koruyucu politikalar geliştirmesi gerekmektedir (Sıralı, 2013a).

Binbir çiçek etiketiyle reklamı yapılan balın binlerce farklı bitki türünden derlendiği algısı oluşturulmaya çalışılmakta içerik bakımından monofloral (tek çiçekli) ballardan daha ayrıcalıklıymış imajı verilmeye çalışılmaktadır. Oysa ülkemizde üretilen ballar üzerinde yapılan polen analizlerinde multifloral (çok çiçekli) balların 10’un altında bitki türünden

elde edildiği belirlenmiştir. Bu doğrultuda, söz konusu reklam ve tanıtım ifadeleri, tüketiciyi yanıltıcı nitelik taşımakta ve mevcut mevzuata aykırılık teşkil etmektedir.

Farklı Balların Karıştırılarak Satışa Sunulması

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre, etiketinde balın kaynağını aldığı çiçek, bitki, bölge veya coğrafik alan belirtilen ballara, filtre edilmiş başka balların ilave edilmesine izin verilmemektedir (Anonim, 2020).

Ancak çiçek balı adı altında satışa sunulan ürünlere çam balı karıştırılması, düşük kaliteli ballara az miktarda yüksek kaliteli bal eklenmesi ya da kaliteli balların içerisine düşük kaliteli balların ilave edilerek piyasaya sürülmesi, sık karşılaşılan diğer tağşiş yöntemleri arasında yer almaktadır (Çil İplikçioğlu, 2013).

Bu bağlamda, ülke genelinde bazı yörelerde bol miktarda üretilen ayçiçeği, pamuk, kanola (kolza) gibi endüstri bitkilerinden elde edilen balların yanı sıra, püren bitkisinden üretilen ballar da diğer bal çeşitleriyle karıştırılarak piyasaya sürülmekte ve başka isim altında satılarak tüketiciler yanıltılmaktadır (Sıralı, 2010). Oysa kaliteli ürünlerin maliyetini düşürecek şekilde daha az kaliteli ürünlerle karıştırılarak satışa sunulması tağşiş kabul edilmektedir (Erbay, 2018).

Diğer yandan monofloral (tek çiçekli) veya multifloral (çok çiçekli) balların karıştırılmasıyla oluşturulan balların, botanik ya da coğrafik orjininde belirsizlikler olmaktadır (Sivakesava ve Irudayaraj, 2002).

Petekli ve Süzme Bal Karışımındaki Hileler

Bu tür tağşiş, içerisine küçük bir parça petekli bal konularak cam kavanozlarda veya galvanizli kaplarda satışa sunulan, glikoz şurubu katkılı ballarda gözlemlenmektedir. Bu yöntemde, kabın tabanına belirli bir miktar glikoz şurubu konmakta, üzerine süzme bal eklenmekte ve en üste küçük bir parça petekli bal yerleştirilerek, elde edilen ürün gerçek bal izlenimiyle piyasaya sürülmektedir (Sıralı, 2010).

Piyasada sıkça karşılaşılan bir diğer hile yönteminde ise, renk ve aromatik maddelerle zenginleştirilmiş glikoz şurubu içeren ambalajın üst kısmına bir miktar petek kırıntısı eklenerek, ürüne hakiki bal görünümü kazandırılmaya çalışılmaktadır (Sıralı, 2016).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre, ilkel tip kovanlarda üretilen karakovan balı ile doğal petekli bal adı altında piyasaya arz edilen seksiyon ballarda, peteğin parçalanmaması ve içeriklerine süzme bal ilave edilmemesi gerekmektedir (Anonim, 2020).

Organik Bal Adı Altında Yapılan Aldatmacalar

Reklam Kurulu tarafından, bazı firmaların internet siteleri ile bazı televizyon kanallarındaki bal reklamları incelemeye alınmış; inceleme sonucunda, ürün ambalajları üzerinde 'organik' ifadesine yer verildiği, ancak

bu ürünlerin organik sertifikasına sahip olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, nerede ve hangi koşullar altında üretildiği belli olmayan bazı balların da kişi ya da firmalar tarafından 'doğal bal' veya 'organik bal' adı altında satışa sunulduğu bilinmektedir (Sıralı, 2013a). Oysa organik bal üretimi yetkili kontrol ve sertifikasyon kuruluşu ile sözleşme yapan arıcılık işletmelerinin, her aşamasının çok sıkı kontrolden geçtiği çok özel üretim biçimidir (Yavuzer ve Bengisu, 2015).

Tüketicilerin, organik, doğal veya ekolojik bal ibaresiyle satışa sunulan ürünleri satın alırken, ürünün gerçekten organik üretim esaslarına uygun olarak üretildiğini gösteren organik ürün sertifikası ile yetkili sertifikasyon kuruluşuna ait logoyu mutlaka sorgulamaları gerekmektedir (Anonim, 2012).

Türkiye’de organik ürünlerin belgelendirilmesi, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş sertifikasyon kuruluşları aracılığıyla yürütülmekte olup, bu kuruluşlar tarafından verilen belgelerin ürün ambalajında görünür biçimde yer alması gerekmektedir (Anonim, 2010b). Bu nedenle tüketicilerin, bu tür güvenilir belgelerden yoksun ürünleri organik, doğal veya ekolojik bal olarak kabul etmemeleri ve satın almamaları, aldatılmamaları açısından önem taşımaktadır (Anonim, 2012).

Isıl İşlem Sonucu Doğal Yapısı Bozulan Ballar

Ballar, elde edildiği bitki türüne veya saklama koşullarına bağlı olarak erken veya daha geç kristalize olabilmektedir (Doğaroğlu, 1992). Bu nedenle balın kıvamı akışkan, viskoz veya kısmen kristalize olabilmektedir (Anonim, 2020).

Ballarda gözlenen kristalleşme, tamamen fiziksel bir süreç olup balın kimyasal yapısında veya besin değerinde herhangi bir değişikliğe yol açmamaktadır (Doğaroğlu, 1992).

Ancak, gerçek balın doğal bir süreci olan kristalizasyonu bilmeyen tüketici kitlesi, kristalleşmiş balı hatalı ya da hileli ürün olarak değerlendirmekte veya şekerlenme, donma ya da bozulma olarak algılamakta; bu durum, pazarlama ve tüketim süreçlerinde çeşitli sorunlara neden olmaktadır (Doğaroğlu, 1992; Anonim, 2013).

Süzme balların kristalleşmesini önlemek veya geciktirmek amacıyla uygulanan ısıtma işlemi ya da uzun süreli bekletme, balın enzim içeriğinin azalmasına veya enzimlerin tamamen kaybolmasına neden olabilmektedir (Genç, 1993; Doğaroğlu, 1992). Bu işlemler aynı zamanda balın aminoasit, protein ve vitamin gibi önemli besin bileşenlerinde de kayıplara yol açmaktadır (Sıralı, 2013b). Bu nedenle balın bazı bileşenlerinin kaybolmasına neden olan veya çıkarılmasına izin verilmeyen bu tür işlemlerin uygulanması taşıyıcı olarak kabul edilmektedir (Erbay, 2018).

Bala uygulanan çeşitli işlemler, ürünün tat ve koku özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Genç, 1993). Balın işlenmesi ve ambalajlanması sırasında karşılaşılan teknik yetersizlikler ile uygun olmayan

ısıtıl işlem uygulamaları, balın doğal yapısını ve kimyasal bileşimini bozarak genel kalite sorunlarına yol açabilmektedir (Damarlı ve Coşkun, 2015). Balın doğallığını ve saflığını koruyabilmesi için doğadan elde edildiği haliyle tüketilmesi ve yüksek sıcaklıklarda ısıtılmaması gerekmektedir (Kumova, 2019).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde, balın asitliğinin yapay yollarla değiştirilemeyeceği ve balın doğal enzimlerini parçalayacak veya önemli ölçüde inaktive edecek şekilde ısıtılamayacağı hükme bağlanmıştır (Anonim, 2020).

Ayrıca, Gıda Maddeleri Tüzüğü'ne göre balın donmasını önlemek amacıyla ısıtılması ya da kaynatılarak niteliğini yitirmiş balların diğer ballarla karıştırılarak “bal” adıyla gıda maddesi olarak satılması yasaktır (Eniştigil, 1977). Isıtma işlemi sonucunda balların hidroksimetilfurfural (HMF) içeriği artmakta, uluslararası bal standartlarında bir kalite faktörü olarak dikkate alınan diyastaz enzimi sayısı ise azalmaktadır (Vit ve Pulcini, 1996). Ancak ısıtıl işleme maruz kalarak doğal özelliğini kaybetmiş olan ballar yapılan kimyasal analizlerle kolayca tespit edilebilmektedir (Sıralı, 2013b).

Kristalleşmeyi önlemek amacıyla balların ısıtılması, bu ürünlerin bilimsel anlamda besin değerlerini büyük ölçüde yitirmelerine ve nitelik açısından bozulmuş bal olarak değerlendirilmesine neden olmaktadır. Ancak, herhangi bir ısıtıl işleme tabi tutulmamış ve kristalleşmiş durumda bulunan bir bal da her zaman kaliteli, hilesiz ya da fruktoz, sakaroz veya glikoz şurubu katkısı içermeyen bal anlamına gelmemektedir (Sıralı, 2013b).

Ekşimiş ve Bozulmuş Ballar

Olumsuz depolama koşulları, depolama süresi, yüksek nem oranı, bal hasadı ile süzme işlemi sırasında uygulanan yöntemler, balın kalitesinin azalmasına veya balın bozulmasına neden olabilmektedir. Özellikle su içeriği yüksek olan ballar daha hızlı fermente olduğundan, balın nem oranının düşük olması kalite açısından büyük önem taşımaktadır (Genç, 1993).

Tam olarak sırlanmamış petekli ballarda ve bunlardan elde edilen süzme ballarda ekşime ve bozulma meydana gelebileceğinden, bu tür balların tadılarak kontrol edilmesi önerilmemekte; bunun yerine, ürünün iade edilmesi ve satın alınmaması tavsiye edilmektedir (Fidan, 2010).

Kristalize olan süzme ballar, genellikle belirli bir süre sonra fermentasyona uğrayabilmektedir (Genç, 1993). Bu tür ürünler bozulmuş sayılmakta; tatlarında, fiziksel görünümünde ve kimyasal bileşimlerinde değişiklikler meydana gelebilmekte ve besin değerlerinde kayıplar oluşabilmektedir (Fidan, 2010).

Oysa Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği kapsamında, balların paketlenme veya dolum noktasından tüketiciye ulaşıncaya kadar tüm aşamalarda temiz ve kuru ortamlarda, yabancı kokulardan uzak bir şekilde, doğrudan güneş

ışığından korunarak ve 25 °C'yi aşmayacak sıcaklıkta muhafaza edilmesi gerekmektedir (Anonim, 2020).

Kimyasal Kalıntı İçeren Ballar

Kalıntı; hayvansal kökenli birincil ürünlere geçen ve halk sağlığı açısından zararlı olabilecek farmakolojik etkiye sahip maddeleri, bu maddelerin metabolitlerini veya diğer kimyasal kalıntıları ifade etmektedir. Kullanımına izin verilmeyen bir maddenin tespit edilmesi, izin verilen bir maddenin kalıntı düzeyinin yasal sınırları aşması ya da bu tür ürünlerin üretime alınıp işlenerek piyasaya sunulması durumları yasa ihlali olarak değerlendirilmektedir (Akpınar, 2011).

Baldaki kalite ve doğruluk sorunlarından biri de, arı sağlığını korumaya yönelik olarak kullanılan antibiyotik ve diğer kimyasal maddelerin kalıntılarıdır. Bilinçsiz arıcılık uygulamaları sonucunda, bazı arı hastalıkları ve parazitlerine karşı kullanılan antibiyotik ve kimyasalların kalıntıları bala geçebilmekte; bu durum, balda bulunmaması gereken kalıntı sorunlarına yol açabilmektedir (Damarlı ve Coşkun, 2015).

Balda, insan sağlığı açısından en büyük riski kalıntı ve kontaminantlar oluşturmaktadır (Çil İplikçioğlu, 2013). Balda ruhsatlı veya ruhsatsız bazı ilaçlar, antibiyotik, naftalin, zirai ilaç (pestisit) ile kurşun ve kadmiyum gibi ağır metal kalıntıları ön plana çıkmaktadır. Ayrıca tetracycline, oxytetracycline, sulfanamid gibi antibakteriyel maddeler ile kloramfenikol ve nitrofuranların baldaki varlığının teyidi kalıntı olarak kabul edilmektedir (Akpınar, 2011).

Arıcılar tarafından depolanan kabartılmış boş peteklerin korunmasında naftalin kullanımı, balda ve balmumunda kalıcı kalıntılara yol açmaktadır (Akpınar, 2011). Bu konuda uzun süredir mücadele verilmekte olup, balda tespit edilen naftalin sıklığında önemli bir azalma gözlemlenmekle birlikte, bazı bal örneklerinde hâlen naftalin kalıntılarına rastlanmaktadır. Temel petek üretiminde eski peteklerin eritilerek yeniden kullanılması, bu döngünün devam etmesinde başlıca etken olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, balda naftalin analizleri kontrol ve denetim süreçleri, bu sorun tamamen ortadan kalkıncaya kadar titizlikle sürdürülmelidir (Anonim, 2005).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre, petekli bal üretiminde kullanılan temel petekte; balmumunun doğal yapısında bulunmayan parafin, serezin, iç yağı, reçine, oksalik asit gibi organik maddelerin ve ağartıcılar gibi inorganik maddelerin yanı sıra, bir gram petekte Amerikan yavru çürüklüğü hastalığının etkeni olan *Paenibacillus larvae*'nin spor ve vejetatif formları ile Nosemosis hastalığına neden olan *Nosema apis* ve *Nosema ceranae* sporlarının da bulunmaması gerekmektedir (Anonim, 2020).

Baldaki veteriner ilaç kalıntıları, geçmişte bal ihracatımız üzerinde ciddi olumsuz etkilere yol açmıştır. İnsan sağlığının korunması amacıyla, Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen sınırların üzerinde bulunan veya izinsiz

kullanılan veteriner ilaçları, balda gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Bu nedenle, üretimde kullanılan veteriner ilaçlarının ruhsatlı olması ve doğru zaman ile uygun dozda uygulanması büyük önem taşımaktadır (Anonim, 2005). Ayrıca, arıcıların yasal olmayan veya uygun olmayan pestisit, antibiyotik ve diğer kalıntı içeren balları üretmemesi birinci derecede yasal sorumlulukları arasında yer almaktadır (Akpınar, 2011).

Avrupa Birliği Bal Kodeksi'nde, arıcılıkta onaylı ilaçlar dışında hiçbir kimyasal maddenin kullanılmasına izin verilmemiş ve antibiyotik kullanımı tamamen yasaklanmıştır. Hem uluslararası düzeyde hem de ülkemizde yürürlüğe giren bu yeni düzenlemeler kapsamında, balda bulunmasına izin verilen maksimum kalıntı limitleri, bal için geçerli kalite ölçütleri ve kullanılmaması gereken maddelere ilişkin hükümler açıkça belirtilmiştir (Kumova, 2019). Aksi durumda, balda kalıntı tespit edildiğinde 5996 sayılı kanun gereğince idari para cezası ve diğer yaptırımlar uygulanmaktadır (Akpınar, 2011).

Taklit ve tağşişli ballarda, zirai ve veteriner ilaç kalıntıları ile arıların çevreden topladığı kontaminant maddelerin tespiti genellikle yapılmamaktadır. Bu durum dikkate alındığında, söz konusu ürünlerin tüketiminden kaçınılması gerekmektedir. Zirai ilaç kalıntıları ve kontaminantların teratojenik, mutajenik ve kanserojenik etkiler gösterebileceği göz ardı edilmemelidir (Çil İplikçioğlu, 2013). Bu nedenle, çevrede kullanılan ve bala bulaşma riski taşıyan tarımsal mücadele ilaçlarının düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir (Anonim, 2005).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre, bala gıda katkı maddeleri dâhil olmak üzere dışarıdan hiçbir maddenin ve gıda bileşeninin katılmasına izin verilmemektedir. Balın doğal bileşiminde bulunmayan organik ve inorganik maddelerden tamamen arı olması; ayrıca ağır metalleri ve farmakolojik olarak aktif maddeleri içermemesi gerekmektedir (Anonim, 2020).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tüm taklit ve tağşişli ballar; insan sağlığı açısından son derece tehlikeli ve sakıncalı olup, balın kalitesini düşürmekte, gerçek arıcıların rekabet gücünü azaltmakta, dürüst bal üreticisi ve satıcılarına haksızlık oluşturmakta, ihraç edilen balların itibarını zedeleyerek ülke ekonomisine zarar vermektedir.

Ülkemizde tüketici kesimin son yıllarda sağlığa zararlı, besin değeri bulunmayan hileli ve sahte balları veya karıştırılmış balları satın alma ve tüketme endişesi ile karşı karşıya kalmış olması, insan sağlığına verilen önemin bir ölçütü olarak son derece düşündürücüdür. Balda yaşanan çeşitli hileler nedeniyle ülkemiz insanında ballarımıza karşı yıllardır güvensizlik algısının söz konusu olduğu bilinmektedir.

Çeşitli yöntemlerle hilelendirilen balların besin değerinde önemli derecede değişiklikler ve azalmalar olmakta, taklit ve tağşişli ballar beslenmede beklenen faydayı sağlamadığı gibi tüketicileri beslenme, gerçek üreticileri ise ekonomik açıdan zarara sokmakta ve bal ihracatı da olumsuz etkilenmektedir.

Arıcılık sektörünün büyük çoğunluğu tarafından da onaylanmayan bu olumsuz uygulamalar, gerçek bal üreticilerini ve pazarlayıcılarını genelde ise tüm arıcılık sektörünü mağdur etmekte; dolayısıyla tüm sektörün itibarını zedelemektedir. Ballarımıza ilişkin imajın bozulmasına yol açan geleneksel üretim biçiminden, bala yönelik hasat sonrası bilim dışı uygulamalardan ve tüketiciyi yanıltıcı her türlü davranıştan titizlikle kaçınılmalıdır.

Bal konusunda mağdur olmamak için tüketicilerimizin tanımadıkları veya güvenmedikleri kişi, firma ve üreticilerden bal satın almamaları, bilinen markalara ait ürünleri veya arıcılıkla uğraştığı bilinen güvenilir kişilerden bal satın almaları önerilmektedir.

Balda hileleri önlemek için üreticilerin bilinçlendirilmesi ve sorumluluklarının artması, hileli ve sahte ballarla mücadelede önemli bir diğer faktördür. Tüketicilerin de bu konuda eğitim düzeylerinin artırılması ve bilinçlendirilmesi, hileli ve sahte ballarla ilgili karşılaşabilecekleri sorunların çözümüne katkı sağlayacaktır.

Balın aslına ve standartlara uygun olarak üretilmesi, depolanması, tüketiciye ulaştırılması konusunda gereken titizlik her aşamada mutlaka gösterilmelidir. Mevcut sorunların çözümü adına günümüzde devletin yetkili organlarının izlediği politika da bu yöndedir. Nitekim balda taklit ve tağşişin önüne geçebilmek için yasal düzenlemeler getirilmekte ve gerekli denetimler gerçekleştirilmektedir.

Yukarıda belirtilen konularda resmi denetim ve kontrol yetkisi Tarım ve Orman Bakanlığı'na aittir. İlgili bakanlık, gıda güvenilirliğine ilişkin yasal düzenlemelerle bu konuya büyük önem vermektedir. Bu kapsamda, insan sağlığına uygun olmayan balların üretimi, işlenmesi ve piyasaya arz edilmesi önlenmekte; taklit ve tağşiş yapanlara idari para cezası uygulanmakta, ürünlerine el konulmakta ve mülkiyetinin kamuya geçirilmesine karar verilmektedir. Ayrıca, taklit ve tağşiş yapan firmaların adı, ürün adı ve markası, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın resmi internet sitesinde kamuoyunun bilgisine sunulmaktadır.

Sonuç olarak, balın doğal yollarla üretilmesi ve pazarlanması; üretici ile tüketici arasındaki bilgi kirliliğini azaltmak, taklit ve tağşiş uygulamalarının önüne geçmek ve taraflar arasında güven temelli bir ilişki inşa etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Tüketicinin güven içinde bal tüketmesini sağlamak, aynı zamanda toplumun bala ve onun üretim sürecine sahip çıkma bilincinin bir yansıması olacaktır. Bu doğrultuda, halk sağlığının korunması ve sektörde adil bir rekabet ortamının sürdürülebilmesi için, baldaki taklit ve tağşiş sorununa karşı üreticiler, tüketiciler ve yetkili kurumların iş birliği içerisinde hareket etmesi zorunlu görülmektedir.

REFERANSLAR

- Akpınar, Ş., (2011). Balda kalıntıya dikkat. *Ordu'da Tarım*. Yıl 15, sayı 87. Sayfa 5. Ordu.
- Alataş, İ., Bulakeri, N., Öztürk, İ., (1996). *Aşırı şeker şurubu ile arı beslemenin balın bileşimi üzerine etkileri*. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Yayın No: 4, Menemen, İzmir.
- Anonim, (1991). Arıcıların dikkatine. *Teknik Arıcılık*. Sayı 34, sayfa 31. Ankara.
- Anonim, (1996). Arıcılık kursları oğul balı verdi. 02.03.1996 Tarihli *Milli Gazete*. Sayfa 6. İstanbul.
- Anonim, (1998). Bala katkı maddesi yasak. 17.05.1998 tarihli *Zaman Gazetesi*. Sayfa 20. İstanbul.
- Anonim, (2005). Bal kaosu. *Gıda Mühendisliği Dergisi*. Sayı 20. Sayfa 38. Ankara.
- Anonim, (2009). *Bal sektörü için iyi hijyen uygulamaları rehberi*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Rehber No:1. 40 sayfa. Ankara.
- Anonim, (2010a). 5996 Sayılı veteriner hizmetleri, bitki sağlığı, gıda ve yem kanunu.
<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5996&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>. adresinden 07.06.2025 tarihinde alınmıştır.
- Anonim, (2010b). Organik tarım esasları ve uygulanmasına ilişkin yönetmelik. 18.08.2010 tarihli *Resmî Gazete*. Sayı: 27676. Ankara.
- Anonim, (2011). Gıda maddesi satın alırken. *Ordu'da Tarım*. Yıl 16, sayı 90. Sayfa 3. Ordu.
- Anonim, (2012). Organik ürün sertifikasına bakın. 26.08.2012 Tarihli *Milli Gazete*. Sayfa 5. İstanbul.
- Anonim, (2013). İstanbul'da bal festivali 6 şubatta. 04.02.2013 Tarihli *Yeniakit Gazetesi*. Sayfa 5. İstanbul.
- Anonim, (2020). Türk gıda kodeksi bal tebliği (2020/7). 22.04.2020 tarihli *Resmî Gazete*. Sayı 31107. Ankara.
- Anonim, (2021). Balda yapılan hileler.
<http://www.gidadernegi.org/TR/Genel/TOSUN329d.pdf>. adresinden 09.05.2025 tarihinde alınmıştır
- Ateş, N., (1994). Balın kalite kontrolü. *Doğu Karadeniz Bölgesi Bal Paneli* (26 Nisan 1993) Bildirileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Sayfa 70-72. Trabzon.
- Bölükbaşı, D., (2010). Doğal, yapay ballar ve balda kalıntı.
<https://dagem.duzce.edu.tr/Dokumanlar/dagem/> adresinden 10.03.2010 tarihinde alınmıştır.
- Çarkçıoğlu, S., (2009). Arı ürünlerine yapılan hileler ve belirleme yöntemleri. *Eğitim Notları*. Arıcılık Araştırma Enstitüsü. 5 sayfa. Ordu.
- Çiftçi, A., (2024). Sahte ballar sektörü tehlikeye düşürüyor.
<https://www.milliyet.com.tr/ekonomi/sahte-ballar-sektoru-tehlikeye-dusuruyor-7082571>. adresinden 22.12.2024 tarihinde alınmıştır.
- Çil İplikçi, G., (2013). Hayvansal gıdalarda hileler ve halk sağlığı açısından önemi. *Veteriner Hekimler Derneği Bülteni*. Sayı 6. Sayfa 12-15. Ankara.
- Damarlı, E., Coşkun, İ., (2015). Global marka olma yolunda Balparmak. *Marka Bal Olma Yolunda Samsun Sempozyumu*. Sayfa 232- 248. Samsun.
- Doğaroğlu, M., (1992). *Arıcılık*. Trakya Üniv. Tekirdağ Zir. Fak. Yay. No: 42. 224 sayfa. Tekirdağ.

- Elmas, B., (2016). Yöre arıcılığına ilişkin 10.02.2016 tarihinde özel görüşme. Şarköy İlçesi Uçmakdere Köyü Muhtarı. Tekirdağ.
- Eniştegil, N., (1977). Bal, hileleri, taklit, tağşiş ve mevzuat. *Batı Anadolu I. Arıcılık Semineri* (26-27 Aralık 1977) Bildirileri. Sayfa 140-149. F Bölge Ziraat Araştırma Enst. Yayın No: 13/19. Menemen.
- Erbay, B., (2018). Gıdalarda taklit ve tağşiş. *Ordu'da Gıda Güvenliği*. Yıl 12, sayı 31. Sayfa 30-31. Ordu.
- Ese, H., (2014). Sahte bal üretimine ilişkin 26.09.2014 tarihinde özel görüşme. Arıcılık Araştırma Enstitüsü Teknik Personeli. Ordu.
- Fidan, G., (2010). Bilinçli gıda tüketimi. 08.08.2010 Tarihli *Milli Gazete*. Sayfa 14. İstanbul.
- Genç, F., (1993). *Arıcılığın temel esasları*. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 149. 286 sayfa. Erzurum.
- Güney, F., (2015). Balda saflık ve kalite testleri. *Marka Bal Olma Yolunda Samsun Sempozyumu*. Sayfa 171- 186. Samsun.
- Karkacier, M., Gürel, F., Özdemir, F., (2000). Farklı balların hplc yöntemi ile belirlenen şeker içerikleri kullanılarak tanımlanması. *Gıda*. 25 (1): 69-73.
- Kumova, U., (2019). Ülkemizde bal sektörüne bir bakış. *Petek*. Sayı 27. Sayfa 14-16. Samsun.
- Mendes, E., Proença, E. B., Sanches, J. S., Rivera, B. G., (1998). Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydrate polymers*. 37: 219-223.
- Öztürk, M., Tokul Ölmez, Ö., Çakır, C., (2021). Balda yapılan tağşişler / tağşişsiz ürün elde etme yöntemleri. *Kastamonu'da Arıcılık ve Arı Ürünleri Çalıştayı* (3 Kasım 2021). Sayfa 60-68. Kastamonu.
- Sıralı, R., (2010). Sahte bala acil müdahale. *Ekoloji Magazin*. Sayı 27. Sayfa 60-67. İzmir.
- Sıralı, R., (2013a). Mercek altındaki bal reklamları. *Ordu'da Gıda Güvenliği*. Yıl 7. Sayı 19. Sayfa 21-24. Ordu.
- Sıralı, R., (2013b). Toplumumuzun sahte bal algısı. *Ordu'da Gıda Güvenliği*. Yıl 7. Sayı 21. Sayfa 18-21. Ordu.
- Sıralı, R., (2016). Balda sahtecilik yöntemleri ve merdiven altı bal üretim sorunu. *Petek*. Sayı 17. Sayfa 12-16. Samsun.
- Sıralı, R., (2019). Balda sahtecilik üzerine kırmızı çizgilerimiz. *Petek*. Sayı 27. Sayfa 18-20. Samsun.
- Sıralı, R., Pehlivanoglu, H., (2021). Ballardaki taklit ve tağşişe ilişkin yasal düzenlemelerin değerlendirilmesi. *Ordu'da Gıda Güvenliği*. Yıl 15, sayı 37. Sayfa 34-41. Ordu.
- Sivakesava, S., Irudayaraj, J., (2002). Classification of simple and complex sugar adulterants in honey by mid-infrared spectroscopy. *International Journal Food Science and Technology*. 37, 351-360.
- Sorkun, K., Doğan, C., (2002). Türkiye'de üretilen doğal ve yapay balların ayırt edilmesinde 10 gram baldaki toplam polen sayısının (TPS) önemi. *Mellifera*. 2-4: 13-21. Ankara.
- Tosun, M., (2004). Balda yapılan hileleri belirleme yöntemlerinin uygunluğunun araştırılması. Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enst. Gıda Müh. Anabilim Dalı. *Doktora Tezi*. 108 sayfa. Erzurum.
- Türkmen, S., Ataseven, Y., (2020). Türkiye'de taklit ve tağşiş yapılan gıdalara ilişkin yasal düzenlemelerin ve uygulamaların değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*. 6 (1): 65-75. Ankara.

- Vit, P., Pulcini, P., (1996). Diastase and invertase activities in meliponini and trigonini honeys from Venezuela. *J. Apicultural Research*. 35 (2): 57-62.
- Wetherilt, H., Başoğlu, N., Pala, M., (1994). Türkiye’de üretilen saf ve suni balların ayırt edilebilmesine yönelik kriter geliştirme araştırması. *Doğu Karadeniz Bölgesi Bal Paneli* (26 Nisan 1993) Bildirileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Sayfa 22-57. Trabzon.
- Yavuzer, Ü., Bengisu, G., (2015). *Organik hayvancılık*. Nobel Yayıncılık. Yayın no: 1202. 117 sayfa. Ankara.

Ceviz (*Juglans regia* L.)’in Mikroçoğaltım Zorluklarına Kapsamlı Bir Bakış

Sevil SAĞLAM YILMAZ¹

1- Prof. Dr.; Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü.
saglamsevil@gmail.com ORCID No: 0000-0003-1302-9147

ÖZET

Ceviz (*Juglans regia* L.) ekonomik öneme sahip önemli bir meyve türüdür. Bitki doku kültürü cevizin çoğaltılmasında hem zaman, hem işçilik hem de diğer maliyetler bakımından en karlı yöntemdir. Doku kültürü teknolojisine dayalı mikroçoğaltımın iyi anlaşılması, çok kısa bir sürede, sınırlı bir alanda ve iklimden bağımsız olarak tüm yıl boyunca çok sayıda bitkinin çoğaltımına izin verdiği için büyük ölçekli üretimlerde son derece önemlidir. Mikroçoğaltım tekniği cevizin çoğaltımı yanında ıslahı, hastaliksız, abiyotik ve biyotik stres koşullarına toleransı yüksek yeni çeşit ve klonların geliştirilmesi, genetik kaynakların korunması, genetik transformasyon çalışmaları amacıyla da kullanılmaktadır. Cevizde mikroçoğaltım tekniğinin uygulanmasının avantajlarına rağmen, bu teknik uygulamada karşılaşılan pek çok zorluktan dolayı da istenen ölçüde popülerlik kazanamamıştır. Mikroçoğaltım tekniğinin cevizin ticari çoğaltılması için uygulanmasında teknik, bilimsel, biyolojik, fizyolojik, genetik vb. birçok engel veya sorunla karşılaşabilmektedir. Bunlardan en önemlisi ceviz bitkisinin mikroğaltımda inatçı bir tür olmasıdır. Diğer zorlukları ise mikrobiyal kontaminasyon, fenolik bileşiklerin meydana getirdiği kararma (kahverengileşme), düşük rejenerasyon oranı, altkültürlemede karşılaşılan zorluklar, genotipe özel mikroçoğaltım protokollerinin geliştirilmesi zorunluluğu, *in vitro* köklenme zorluğu, somaklonal varyasyonlar, vitrifikasyon ve aklimatizasyon zorluklarıdır. Bazı sorunlar artık az sayıda kimi araştırmacılarca kimi laboratuvar ve ülkelerde çözülmüşse de, bazı kısıtlamalar hala bu tekniğin cevizin çoğaltımı ve klonal anaç üretim programlarında güvenli, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına engel olmaktadır. Bu çalışma, ceviz bitkisinin hem ıslahına yönelik yapılan/yapılacak olan bilimsel çalışmalara katkı sağlamayı hem de ticari üretimi amacıyla mikroçoğaltımında karşılaşılan önemli sorunları ve bunların bilimsel ve teknik açıdan çözümlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler – Ceviz, in vitro, kontaminasyon, kararma, aklimatizasyon

GİRİŞ

Ceviz denildiğinde ilk akla “Anadolu cevizi, İran cevizi ve İngiliz cevizi” olarak da adlandırılan *Juglans regia* L. gelmektedir. Yabani formdaki ceviz türleri dünyanın birçok yerinde bulunmaktadır. Cevizin anavatanı; “Karpaz dağlarından Türkiye, Irak, İran, Afganistan, Güney Rusya, Hindistan, Mançurya ve Kore'ye kadar uzanan geniş bir bölgenin olduğu bilinmektedir. Dünyada büyük bir tabii yayılma alanına sahip olan Anadolu cevizi çeşitli göçler ve ticaret kervanları vasıtasıyla farklı yerlere götürülmüş olup, bugün tropik bölgeler dışında dünyanın neredeyse her

yerinde yetiştirilebilmektedir (Canlıhoş, 2014). Ceviz, Juglandaceae familyasına ait uzun ömürlü bir ağaç türü olup, yüksek ekonomik değeri, besinsel içeriği ve orman endüstrisindeki önemi nedeniyle dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Şen, 2011; Akça, 2013). Klasik vegetatif çoğaltım yöntemleri (çelikle üretim, aşı vb.) sınırlı başarı göstermekte, bu durum da genetik olarak üstün bireylerin çoğaltılmasını güçleştirmektedir. Cevizde klasik çoğaltım yöntemlerinin sınırlamaları, özellikle seçkin genotiplerin çoğaltılması açısından mikroçoğaltım (*in vitro* çoğaltım) tekniklerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Fakat ceviz mikroçoğaltımı da, diğer meyve türlerine kıyasla çeşitli zorluklara sahiptir (Espinosa ve ark., 2006; Fraga ve ark., 2012).

Mikroçoğaltım, aseptik laboratuvar koşullarında bitki hücreleri, dokuları veya organlarından yeni bitkiler üretmeyi amaçlayan bir bitki doku kültürü tekniğidir (George ve ark., 2008; Loyola-Vargas ve Ochoa-Alejo, 2012; Thorpe, 2007). Ceviz için bu süreç genellikle dört ana aşamadan oluşmaktadır. Başlangıç (eksplant hazırlığı ve kontaminasyon kontrolü), çoğaltım (sürgün gelişimi ve proliferasyon), köklenme (*in vitro* veya *ex vitro* kök oluşturma), aklimatizasyon (laboratuvar koşullarından dış ortama geçiş, dış koşullara alıştırma) (Thorpe, 2007). Cevizde mikroçoğaltımının ana zorlukları; kontaminasyon sorunları, fenolik bileşiklerin oksidasyonu, proliferasyonun zayıf olması, köklenme ve aklimatizasyon problemleridir (Leelavathy, 2016; McGranahan ve Leslie, 1990; Fraga ve ark., 2012; Martínez ve ark., 2017).

Cevizde en yaygın karşılaşılan sorunlardan biri yüksek kontaminasyon oranlarıdır. Odunsu dokuya sahip olması sebebiyle ceviz yüzey sterilizasyonu oldukça zordur (McGranahan ve Leslie, 1990; Fraga ve ark., 2012). Özellikle fungal ve bakteriyel kontaminasyon, kültürlerin sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir (Tekielska, 2019). Ceviz eksplantları, cevizin yapısı gereği yüksek oranda fenolik bileşik içermektedir. Bu bileşiklerin oksidasyonu kültür ortamında doku kararmalarına ve nekroza neden olmaktadır (Gruselle ve ark., 1995). Askorbik asit ve PVP gibi antioksidan maddelerin kullanımı kararmayı azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Ceviz bitkisi rejenerasyonunda sürgün proliferasyonu genellikle yavaştır (McGranahan ve Leslie, 1990; Vahdati ve ark., 2009). Kullanılan büyüme düzenleyiciler her genotipe farklı etki gösterdiğinden, genotipe özgü protokollerin geliştirilmesi gerekmektedir. *In vitro* sürgünlerin köklenme oranları da genellikle düşüktür. Oksin tipi, dozu ve uygulama şekli köklenme üzerinde doğrudan etkili olmaktadır (Navatel, 1994). Ayrıca vitrifikasyon (aşırı su içeriğine sahip olma durumu) gibi fizyolojik bozukluklar da kök gelişimini engelleyebilmektedir. *In vitro* koşullardan dış ortama geçişte bitkiler ciddi fizyolojik stres yaşamaktadırlar. Bu da yapraklarda solma, dökülme, fotosentetik performans kaybı ve hayatta kalma oranında düşüşe neden olmaktadır.

Sorunlara yönelik çözüm önerileri eksplant kaynaklarının ve fenolik oksidasyonu azaltıcı ajanların çeşitlendirilmesi, büyüme düzenleyicilerin tipi, konsantrasyonu ve kombinasyonları ile birlikte uygulama şekillerindeki değişiklikler olabilmektedir. Köklendirme problemlerin aşılmasında *in vitro* köklendirme metodlarına alternatif *ex vitro* yaklaşımlar denenebilmektedir. Son yıllarda sıvı ortamların ve biyoreaktörlerin kullanımı ve kullanımındaki avantajlardan da söz eden çalışmalar yapılmaktadır (Fraga ve ark., 2012; Sudhakar ve ark., 2015; Martínez ve ark., 2017). Ancak bu alternatif metodların kullanımında ortaya çıkabilecek diğer zorlukların da bertaraf edilmesi gerekmektedir. Ortam pH'nın optimize edilmesi, aktarma sürelerinde meydana gelecek değişimler ya da kontaminasyonun elimine edilmesi gibi çözümler alternatif yöntemlerdeki gelişmeyi destekleyebilecektir. Ceviz mikroçoğaltımı, pek çok zorluğa rağmen genetik olarak üstün bireylerin çoğaltılması açısından vazgeçilmez bir tekniktir (Burgos ve ark., 2008; Mansour ve ark., 2016; Xu ve ark., 2018; De Almeida ve ark., 2020). Ancak genotipe özel protokollerin geliştirilmesi, fenolik oksidasyonu önleme stratejilerinin güçlendirilmesi ve aklimatizasyon başarı oranlarının artırılması bu alandaki ilerlemenin ön koşullarıdır. Gelecekte genetik mühendislik ve biyoteknolojik yaklaşımların doku kültürüne entegrasyonu mikroçoğaltım protokollerinin etkinliğini daha da artıracaktır (McGranahan ve ark., 1990; Kumar, 2012; Tang, 2000).

Bu çalışmanın amacı, cevizin (*Juglans regia* L.) *in vitro* çoğaltımında karşılaşılan zorlukları tartışmak ve çözüm önerileri sunmaktır. Büyük ölçekli bitki üretimi ve ıslahı için bitki doku kültürleri oldukça önemlidir. *In vitro* mikroçoğaltım, hastalıksız, genetik olarak tekdüze bitkilerin seri üretimi ve cevizde yeni çeşitlerin geliştirilmesi için önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak, cevizin özellikle ticari üretiminin geniş çaplı yapılabilmesini engelleyen önemli engeller hala devam etmektedir. Bu engeller aşağıda başlıklar halinde çözüm önerileri ile birlikte açıklanmıştır.

CEVİZİN MİKROÇOĞALTIMINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Cevizin *in vitro* çoğaltımı; hazırlık, kültür başlangıcı, sürgün çoğaltımı, sürgün gelişimi, köklendirme, dış ortama alıştırma (aklimatizasyon) aşamalarından oluşmaktadır. Ceviz mikroçoğaltımı ilk olarak 1980'li yıllarda başlamış ve günümüzde de hala sürmektedir. Yıllar itibarıyla cevizin klonal çoğaltımı üzerine yapılan çalışmalar Tablo 1.'de verilmiştir. Cevizin mikroçoğaltımında karşılaşılan sorunlar mikrobiyal kontaminasyon, fenolik bileşiklerin oksidasyonu, proliferasyonun zayıf olması, vitrifikasyon, *in vitro* köklenme ve aklimatizasyon sorunları başlıkları altında incelenmiştir.

Tablo 1. Cevizin Mikroçoğaltımı Üzerine Yapılmış Olan Çalışmalar (1984-2025)

Sıra No	Çalışmanın Adı	Yılı
1	Driver J, Kuniyuki AH. <i>In vitro</i> propagation of Paradox walnut rootstock.	1984
2	Gruselle, R., Badia, N., Boxus, P. Walnut micropropagation: first results.	1985
3	McGranahan GH, Driver JA, Tulecke W. Tissue culture of Juglans.	1987
4	McGranahan, G., Leslie, C. A., Driver, J.A. <i>In vitro</i> propagation of mature Persian walnut cultivars.	1987
5	Revilla MA, Majada J, Rodriguez R. Walnut (<i>Juglans regia</i> L.) micropropagation.	1989
6	Jay-Allemand C, Capelli P, Cornu D. Root development of <i>in vitro</i> hybrid walnut microcuttings in a vermiculite-containing gelrite medium.	1992
7	Ripetti V, Kevers CL, Gaspar T. Two successive media for the rooting of walnut shoots <i>in vitro</i> .	1994
8	Chenevard D, Jay-Allemand C, Gendraud M, Frossard J. The effect of sucrose on the development of hybrid walnut microcuttings (<i>Juglans nigrax</i> <i>Juglans regia</i>).	1995
9	Gruselle, R., Boxus, P., Lepoivre, P. Improvement of walnut (<i>Juglans regia</i> L.) shoot cultures through the use of antioxidants in the culture medium.	1995
10	Dolcet-Sanjuan R, Claveria E, Camprubi A, Estaun V, Calvet C. Micropropagation of walnut trees (<i>Juglans regia</i> L) and response to arbuscular mycorrhizal inoculation..	1996
11	Heloir MC, Kevers C, Hausman JF, Gaspar T. Changes in the concentrations of auxins and polyamines during rooting of <i>in-vitro</i> -propagated walnut shoots.	1996
12	Pijut PM. Micropropagation of <i>Juglans cinerea</i> L. (Butternut). In High-Tech and Micropropagation.	1997
13	Sánchez-Olate ME, Ríos DG, Gea MA, Rodríguez R, Revilla MA. Parameters affecting the <i>in vitro</i> growth and rooting of <i>Juglans regia</i> L.	1997
14	Scaltsoyiannes, A., Tsoulpha, P., Panetsos, K. P., Moulalis, D. Effect of Genotype on Micropropagation of Walnut Trees (<i>Juglans regia</i>).	1997
15	Tang, H.R., et al. Control of phenolic compound oxidation in tissue culture of Juglans species.	2000
16	Saadat YA, Hennerty MJ. The effects of different <i>in vitro</i> and <i>ex vitro</i> treatments on the rooting performance of Persian walnut (<i>Juglans regia</i> L.) microshoots.	2001
17	Navatel JC, Bourrain L. Plant production of walnut <i>Juglans regia</i> L. by <i>in vitro</i> multiplication.	2001
18	Tetsumura T, Tsukuda K, Kawase K. Micropropagation of Shinano walnut (<i>Juglans regia</i> L.).	2002
19	Dolcet-Sanjuan R, Claveria E, Gruselle R, Meier-Dinkel A, Jay-Allemand C, Gaspar, T. Practical factors controlling <i>in vitro</i> adventitious root formation from walnut shoot microcuttings.	2004
20	Vahdati K, Leslie C, Zamani Z, McGranahan G. Rooting and acclimatization of <i>in vitro</i> -grown shoots from mature trees of three Persian walnut cultivars.	2004
21	Leslie CA, Hackett WP, Bujazha D, Hirbod S, McGranahan GH. Adventitious rooting and clonal plant production of hybrid walnut (<i>Juglans</i>) rootstock selections.	2005
22	Caboni E, Damiano C. <i>In vitro</i> propagation of walnut (<i>Juglans regia</i> L.): Critical factors for the induction of the rooting response.	2005
23	Kaur R, Sharma N, Kumar K, Sharma DR, Sharma SD. <i>In vitro</i> germination of walnut (<i>Juglans regia</i> L.) embryos.	2006

- 24 Espinosa, A. C., Brinker, M., Höfer, M. Recalcitrance of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in tissue culture. 2006
- 25 Pei D, Yuan L, Wang Q, Ruisheng G. Factors affecting rooting of *in vitro* shoots of walnut cultivars. 2007
- 26 Leal DR, Sánchez-Olate M, Avilés F, Materan ME, Uribe M, Hasbún R, Rodríguez R. Micropropagation of *Juglans regia* L. In Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits. 2007
- 27 Sharifian S, Vahdati K, Mirmasoumi M, Ghaem Maghami S. Assessment of phloroglucinol effect on rooting of tissue cultured Persian walnut. 2007
- 28 Leslie CA, McGranahan GH. Walnut micropropagation, rooting, and acclimatization. In Adventitious Root Formation in Forest Trees and Woody Horticultural Crops From Genes to Applications. 2009
- 29 Aviles F, Rios D, Gonzalez R, Sanchez-Olate M. Effect of culture medium in callogenesis from adult walnut (*Juglans regia* L.) leaves. 2009
- 30 Vahdati K, Najafian AE, Ebrahimzadeh H, Mirmasoumi M. Improved micropropagation of walnut (*Juglans regia* L.) on media optimized for growth based upon mineral content of walnut seed. 2009
- 31 Martin, M.T., et al. *In vitro* micropropagation of walnut. 2009
- 32 Vahdati, K., Leslie, C. A., Zamani, Z., McGranahan, G.H. Rooting and acclimatization of walnut *in vitro* shoots influenced by genotype and culture conditions. 2009
- 33 Ashrafi EN, Vahdati K, Ebrahimzadeh H, Mirmasoumi M. Analysis of *in vitro* explants mineral contents to modify medium mineral composition for enhancing growth of Persian walnut (*Juglans regia* L.). 2010
- 34 Payghamzadeh K, Kazemitabar SK. *In vitro* propagation of walnut A review. 2011a
- 35 Payghamzadeh, K., Kazemitabar, SK. An improved system for *in vitro* propagation of *Juglans regia* L. 2011b
- 36 Licea-Moreno RJ, Morales AV, Gradaille MD, Gómez L. Towards scaling-up the micropropagation of *Juglans major* (Torrey) Heller var. 209 *J. regia* L., a hybrid walnut of commercial interest. 2012
- 37 Fraga, H. P., Vieira, L. N., Puttkammer, C. C., Guerra, M. P. Challenges to walnut micropropagation: Growth regulators and phenolic exudation. 2012
- 38 Tarinejad A. Effects of disinfectants and antibiotics on contamination during propagation of walnut (*Juglans regia* L.). 2013
- 39 Saglam S, Yildiz K, Sirin E. *In vitro* clonal propagation of two Turkish walnut (*Juglans regia* L.) varieties. 2014
- 40 Licea-Moreno RJ, Contreras A, Morales AV, Urban I, Daquinta M, Gomez L. Improved walnut mass micropropagation through the combined use of phloroglucinol and FeEDDHA. 2015
- 41 Zarghami R, Salari A. Effect of different hormonal treatments on proliferation and rooting of three Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes. 2015
- 42 Kepenek K, Kolagasi Z. Micropropagation of walnut (*Juglans regia* L.). 2016
- 43 Mansour, S., Abdelnour-Esquivel, A., Al-Hussein, A. Micropropagation of walnut (*Juglans regia* L.): A review on advances and challenges. 2016
- 44 Martínez, M. T., Espinosa, A. C., Villegas, A. Micropropagation and ex vitro establishment of *Juglans regia* L. using axillary buds. 2017
- 45 Tuan, P. N., Meier-Dinkel, A., Höltken, A. M., Wenzlitschke, I. Winkelmann, T. Factors affecting shoot multiplication and rooting of walnut (*Juglans regia* L.) *in vitro*. 2017
- 46 Fatima A, Kamili AN, Shah S. Response of different explants of walnut (*Juglans regia* L.) to various concentrations of sterilants. 2018
- 47 Stevens, M. E., Pijut, P. M. Rapid *in vitro* shoot multiplication of the 2018

- recalcitrant species *Juglans nigra* L.
- 48 Xu, Z., He, C., Chen, Y. Clonal propagation of *Juglans regia* L. via axillary bud culture: Optimizing protocols for commercial application. 2018
 - 49 Yegizbayeva TK, Yausheva TV, Oleichenko SN, Licea-Moreno RJ. Influence of nutrition compositions on microclonal propagation different genotypes of the walnut *Juglans regia* L. 2020
 - 50 Vahdati, K., Leslie, C. A. Walnut propagation and rootstocks. 2020
 - 51 Yegizbayeva TK, García-García S, Yausheva TV, Kairova M, Apushev AK, Oleichenko SN, Licea-Moreno RJ. Unraveling factors affecting micropropagation of four Persian walnut varieties. 2021
 - 52 Campos, M.D., Peixe, A., Barroso, J., Rato, A.E., Ribeiro, A. and Ribeiro, H. The Paradox cl. 'Vlach' multiplication and rooting rates are strongly affected by the explant position on the *in vitro* growing shoots. 2021
 - 53 Mahmoud, S.S., El-Kassas, S. Optimization of sterilization protocols for micropropagation of walnut (*Juglans regia* L.). 2021
 - 54 Dirlik C, Kandemir H, Cetin N, Senem SEN, Guler B, Gurel A. Effects of different culture media compositions on *in vitro* micropropagation from paradox walnut rootstock nodes. 2022
 - 55 Vahdati K, Sadeghi-Majd R, Sestras AF, Licea-Moreno RJ, Peixe A, Sestras RE. Clonal propagation of walnuts (*Juglans* spp.): a review on evolution from traditional techniques to application of biotechnology. 2022
 - 56 Jahanian, A., Tissue culture of walnut (*Juglans* spp.) and obviation of phenolic compounds: A review article. 2024
 - 57 Sharma S, Sharma S, Kumar P, Verma P, Sharma R, Sharma NC. Overcoming Challenges in Walnut (*Juglans regia* L.) Micropropagation: A Comprehensive Approach to Optimizing Explant Selection, Sterilization, and Nutrient Media. 2025
-

Mikrobiyal Kontaminasyon

Mikrobiyal kontaminasyon tüm doku kültürü sistemlerinde yaygın bir sorundur (Kyte, 1987). Mikroorganizmaların varlığı cevizin mikroçoğaltımında yalnızca çoğaltımın başarı oranını düşürmekle kalmaz, aynı zamanda bitkinin ölümüne de yol açabilir (Loyola-Vargas ve Ochoa-Alejo, 2012; Kozai, 1991; Thorpe, 2007, George ve ark., 2008). Bugüne kadar eksplant hazırlama süreçlerini sterilizasyon tekniklerini optimize etmek ve geliştirmek için pekçok çalışma yapılmıştır (Tripathi ve ark., 2022; De Almeida ve ark., 2020; Mahmoud ve El-Kassas, 2021; Singh ve ark., 2022; George ve ark., 2008; Şirin, 2014; Yıldırım, 2018; Özelçi, 2024). Doku kültürü için gereken steril koşullar kritiktir ve herhangi bir sapma bakteri, fungus veya diğer patojenlerden kaynaklanan kontaminasyona yol açabilmektedir. Cevizin mikroçoğaltımında kültür ortamındaki mikrobiyal kontaminantların varlığı başarı oranında azalmaya sebep olmaktadır (Varghese ve Joy, 2016). Kontaminasyon eksplantları doğrudan öldürmese bile, toksik metabolitleri serbest bırakarak veya ortamdaki besinleri tüketerek büyümelerini engellemekte ve bitkinin tamamen ölümüne sebep olmaktadır. Bazı durumlarda, mikroorganizmalar doğrudan doku üzerinde olabileceği gibi ortamdan dokuya doğru da saldırılabilmekte ve bitki materyalinin geri döndürülemez hasar görmesine ve ölmesine neden

olmaktadır. Cevizin mikroçoğaltımında eksplantların sterilizasyonunda farklı yöntemler kullanılmaktadır. Sodyum hipoklorit (NaOCl), etanol, hidrojen peroksit gibi dezenfektanların kullanımı standart kimyasal uygulamalardır. Cevizin mikroçoğaltımında, eksplantın zarar görmeden steril olmasını sağlamak için konsantrasyon ve maruz kalma süresi optimize edilmelidir. Cevizin *in vitro* sterilizasyon sürecini geliştirmek için daha yüksek konsantrasyonlarda NaOCl kullanılmış ve sterilizasyon solüsyonlarına Tween gibi (Tween-20, Tween-80) toksik olmayan, noniyonik yüzey aktif maddeler eklenmektedir (Mahmoud ve El-Kassas, 2021; Vahdati ve Leslie, 2020; Pathak ve Dhawan, 2023). Bazı durumlarda, eksplantlara zarar vermeden mikrobiyal yükü azaltmanın bir yolu olarak kısa süreli ısıya maruz bırakma (sıcak suda bekletme ya da sıcak ortamda bekletme gibi işlemler 50–55 °C sıcak suda 5–10 dk bekletme vb.) araştırılmıştır (Pathak ve Dhawan, 2023; Goyal ve ark., 2021; Tripathi ve ark., 2022). Geliştirilmiş ortam katkı maddeleri olarak antibiyotiklerin (penisilin, streptomisin vb.), ve antifungal ajanların kültür ortamına eklenmesi bakteri ve fungusların büyümesini önlemek için yaygın bir stratejidir. Antibiyotikler bitki dokusuna zarar vermeden bakteri büyümesini engelleyebilmektedir. Bavistin gibi antifungal bileşikler veya thiram gibi fungusitler, özellikle ceviz kültürlerinde sorun oluşturan fungal kontaminasyonunu önlemek için ortama eklenebilir (Mahmoud ve El-Kassas, 2021; Goyal ve ark., 2021). Bavistin %0.1–0.2 oranında, thiram ise %0.05–0.1 oranında sterilizasyondan önce kullanılmıştır. Kontaminasyonu engellemenin ön şartı aseptik şartarda çalışıyor olmaktır. Temiz odanın ve biyogüvenlik kabinlerinin, çalışma ortamının steril olduğundan emin olmak esastır. Biyogüvenlik kabinleri özellikleri, UV sterilizasyonu ve temiz oda protokolleri, ceviz bitki doku kültürünün tüm aşamalarında aseptik koşulları oluşturmak ve korumak için oldukça önemlidir. Tüm aletlerin (bisturi, pens vb.) kullanımlar arasında otoklavlama veya alev sterilizasyonu ile sterilize edilmesini sağlamak, kirleticilerin girişini en aza indirmeye yardımcı olmaktadır. Eksplant seçiminde ceviz ağacının yaşı kadar kullanılacak eksplantın yaşı da oldukça önemlidir. Daha genç, daha az kirlenmiş dokuları seçerek kullanmak (genç, sağlıklı sürgünler veya tomurcuklar gibi) mikrobiyal kontaminasyonu azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Daha eski, hasarlı dokulardan alınan eksplantların gizli mikrobiyal popülasyonlara ev sahipliği yapma olasılığı daha yüksektir. Bazı araştırmacılar, ceviz kültürlerini başlatmadan önce mikrobiyal riskleri azaltmak amacıyla ön işlem olarak antimikrobiyal etki sağlayabilen gümüş nanopartiküllerden (AgNPs) yararlanmışlardır (Hashem ve ark., 2022; Rezaei et al., 2020). AgNP'ler genellikle 10–50 ppm konsantrasyon aralığında kullanılmıştır. Kısa süreli immersiye (5–15 dakika) kontaminasyon kontrolünde etkili bulunmuştur. Ancak fitotoksisite riski nedeniyle konsantrasyon titizlikle optimize edilmelidir. Kültürlerin herhangi bir kontaminasyon belirtisi açısından düzenli görsel muayeneleri, sorunların erken belirlenmesine ve hızlı müdahaleye olanak sağlayabilir.

Besin ortamının kompozisyonunun ayarlanması, onu mikrobiyal büyümeye daha az elverişli hale getirebilir. Araştırmacılar, bitki besinlerini optimize ederek ve büyüme düzenleyicileri ekleyerek, mikrobiyal büyümeyi sınırlandırırken bitki büyümesini teşvik eden bir ortam yaratabilirler. Mikrobiyal kontaminasyon, ceviz *in vitro* mikroçoğaltımındaki en büyük engellerden biri olmaya devam etmektedir. Ancak, sterilizasyon protokollerindeki gelişmeler, ortam optimizasyonu ve dikkatli eksplant yönetimi sayesinde araştırmacılar kontaminasyonu azaltmak için süreci sürekli olarak iyileştirmektedir. Bu çabalar, ceviz ve diğer bitkilerin doku kültürü sistemlerinde başarılı bir şekilde ticari olarak çoğaltılması için gereklidir. Sonuç olarak, etkili sterilizasyon ile bitki materyaline verilen minimum hasar arasında bir denge sağlamak, başarı oranlarını artırmanın ve mikrobiyal kontaminasyondan kaynaklanan kayıpları azaltmanın anahtarı olacaktır.

Fenolik Bileşiklerin Oksidasyonu

Diğer birçok bitki gibi ceviz de dokuları kesildiğinde veya strese maruz kaldığında, özellikle kültür başlangıcında havadaki oksijenle reaksiyona girerek (oksidatif stres) dokularda dejenerasyona sebep olan fenolik bileşikler salgılamaktadır. Bu fenolikler kahverengileşmeye neden olmakta, zamanla kararma meydana gelmekte, büyümeyi engellemekte ve hatta eksplantların ölümüne yol açmaktadır. Bu sorunu azaltmak ya da ortadan kaldırmak için doğru eksplant tipini belirlemek, eksplant alım zamanını iyi ayarlamak, kültür ortamını optimize etmek, ortama antioksidan veya aktif kömür eklemek çözüm olabilmektedir. Bitkinin doğal savunma sisteminin bir parçası olan bu fenolik bileşikler, mikroçoğaltımın başarısını çeşitli şekillerde engellemektedir.

Kahverengileşme, ortamdan besin maddelerinin ve bitki büyüme düzenleyicilerinin alınmasını engelleyerek eksplantın büyümesini engelleyebilir veya öldürebilir. Ayrıca eksplantlardan salınan fenolik bileşikler kültür ortamında birikerek toksisiteye yol açmaktadır. Bu bileşikler ortama salındıkça hücre metabolizmasını ve büyümesini de bozabilmektedir. Yüksek konsantrasyonlarda fenolik bileşikler bitki doku kültüründe önemli adımlar olan hücre bölünmesini ve uzamasını engelleyebilir ve hatta önleyebilir. Bu toksisite, başarılı çoğaltım için gerekli olan sürgün ve kök oluşumunda azalmaya neden olmaktadır. Bu durum zaten *in vitro* köklenmesi kolay olmayan ceviz sürgünleri için oldukça engelleyicidir. Fenoliklerin toksik etkileri, köklenme için gereken fizyolojik süreçleri engelleyerek bu süreci daha da zorlaştırmaktadır. Bu şekilde *in vitro* ceviz çoğaltımının genel rejenerasyon kapasitesi ve başarı oranı azalmaktadır.

Fenolik toksisiteyi azaltmak için bir takım stratejiler mevcuttur. Aktif kömür eksplantlardan sızan fenolik bileşikleri emmek için genellikle kültür ortamına eklenmektedir. Kömür, ortamdaki toksik fenoliklerin

birikimini etkili bir şekilde azaltabilmekte ve böylece eksplantın büyümesi üzerindeki etkilerini en aza indirebilmektedir. Aktif kömür ayrıca, fenolik bileşikleri oksijenle reaksiyona girme ve doku renk değişikliğine neden olma şansı bulmadan önce adsorbe ederek kahverengileşme sorununa yardımcı olmaktadır (McGranahan ve ark., 1987; Thomas, 2008; Payghamzadeh ve Kazemitabar, 2011). Ancak ortamdaki besin maddelerini de soğurma özelliğinden dolayı dikkatli kullanılmalıdır. Kültür ortamına askorbik asit (C vitamini), sitrik asit veya sodyum askorbat gibi antioksidanlar eklemek, fenolik oksidasyon sırasında üretilen reaktif oksijen türlerini (ROS) nötralize etmeye yardımcı olabilmektedir (Tang ve ark., 2000; Thomas, 2008). Bu antioksidanlar ROS'u temizleyerek oksidatif hasarı azaltmakta ve eksplantların kahverengileşmesini önlemektedir. Kültür ortamının bileşimini değiştirmek, fenolik bileşiklerin olumsuz etkilerini azaltmada önemli bir adımdır. Araştırmalar, büyüme düzenleyicileri ve tamponlama ajanlarının konsantrasyonlarının ayarlanmasının fenolik salgılanmanın etkisini azaltmaya yardımcı olabileceğini göstermiştir. MS besin ortamı konsantrasyonunun azaltılması veya özel besin ortamı kullanımı, eksplantlar üzerindeki genel stresi azaltmaya yardımcı olarak daha düşük fenolik salınımına yol açtığına dair çalışmalar rapor edilmiştir (Murashige ve Skoog, 1962; Driver ve Kuniyuki, 1984; Jahanian ve ark., 2024). Bazı protokoller, eksplantların ana kültür ortamına aktarılmadan önce ön kültüre alınmasını önermektedir. Eksplantları kültüre yerleştirmeden önce kısa bir süre askorbik asit veya sitrik asit solüsyonu gibi antifenolik bir solüsyonda bekletmek şeklinde yapılabilmektedir. Ayrıca, kısa süreli ısıya maruz bırakma (örneğin, sıcak su içinde tutma) veya dezenfektanlarla yıkama, ilk fenolik salgılanmayı azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Eksplantların sterilize edilmesinde kullanılan sodyum hipoklorit veya etanol gibi sterilizasyon ajanlarının konsantrasyonunu ayarlamak dokulardaki fiziksel hasarı azaltmaya yardımcı olarak fenolik salgılanmayı sınırlayabilmektedir. Oksinler ve sitokininler gibi belirli bitki büyüme düzenleyicilerinin eklenmesi de bazen fenolik salgılanmayı azaltmaktadır (Jahanian ve ark., 2024). Daha genç veya daha az olgun eksplantlar (terminal tomurcuklar veya sürgün uçları gibi) kullanmak, bu dokuların daha eski dokulara kıyasla yüksek miktarda fenolik salma olasılığı daha düşük olduğundan fenolik salgıyı azaltabilir. Eksplantlara yapılan kesiklerin boyutunu küçültmek ve daha hassas diseksiyon teknikleri kullanmak, yaralanmayı ve dolayısıyla fenolik salınımını azaltmaktadır. Eksplantların nazikçe ve steril koşullarda işlenmesini sağlamak gerekmektedir. Kültür ortamını dikkatli bir şekilde yöneterek, uygun eksplant türlerini seçerek, aktif kömür ve antioksidanlar gibi kimyasal katkı maddeleri kullanarak ve kültür ortamını ve protokolleri optimize ederek bu zorluklar azaltılabilir. Cevize özgü doku kültürü tekniklerine yönelik araştırmaların devam etmesi, çoğaltım başarısını artırmak ve fenolik toksisitenin oluşturduğu engellerin üstesinden gelmek için önemlidir.

Proliferasyonun Zayıf Olması ve Vitrifikasyon

Bazı ceviz klonları doğal olarak düşük çoğalma oranına sahiptir. Genotipin etkisi gözönünde tutularak uygun büyüme düzenleyici tip ve kombinasyonları ile besin ortamları hazırlanmalıdır. Bir önceki başlıkta ayrıntılarıyla açıklanmış olan doku kesildikten sonra salınan fenolik bileşiklerin de sürgün gelişimini engellediği bilinmelidir. Ayrıca eksplantların *in vitro* ortama adaptasyon sürecinin uzaması da proliferasyonda azalmalara sebep olmaktadır.

Vitrifikasyon veya camsılaşma, yarı saydam dokuların gelişimi, genellikle aşırı nem seviyeleri, düşük/dengesiz ozmotik basınç veya *in vitro* zayıf büyüme koşullarından kaynaklanmaktadır. Bu durum ise hücre dehidrasyonuna veya aşırı hidrasyona yol açarak zayıf, yaşamayan bitkilere sebep olmaktadır. Nem, sıcaklık ve ışığın dikkatli bir şekilde düzenlenmesi ve ortam bileşiminin iyileştirilmesi, bu sorunu ele almada kritik öneme sahiptir. Vitrifikasyon, ceviz mikroçoğaltımında *in vitro* sürgünlerin gelişimini etkileyen yaygın ve zorlu sorunlardan biridir (Driver ve Suttle, 1987). Özellikle ceviz eksplantları, kalın hücre duvarları ve yüksek su içeriği nedeniyle bu soruna eğilimlidir ve bu da yüksek nem koşullarında sorunu daha da kötüleştirir. Aşırı ışık yoğunluğu veya uygunsuz ışık döngüsü de cevizde sürgün camlaşmasına katkıda bulunabilir. Yetersiz veya düzensiz ışık bitki gelişimini bozabilmekte, hücre anormalliklerine ve camlaşmaya sebep olabilmektedir. Kültür ortamında yüksek konsantrasyonlarda sitokininler hızlı hücre bölünmesine ve sürgün çoğalmasına neden olabilmekte ancak zayıf, yarı saydam sürgünlerin oluşmasına da yol açabilmektedir. Bu sürgünler genellikle camsı özellikler göstermekte ve camlaşmaya eğilimli olmaktadır (Thomas, 2008; Jahanian ve ark., 2024; George ve ark., 2008; Kozai ve ark., 2015; Murthy ve ark., 2014). Besin ortamındaki aşırı azot veya diğer büyüme düzenleyicileri doku hasarına ve dolayısıyla camlaşmaya yol açabilmektedir. Bu da eksplantın normal gelişimini etkileyerek anormal sürgün gelişimine neden olabilmektedir. Eksplantların etrafındaki yetersiz havalandırma veya zayıf hava sirkülasyonu nem seviyelerinde artışa yol açarak camlaşmayı daha da teşvik etmektedir. Yüksek nem ve zayıf hava değişimi, bitki dokularının yüzeyinde su birikmesine neden olur ve ceviz sürgünlerinde anormal büyümeye yol açabilmektedir. Ceviz eksplantları kültür döneminde ozmotik strese karşı özellikle hassastır ve uygun olmayan ortam koşulları durumu daha da kötüleştirebilmektedir.

Camlanmış sürgünler genellikle zayıf büyüme gösteren yarı saydam, kırılğan ve zayıflamış dokularla karakterize edilir. Bu sürgünler uygun hücre yapısından yoksundur ve *in vitro* koşullarda gelişemez veya *ex vitro* koşullara etkili bir şekilde geçiş yapamazlar. Üretilen sürgünler zayıftır ve daha fazla yayılma veya iklimle uyum için gereken büyümeyi sürdüremezler. Vitriye ceviz fidanları besin eksiklikleri ve ozmotik dengesizlikler dahil

olmak üzere çevresel streslere karşı oldukça hassas olma eğilimindedir. Sonuç olarak, doku kültüründen iklime uyum aşamasına geçiş sırasında genellikle düşük hayatta kalma oranlarına sahiptirler. Vitrifiye fidanların sera veya tarla koşullarına adaptasyonu özellikle sorunludur. Zayıf ve kırılğan dokuları steril *in vitro* ortamdan dış ortama geçişte zorlanmakta, bu da düşük hayatta kalma oranlarına ve yavaş büyümeye sebep olmaktadır.

Ceviz mikroçoğaltımında vitrifikasyonu azaltmak için, öncelikle kültür koşullarının optimize edilmesi gerekmektedir. Nem kontrolünün yapılması son derece önemlidir. Aşırı nemi önlemek için nem ve hava sirkülasyonu arasında bir denge sağlanmalıdır. Nem seviyelerini düşürmek veya hava değişimini artırmak, bitki doku yüzeylerinde su birikmesini önleyebilir ve bu da vitrifikasyon riskini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Işık yoğunluğunu ve fotoperiyodun iyi ayarlanması gerekmektedir. Ceviz sürgünleri yüksek ışık yoğunluğuna duyarlıdır, bu nedenle orta düzeyde ışık koşulları (yaklaşık 40-50 $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$) sağlamak vitrifikasyon olasılığını azaltmaya yardımcı olabilir. Ek olarak, tutarlı bir ışık-karanlık döngüsünün sağlanması uygun sürgün gelişimini teşvik edebilir ve stres kaynaklı vitrifikasyonu önleyebilir. Ortamdaki sitokinin konsantrasyonunu düşürmek vitrifikasyon oluşumunu azaltabilir. Daha düşük sitokinin seviyeleri daha kontrollü büyümeyi teşvik ederek anormal sürgün gelişimine yol açan stresi azaltır. Dengeli oksin-sitokinin oranları optimum sürgün rejenerasyonu için çok önemlidir. Birçok durumda, sitokinin konsantrasyonunu azaltmak ve daha dengeli bir ortam bileşimi kullanmak daha sağlıklı, daha sağlam sürgün büyümesine ve daha az vitrifikasyon vakasına yol açabilir. Kültür ortamına sorbitol veya mannitol gibi ozmotik düzenleyicilerin eklenmesi, ozmotik basıncı kontrol etmeye ve bitki hücrelerinde aşırı su alımını azaltmaya yardımcı olabilir. Bu, vitrifikasyona neden olan hücresel aşırı hidrasyonu önlemeye yardımcı olur. Ozmotik düzenleyiciler ayrıca hücre zarlarını stabilize etmeye ve sürgün kalitesini iyileştirmeye yardımcı olabilir. Kültür ortamını farklı besin ve büyüme düzenleyici konsantrasyonları kullanarak değiştirmek, sürgün gelişimini önemli ölçüde etkileyebilir. Tuz konsantrasyonunu ayarlamak ve ortama aktif kömür eklemek, aşırı su tutulmasını en aza indirerek ve besin alımını teşvik ederek ceviz sürgünlerinin büyümesini iyileştirebilir. Kademeli aklimatizasyon teknikleri, vitrifiye sürgünlerin ölümünü önlemeye yardımcı olabilir. Bu, sürgünlerin yüksek nemli kültür ortamından serada veya toprakta daha ılımlı koşullara dikkatlice geçirilmesi gerekmektedir. Nemdeki kademeli bir azalma, ışığa maruz kalmanın artması ve nem seviyelerinin kademeli olarak azaltılması, camlaştırılmış sürgünlerin hayatta kalma oranını iyileştirmeye yardımcı olabilir. Bazı çalışmalar, sürgün kalitesini iyileştirmek ve camlaştırmayı önlemek için gibberellik asit (GA_3) veya diğer büyüme düzenleyicileri gibi camlaştırma önleyici maddelerin kullanımını önermektedir. Bu maddeler, camlaştırılmış büyümeye neden olan stresin bir kısmını hafifletmeye ve normal sürgün uzamasını desteklemeye yardımcı olabilir.

Vitrifikasyon, cevizin *in vitro* mikroçoğaltımında önemli bir engeldir. Büyüme ve dış ortamlara geçişte zorluk çeken zayıf, camsı sürgünlerle sonuçlanır ve bu da iklimlendirme sırasında düşük hayatta kalma oranlarına yol açar. Ancak, çevre koşullarını optimize ederek, büyüme düzenleyicilerinin konsantrasyonlarını düzenleyerek ve ozmotik düzenleyiciler ve camlaştırma önleyici maddeler kullanarak bu etki azaltılabilmekte ve ceviz mikroçoğaltımının kalitesini ve başarı oranının artmasına sebep olmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek ve geniş ölçekli çoğaltım yöntemlerini geliştirmek için cevizlere özgü kültür protokolleri üzerine sürekli araştırma yapılması önemlidir.

***In vitro* Köklenme Sorunları**

Ceviz mikroçoğaltımında *in vitro* köklenme süreci, genellikle başarıyı sınırlayan en kritik aşamalardan biridir. Bu aşamada yaşanan problemler, bitkilerin laboratuvar ortamında sağlıklı şekilde kök oluşturmalarını zorlaştırmakta, dolayısıyla bitki çoğaltma verimini düşürmektedir. Ceviz genotipleri genellikle köklenmeye dirençlidir ve düşük köklenme oranı cevizin *in vitro* çoğaltımında ciddi bir sorundur, bu zorluk, bitkinin doğal fizyolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Uygun köklendirme düzenleyicileri kullanmak, kültür koşullarını ayarlamak ve köklendirme için doğru eksplantları seçmek bu engeli aşmaya yardımcı olabilir. Özellikle olgun dokulardan elde edilen eksplantlardan üretilen sürgünlerin köklenmesinde zorluk yaşanmaktadır. Vitrifikasyon ve dengesiz hormon seviyeleri de kök oluşumunu engellemektedir. Bazen de oluşan kökler zayıf kalmaktadır. Ceviz dokularından ortama salınan fenolik bileşikler okside olarak ortamı toksik hale getirmekte ve köklenmeyi engellemektedir. Ortamdaki oksinler kallus oluşumuna sebep olmakta ancak bu kalluslar köke dönüşmemektedir.

In vitro köklenen fidelerin toprak ortamına transferindeki ölüm oranlarının yüksek olması diğer bir köklenme sorunudur. Ortamda bulunan köklendirme hormonlarının (oksinler-IBA, IAA, NAA, 2,4-D vb.) tipi ve konsantrasyonu son derece önemlidir. 0.5–2.0 mg/l IBA, ceviz için optimal konsantrasyon aralığı olabilmektedir. IBA + düşük düzeyde NAA kombinasyonları denenebilir. Köklenme öncesi explantlar birkaç gün karanlıkta tutulursa köklenme oranı artabilir. 3–7 gün karanlık ön-kültür, oksinin etkisini artırabilir. Ortamdaki fenolik maddeleri absorbe eden maddelerin kullanımı besin ortamı içindeki büyüme düzenleyicilerin etkisini dengeleyebilmektedir. Aktif kömür genellikle 0.5–2.0 g/l oranında kullanılmaktadır. MS ortamı yerine zayıflatılmış MS (½ MS) veya WPM tercih edilebilir. Yüksek tuz içeriği kök gelişimini baskılayabilir. Agar yerine sıvı ortamlar köklenmede kullanılabilmektedir. Sıvı ortamlar bazı durumlarda köklenmeyi teşvik edebilmektedir. Fakat hiperhidrizite riskine dikkat edilmelidir. Her ceviz türü veya genotipi farklı tepkiler

gösterebilmekte bu yüzden genotip spesifik köklendirme protokolleri geliştirilmelidir. Farklı genotipler için büyüme düzenleyici ve ortam koşulları optimize edilmelidir. Askorbik asit veya sitrik asit ortamda fenolik oksidasyonu azaltabilir. Eksplantların yüzeyi antioksidanlarla ön işleme tabi tutulabilir. Kademeli nem düşürme, ışık yoğunluğu artırma yapılmalıdır. Köklenen bitkiler doğrudan toprağa değil, torf-perlit karışımına alınabilir.

Aklimatizasyon Sorunları

Bitkiler kontrollü doku kültürü ortamından doğal koşullara taşındığında, genellikle uyum sağlamakta zorlanırlar ve bu da yüksek ölüm oranlarına neden olur. Doğal koşullara kademeli maruz bırakma ve uygun besin ve sulama rejimleri de dahil olmak üzere uygun sertleştirme protokolleri, ceviz bitkilerinin daha başarılı bir şekilde iklime uyum sağlamasına yardımcı olabilir. Ceviz mikroçoğaltımında aklimatizasyon (*ex vitro* ortama alıştırma), başarıyı etkileyen en kritik aşamalardan biridir.

Laboratuvar koşullarında *in vitro* olarak büyütülen bitkiler, dış ortama direkt adapte olamazlar. Nem, ışık ve besin koşulları çok farklıdır. Stomalar işlevsel değildir, kutikula gelişmemiştir. Bu nedenle aklimatizasyon sürecinde karşılaşılan sorunlar, bitki kaybına neden olabilir. Aklimatizasyon sürecinde karşılaşılan sorunların başında; yüksek ölüm oranı gelmektedir. Bitkiler ani nem ve sıcaklık değişimlerine dayanamazlar. %50–90'a varan kayıplar görülebilir. *In vitro* kökler genellikle narin ve işlevsizdir. Toprağa tutunmada zorlanırlar. Bitki terleme yapamaz, su kaybı artar, solma ve ölüm gerçekleşir. Kutikula (su kaybını önleyen dış koruyucu tabaka) eksikliği ve yeterince gelişmemiş olması diğer bir sorundur. Fungal veya bakteriyel enfeksiyonlar toprakla temas sonrası savunmasız dokuları enfekte edebilmektedir. Laboratuvar ortamındaki zengin besinlerden yoksun kalan bitkiler stres yaşamakta (besin yetersizliği, ani geçiş şoku), bu da adaptasyonu zorlaştırmaktadır.

Nem kademeli azaltılmalıdır. Aklimatizasyonun ilk haftalarında nem %90 seviyelerinde tutulmalıdır. Şeffaf kapaklar, plastik tüneller, nem odaları kullanılabilir. 2-3 hafta içinde nem seviyesi yavaş yavaş azaltılmalıdır. Işık yoğunluğu kademeli olarak artırılmalıdır. *In vitro* bitkiler düşük ışıktaki büyür, aniden yüksek ışık verilmemelidir. İlk günlerde gölgeleme (%50-70) sağlanmalı, zamanla artırılmalıdır. Uygun toprak ortamı oluşturulmalıdır. Steril torf-perlit veya torf-kokopit-perlit (1:1:1) karışımı kullanılabilir. Suda iyi drenaj sağlanmalı, aşırı sulama yapılmamalıdır. Özellikle ilk haftalarda fungusit ve bakterisit uygulamaları yapılarak bitki korunmalıdır. Ortam ve ekipman hijyeni sağlanmalıdır. Kökleri destekleyici uygulamalar yapılmalıdır. Bitkiler toprağa alınmadan önce kök sistemi iyice gelişmiş olmalıdır. Kök uyarıcılar (düşük doz IBA) kullanılabilir. Anti-stres uygulamaları yapılabilir. Vitaminler (B1, askorbik asit), deniz yosunu ekstraktları gibi biyostimülanlar ile destek verilebilir. Geçiş döneminde

düşük dozda sıvı gübreler faydalı olabilir. Ortam değişimi yavaş yavaş olmalıdır. Geçiş kabinleri kullanılmalıdır. Bitkiler doğrudan dış ortama değil, önce sera gibi kontrollü ortamlara alınmalıdır. Ardından dış ortam koşullarına alıştırılmalıdır. Aklimatizasyona geçmeden önce *in vitro* ortamda şeker miktarının azaltılması (son 1–2 hafta ½ sukroz) gibi ekstra takviyeler uygulanabilir. Bu, bitkinin kendi fotosentezini başlatmasını teşvik etmek için önemlidir. Aklimatizasyon öncesi besin ortamlarına sıvı kültürler eklenebilir.

SONUÇ

Cevizin *in vitro* çoğaltımında belirli alanlarda ilerleme kaydedilmiş olsa da, mikrobiyal kontaminasyon ve fenolik toksisite gibi zorluklar dikkat gerektirmeye devam etmektedir. Cevizin *in vitro* mikroçoğaltımı çok sayıda fayda sağlıyor olmasına rağmen hala standart ve yaygın olarak kullanılan bir protokolün olmayışı üretim zorluklarının en başında gelmektedir. Ceviz mikroçoğaltımında maliyet ve verimlilik sorunları, ticari üretim açısından en büyük sınırlayıcı faktörlerdendir. Pratikte doku kültürü ekipmanlarının, besin ortamının ve emeğinin yüksek maliyeti, sürecin teknik karmaşıklığıyla birlikte, cevizin *in vitro* çoğaltımına erişilebilirliği sınırlamaktadır. Araştırmacılar sürekli olarak maliyetleri düşürmenin, sürecin verimliliğini artırmanın ve teknolojiyi ticari olarak daha uygulanabilir hale getirmenin yollarını aramaktadırlar. Özellikle ceviz gibi odunsu ve zor rejenerasyon gösteren türlerde bu sorunlar daha da belirgindir. Cevizi, diğer meyve türlerine göre *in vitro* kültürde yavaş büyümesi ve düşük çoğaltım oranı başka önemli bir sorundur. Özellikle köklenme aşaması zayıf olduğundan çok sayıda bitki elde edilmesi de oldukça zordur. Cevizin yaklaşık 6–12 ay kadar süren mikroçoğaltımı, hem kendi taşımış olduğu fenolik bişeliklerin yoğunluğu, odunsu yapıya sahip olması gibi sebeplerden dolayı fidelerin dış ortama hazır hale gelmesi açısından kısmen diğer türlere göre daha uzun sürelidir. Kontaminasyon, kararma, rejenerasyon, köklenmeme, ve aklimatizasyon başarısızlığı gibi nedenlerle kullanılan bitki materyallerinin bir kısmı boşa gitmektedir. İnsan kaynağı ve eğitim eksikliği de diğer bir sorundur. Cevizin mikroçoğaltımı teknik bilgi, beceri ve hassasiyetlik gerektiren bir üretim şeklidir. Nitelikli personel eksikliği kaliteyi ve verimi düşürebilecektir. Doku kültürü genetik olarak tek tip bitkiler üretmek için tasarlanmış olsa da, bazı çalışmalar varyantların ortaya çıktığını bildirmiştir. Bu varyantlar, özellikle klonal çoğaltma programında istenmeyen durumlar olabilir ve bunları kontrol etmek, kültür koşullarının yakından izlenmesini ve stabil klonların seçilmesini gerektirmektedir. Yüksek dozda sitokinin (özellikle TDZ) veya oksin kullanımı genetik instabilite riskini artırabilmektedir. Uzun süreli kültürler, çok sayıda alkültür işlemi genetik değişim riskini artırmaktadır. Ayrıca zamanla kültürler genetik kararlılığını da yitirebilmektedir.

Mevcut sınırlamaların yoğun araştırmalar ve protokollerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi yoluyla aşılması, bu yöntemin büyük ölçekli, yüksek kaliteli ceviz üretimi için potansiyelinin ortaya çıkarılmasına yardımcı olabilecektir. Bu durum aynı zamanda hastalık ve zararlılara dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi ıslah çalışmalarına da fayda sağlayacak potansiyele sahiptir. Ceviz genotiplerine özel *in vitro* çoğaltım protokollerinin geliştirilmesi öncelenmelidir. Sürgün oluşumu ve gelişimini teşvik etmek için besin ortamı içeriğini optimize etmek veya antioksidanlar, vitaminler ve bitki büyüme düzenleyiciler gibi takviyeleri besin ortamlarına ilave etmek faydalı olabilmektedir. Genotipe özel en verimli üretim protokolü belirlenip tüm üretim süreci bu standartlara göre yürütülmelidir. Otomasyon (sıvı kültür sistemleri, geçici daldırma sistemleri gibi biyoreaktör uygulamaları) ile iř gücü azaltılabilecek ve verimlilik artacaktır. Geçici daldırma biyoreaktörleri (TIS) gibi alternatif sistemlerin kullanılması sayesinde daha az ortam ve hormon kullanarak daha fazla bitki elde edilebilecektir. Gereksiz hormon kullanımı hem verimlilik hem de maliyet bakımından azaltılmalıdır. Yapılan araştırmalarda daha ekonomik ortamların kullanımına dair pozitif sonuç ve öneriler cevizin mikroçoğaltımında MS ve diğeri besin ortamlarının konsantrasyonlarının yarıya hatta üçte birine indirilmesini, düşük sukroz dozlarının da kullanılabilirliğini salık vermektedir. Başarılı bir sürgün oluşum ve çoğaltım protokolü ile her alt kültürleme de alınan sürgün sayısı sürgün verimliliğini düşürmeksizin artırılabilir. TDZ, BAP, 2,4-D gibi güçlü bitki büyüme düzenleyiciler dikkatli kullanılmalı veya alternatif hormonlara yönelinmelidir. Aklimatizasyonun başarı oranını artıracak denemelere ve araştırmalara ağırlık verilmelidir. Bu konuda nem kontrollü mini sera sistemlerinin üretim sürecine dahil edilmesi son derece önemlidir. Teknik elemanlara düzenli eğitimler verilerek basit hatalardan (kontaminasyon, yanlış ortam kullanımı, dikkatsiz çalışma vb.) kaynaklı kayıplar minimize edilmelidir. Somaklonal varyasyon neticesinde hücre bölünmesi sırasında spontan mutasyonlar meydana gelebilmektedir. Özellikle kallus oluşumu ve rejenerasyon süreci bu riski artırmaktadır. Aynı klondan türemesine rağmen morfolojik, fizyolojik ya da biyokimyasal farklılıklar gösteren bitkiler oluşabilir. Bu durum fide kalitesini ve bahçedeki homojenliği bozmaktadır, fide takibi yapılmalıdır. Meristemler, genetik olarak daha stabil hücrelerdir. Somatik embriyo veya kallus rejenerasyonuna kıyasla daha düşük varyasyon riski taşıması sebebiyle kallus oluşumundan kaçınılmalı, sürgün üretimi ve köklendirme doğrudan organogenez vasıtasıyla elde edilmelidir. Bitki materyali uzun süreli kültürde tutulmamalıdır. 3-4 altkültürden sonra yeni bir ana kaynaktan başlamak daha güvenli olacaktır. Rutin kalite kontrolü amacıyla örnekler belirli aralıklarla alınmalı ve üretilen bitkilerin klonal stabilitesi RAPD, SSR, AFLP, ISSR gibi moleküler tekniklerle test edilmelidir. Laboratuvarda ve serada gözle görülen farklılıklar (yaprak yapısı, büyüme hızı vb.) izlenmeli ve sapma gösteren bireyler elenmelidir.

Fenotipik gözlem ve seleksiyon işlemleri düzenli yapılmalıdır. Cevizin her çeşidi veya anaç tipi mikroçoğaltıma farklı tepkiler verebildiği için genotipe özel optimize edilmiş, düşük varyasyon riski taşıyan protokoller geliştirilmelidir. Somaklonal varyasyon, bilinçli olarak genetik çeşitlilik yaratmak için kullanılan önemli bir biyoteknolojik ıslah metodu olsa da mikroçoğaltımın temel amacı klonal üretim olduğundan bu tür varyasyonlar cevizin mikroçoğaltımında tercih edilmemektedir. Tüm diğer başlıklarda olduğu gibi bu konuda da gerekli önlemler alınarak çalışmalar yürütülmelidir.

Bu çalışma; 17 th International Conference On Agriculture, Animal Science & Rural Development Kongresinde sözlü olarak sunulmuş, bildiri kitabında özeti yayımlanmıştır. Sağlam Yılmaz S., “*Ispes 17 th International Conference On Agriculture, Animal Science & Rural Development*”, *Conference Proceedings Book; Abstract, “Problems And Solution Suggestions Encountered In Micropropagation Of Walnut (Juglans regia L.)*, 27-28 pp., Kırşehir, Türkiye, 25-27 April 2025

KAYNAKLAR

- Akça, Y. (2013). *Ceviz Yetiştiriciliği*. Anıt Matbaası, Yayın No: 966743.
- Ashrafi EN, Vahdati K, Ebrahimzadeh H, Mirmasoumi M. (2010). Analysis of *in vitro* explants mineral contents to modify medium mineral composition for enhancing growth of Persian walnut (*Juglans regia* L.). J Food Agric Environ 8:325–329.
- Aviles F, Rios D, Gonzalez R, Sanchez-Olate M. (2009). Effect of culture medium in callogenesis from adult walnut (*Juglans regia* L.) leaves. Chil J Agric Res 69:460–467.
- Burgos, L., Alburquerque, N., Lopez, J. M., Wang, H., Nortes, M. D. (2008). Agrobacterium-Mediated Transformation of a Walnut Cultivar. In I International Symposium on Biotechnology of Fruit Species: Biotechfruit, 839, 381-386.
- Caboni E, Damiano C. (2005). *In vitro* propagation of walnut (*Juglans regia* L.): Critical factors for the induction of the rooting response. Acta Hort., 705, 329–333.
- Campos, M.D., Peixe, A., Barroso, J., Rato, A.E., Ribeiro, A. and Ribeiro, H. (2021). The Paradox cl. 'Vlach' multiplication and rooting rates are strongly affected by the explant position on the *in vitro* growing shoots. Acta Hort. 1318, 245-250.
- Canlıhoş, E., Öztürk, N., Sütyemez, M., Demiray, Serap T., ve Hazır, A., (2014). Ceviz Yetiştiriciliği, Adana.
- Chenevard D, Jay-Allemand C, Gendraud M, Frossard J. (1995). The effect of sucrose on the development of hybrid walnut microcuttings (*Juglans nigra* × *Juglans regia*). Consequences on their survival during acclimatization. Ann. For. Sci., 52, 147–156.
- De Almeida, M. C., Roriz, L. P., Da Silva, M. J. (2020). Advances in micropropagation of woody plants: A case study of walnut (*Juglans regia*). In *Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 56(6), 705–716.

Dirlik C, Kandemir H, Cetin N, Senem SEN, Guler B, Gurel A. (2022). Effects of different culture media compositions on *in vitro* micropropagation from paradox walnut rootstock nodes. *Gazi Univ J Sci A Eng Innov* 9:500–515.

Dolcet-Sanjuan R, Claveria E, Camprubi A, Estaun V, Calvet C. (1996). Micropropagation of walnut trees (*Juglans regia* L.) and response to arbuscular mycorrhizal inoculation. *Agronomie* 16:639–645.

Dolcet-Sanjuan R, Claveria E, Gruselle R, Meier-Dinkel A, Jay-Allemand C, Gaspar, T. (2004). Practical factors controlling *in vitro* adventitious root formation from walnut shoot microcuttings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 129:198–203.

Driver, J. A., Kuniyuki, A. H. (1984). *In vitro* propagation of Paradox walnut rootstock. *HortScience*, 19(4), 507–509.

Driver, J. A., Suttle, G. R. (1987). Nursery handling and establishment of tissue-cultured plants. *International Plant Propagators' Society Proceedings*, 37, 442–446.

Espinosa, A. C., Brinker, M., Höfer, M. (2006). Recalcitrance of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in tissue culture. *Forestry Studies in China*, 8(3), 1–9.

Fatima A, Kamili AN, Shah S. (2018). Response of different explants of walnut (*Juglans regia* L.) to various concentrations of sterilants. *Int J Adv Res Sci Eng* 7:1810–1815.

Fraga, H. P., Vieira, L. N., Puttkammer, C. C., Guerra, M.P. (2012). Challenges to walnut micropropagation: Growth regulators and phenolic exudation. *Acta Horticulturae*, 961, 153–160.

George, E. F., Hall, M. A., De Klerk, G. J. (2008). *Plant propagation by tissue culture: Volume 1. The background* (3rd ed.). Springer.

Goyal, Y., Sharma, S., Thakur, M. (2021). Alternative sterilization approaches for reducing microbial contamination in *in vitro* culture of woody species. *Journal of Applied and Natural Science*, 13(1), 65–72.

Gruselle, R., Badia, N., Boxus, P. (1985). Walnut micropropagation: first results. In Symposium on *In Vitro* Problems Related to Mass Propagation of Horticultural Plants 212, 511–516.

Gruselle, R., Boxus, P., Lepoivre, P. (1995). Improvement of walnut (*Juglans regia* L.) shoot cultures through the use of antioxidants in the culture medium. *Acta Horticulturae*, 386, 211–218.

Heloir MC, Kevers C, Hausman JF, Gaspar T. (1996). Changes in the concentrations of auxins and polyamines during rooting of *in vitro* propagated walnut shoots. *Tree Physiol.*, 16:515–519.

Jay-Allemand C, Capelli P, Cornu D. (1992). Root development of *in vitro* hybrid walnut microcuttings in a vermiculite-containing gelrite medium. *Sci. Hortic.* 51, 335–342.

Kaur R, Sharma N, Kumar K, Sharma DR, Sharma SD. (2006). *In vitro* germination of walnut (*Juglans regia* L.) embryos. *Sci Hortic* 109:385–388.

Kepenek K, Kolagasi Z. (2016). Micropropagation of walnut (*Juglans regia* L.). *Acta Phys. Pol.* 130, 150–156.

Kozai, T. (1991). Micropropagation under controlled environments. In T. A. Thorpe (Ed.), *Plant tissue culture manual* 2:89–112, Springer.

Kozai, T., Fujiwara, K., Imura, M. (2015). *Plant factory: An indoor vertical farming system for efficient quality food production*. Academic Press.

Kumar, P. P., Loh, C. S. (2012). Plant Tissue Culture for Biotechnology. In: A. Altman, P. M. Hasegawa (Eds.), *Plant Biotechnology and Agriculture-Prospect for the 21st Century*, 131–138. Academic Press.

- Kyte, L. (1987). Plants from Test Tubes. An Introduction to Micropropagation. Timber.
- Leal DR, Sánchez-Olate M, Avilés F, Materan ME, Uribe M, Hasbún R, Rodríguez R. (2007). Micropropagation of *Juglans regia* L. In Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits; Jain, S.M., Häggman, H., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 381–390.
- Leelavathy, S., Sankar, P. D. (2016). Curbing the menace of contamination in plant tissue culture. Journal of Pure and Applied Microbiology, 10:3, 2145–2152.
- Leslie CA, Hackett WP, Bujazha D, Hirbod S, McGranahan GH. (2005). Adventitious rooting and clonal plant production of hybrid walnut (*Juglans*) rootstock selections. Acta Hortic. 705, 325–328.
- Leslie CA, McGranahan GH. (2009). Walnut micropropagation, rooting, and acclimatization. In Adventitious Root Formation in Forest Tress and Woody Horticultural Crops From Genes to Applications; Niemi, K., Scagel, C.F., Eds.; Research Signpost: Trivandrum, India, 309–335.
- Licea-Moreno RJ, Morales AV, Gradaille MD, Gómez L. (2012). Towards scaling-up the micropropagation of *Juglans major* (Torrey) Heller var. 209 *J. regia* L., a hybrid walnut of commercial interest. In Proceedings of the IUFRO Working Party “Integrating Vegetative Propagation, Biotechnologies and Genetic Improvement for Tree Production and Sustainable Forest Management”, Brno, Czech Republic, 25–28 June pp. 80–91.
- Licea-Moreno RJ, Contreras A, Morales AV, Urban I, Daquinta M, Gomez L. (2015). Improved walnut mass micropropagation through the combined use of phloroglucinol and FeEDDHA. Plant Cell Tissue Organ Cult. 123, 143–154.
- Loyola-Vargas, V. M., Ochoa-Alejo, N. (Eds.). (2012). *Plant cell culture protocols* (2nd ed.). Humana Press.
- Mahmoud, S. S., El-Kassas, S. (2021). Optimization of sterilization protocols for micropropagation of walnut (*Juglans regia* L.). Journal of Plant Biotechnology, 18(2), 75–83.
- Mansour, S., Abdelnour-Esquivel, A., Al-Hussein, A. (2016). Micropropagation of walnut (*Juglans regia* L.): A review on advances and challenges. *Scientia Horticulturae*, 206, 134–144.
- Martin, M.T., et al. (2009). *In vitro* micropropagation of walnut. *Scientia Horticulturae*, 123:2, 222–227.
- Martínez, M. T., Espinosa, A. C., Villegas, A. (2017). Micropropagation and ex vitro establishment of *Juglans regia* L. using axillary buds. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 53(5), 453–462.
- McGranahan GH, Driver JA, Tulecke W. (1987). Tissue culture of *Juglans*. In Cell and Tissue Culture in Forestry; Forestry Sciences; Bonga, J.M., Durzan, D.J., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, Volume 24–26, 261–271.
- McGranahan GH, Leslie CA, Driver JA. (1988). *In vitro* propagation of mature Persian walnut cultivars. *HortScience*, 23:220.
- McGranahan, G. H., Leslie, C. A. (1990). Walnut (*Juglans*). In Y. P. S. Bajaj (Ed.), *Biotechnology in agriculture and forestry: Vol. 5. Trees II* (pp. 261–273). Springer.
- McGranahan, G., Leslie, C. A., Driver, J. A. (1987). *In vitro* propagation of mature Persian walnut cultivars. *HortScience*, 22(2), 306–309.
- Murashige, T and F Skoog, (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473–497.

- Murthy, H. N., Murch, S. J., Saxena, P. K. (2014). Plant growth regulators in plant tissue culture. In P. K. Saxena (Ed.), *Plant growth regulators in agriculture and horticulture* (pp. 39–63). Springer.
- Navatel J, Bourrain L. (1994). Influence of the physical structure of the medium on *in vitro* rooting. *Adv. Hortic. Sci.* 8, 57–59.
- Navatel JC, Bourrain L. (2001). Plant production of walnut *Juglans regia* L. by *in vitro* multiplication. *Acta Hortic.*, 544:465–471.
- Pathak, H., Dhawan, V. (2023). Surface sterilization strategies for recalcitrant woody plant species: Current trends and future prospects. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 154(1), 101–115.
- Payghamzadeh K, Kazemitabar SK. (2011a). *In vitro* propagation of walnut. A review. *Afr J Biotechnol* 10:290–311.
- Payghamzadeh, K., Kazemitabar, SK. (2011b). An improved system for *in vitro* propagation of *Juglans regia* L. *Biotechnology*, 10(2), 146–151.
- Pei D, Yuan L, Wang Q, Ruisheng G. (2007). Factors affecting rooting of *in vitro* shoots of walnut cultivars. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 82, 223–226.
- Pijut PM. (1997). Micropropagation of *Juglans cinerea* L. (Butternut). In *High-Tech and Micropropagation V*; Bajaj, Y.P.S., Ed.; Springer: BBerlin/Heidelberg, Germany, Volume 39:345–357.
- Revilla MA, Majada J, Rodriguez R. (1989). Walnut (*Juglans regia* L.) micropropagation. *Ann. For. Sci.* 46, 149–151.
- Ripetti V, Kevers CL, Gaspar T. (1994). Two successive media for the rooting of walnut shoots *in vitro*. Changes in peroxidases activity and ethylene production. *Adv. Hortic. Sci.*, 8, 29–32.
- Saadat, Y. A., Hennerty, M. J. (2001). The effects of different *in vitro* and *ex vitro* treatments on the rooting performance of Persian walnut (*Juglans regia* L.) microshoots. In *IV International Walnut Symposium* 544, pp. 473–480.
- Saglam, S., Yildiz, K., Sirin, E. (2014). *In vitro* clonal propagation of two Turkish walnut (*Juglans regia* L.) varieties., *Journal of Biotechnology* p. 31.
- Sánchez-Olate ME, Ríos DG, Gea MA, Rodríguez R, Revilla MA. (1997). Parameters affecting the *in vitro* growth and rooting of *Juglans regia* L. *Acta Hortic.* 442, 235–240.
- Scaltsoyiannes, A., Tsoulpha, P., Panetsos, K. P., Moulalis, D. (1997). Effect of Genotype on Micropropagation of Walnut Trees (*Juglans regia*). *Silvae Genetica*, 46(6), 326–332.
- Şen, SM. (2011). Ceviz yetiştiriciliği, besin değeri, folklorü. ÜÇM Yayıncılık.
- Sharifian S, Vahdati K, Mirmasoumi M, Ghaem Maghami S. (2007). Assessment of phloroglucinol effect on rooting of tissue cultured Persian walnut. In *Proceedings of the III International Symposium on Acclimatization and Establishment of Micropropagated Plants 2007*, Faro, Portugal, 12–15 September; pp. 189–196.
- Sharma S, Sharma S, Kumar P, Verma P, Sharma R, Sharma NC. (2025). Overcoming Challenges in Walnut (*Juglans regia* L.) Micropropagation: A Comprehensive Approach to Optimizing Explant Selection, Sterilization, and Nutrient Media. *Applied Fruit Science*, 67(1), 1–13.
- Singh, R., Sharma, N., Gupta, P. (2022). Recent advances in micropropagation and contamination control in woody plants. *Plant Cell Reports*, 41(4), 685–698.
- Stevens, M. E., Pijut, P. M. (2018). Rapid *in vitro* shoot multiplication of the recalcitrant species *Juglans nigra* L. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 54(3), 309–317.

Tang, H.R., et al. (2000). Control of phenolic compound oxidation in tissue culture of *Juglans* species. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 63(2), 103-111.

Tang, W. (2000). Plant regeneration and genetic transformation in walnut (*Juglans* spp.). *Acta Horticulturae*, 522, 317-323.

Jahanian, A., et al. (2024). Tissue culture of walnut (*Juglans* spp.) and obviation of phenolic compounds: A review article. *European Journal of Horticultural Science*, 89(2), 1-14.

Tarinejad A. (2013). Effects of disinfectants and antibiotics on contamination during propagation of walnut (*Juglans regia* L.). *Res Crop* 14:219-225.

Tekielska, D., Peňázová, E., Kovács, T., Křižan, B., Čechová, J., Eichmeier, A. (2019). Bacterial contamination of plant *in vitro* cultures in commercial production detected by high-throughput amplicon sequencing. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(4), 1005-1014.

Tetsumura T, Tsukuda K, Kawase K. (2002). Micropropagation of Shinano walnut (*Juglans regia* L.). *J. Japan. Soc. Hortic. Sci.*, 71:661-663.

Thomas, T. D. (2008). The role of activated charcoal in plant tissue culture. *Biotechnology Advances*, 26(6), 618-631.

Thorpe, T. A. (2007). History of plant tissue culture. *Molecular Biotechnology*, 37(2), 169-180.

Tripathi, N., Singh, R., Bhatia, R. (2022). Innovative techniques for surface sterilization in plant tissue culture. *Biotechnology Reports*, 34, e00734.

Tuan, P. N., Meier-Dinkel, A., Höltnen, A. M., Wenzlitschke, I. Winkelmann, T. (2017). Factors affecting shoot multiplication and rooting of walnut (*Juglans regia* L.) *in vitro*. In: M. Beruto, E. A. Ozudogru (Eds.), *Proceedings of the VI International Symposium on Production and Establishment of Micropropagated Plants*, ISHS Acta Horticulturae 1155:525-530.

Vahdati K, Leslie C, Zamani Z, McGranahan G. (2004). Rooting and acclimatization of *in vitro*-grown shoots from mature trees of three Persian walnut cultivars. *HortScience*, 39:324-327.

Vahdati K, Sadeghi-Majd R, Sestras AF, Licea-Moreno RJ, Peixe A, Sestras RE. (2022). Clonal propagation of walnuts (*Juglans* spp.): a review on evolution from traditional techniques to application of biotechnology. *Plants* 11:3040.

Vahdati, K., Leslie, C. A. (2020). Walnut propagation and rootstocks. In D. Kole (Ed.), *Tree biotechnology* (pp. 421-437). CRC Press.

Vahdati, K., Ashrafi, E. N., Ebrahimzadeh, H., Mirmasoumi, M. (2009). Improved micropropagation of walnut (*Juglans regia* L.) on media optimized for growth based upon mineral content of walnut seed. In: M.- V. Hanke, F. Dunemann, H. Flachowsky (Eds.), *Proceedings of the I International Symposium on Biotechnology of Fruit Species: Biotechfruit 2008*, ISHS Acta Horticulturae 839:117-124.

Vahdati, K., Leslie, C. A., Zamani, Z., McGranahan, G. H. (2009). Rooting and acclimatization of walnut *in vitro* shoots influenced by genotype and culture conditions. *Scientia Horticulturae*, 122(1), 62-67.

Varghese, N., Joy, P.P. (2016). Plant tissue culture contaminants identification and its response to fumigation. Technical Report, 1-10.

Xu, Z., He, C., Chen, Y. (2018). Clonal propagation of *Juglans regia* L. via axillary bud culture: Optimizing protocols for commercial application. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 134(3), 529-538.

Yegizbayeva TK, García-García S, Yausheva TV, Kairova M, Apushev AK, Oleichenko SN, Licea-Moreno RJ. (2021). Unraveling factors affecting micropropagation of four Persian walnut varieties. *Agronomy* 11(7):1417.

Yegizbayeva TK, Yausheva TV, Oleichenko SN, Licea-Moreno RJ. (2020). Influence of nutrition compositions on microclonal propagation different genotypes of the walnut *Juglans regia* L. *Sci J Bull* 1:105–112.

Zarghami R, Salari A. (2015). Effect of different hormonal treatments on proliferation and rooting of three Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes. *Pak. J. Biol. Sci.* 18, 260–266.

Makarna Sektörü: Dünya ve Türkiye Değerlendirmesi

Prof. Dr. Şule Turhan

ÖZET

Makarna, dünya genelinde yaygın tüketilen, uzun raf ömrü ve besin değeri yüksek bir gıda ürünüdür. Bu çalışmada, küresel makarna sektörü ile Türkiye'nin sektördeki yeri üretim ve ticari boyutlarıyla ele alınmaktadır. Dünya makarna üretimi İtalya, ABD, Brezilya ve Rusya gibi ülkeler öncülüğünde gerçekleşmekte olup, kişi başına tüketim özellikle İtalya'da oldukça yüksektir. Türkiye, dünya makarna üretiminde ilk beş içinde yer almakta; özellikle sert durum buğdayı üretim kapasitesi sayesinde hem iç tüketimi karşılamakta hem de ihracat alanında önemli başarılarla imza atmaktadır. Son yıllarda Türkiye, Afrika ve Orta Doğu pazarlarında rekabet gücünü artırmış, 2020 sonrası dönemde ihracat hacminde önemli artışlar kaydedilmiştir. Ülke içi tüketimde ise kişi başı tüketim Avrupa ülkelerine kıyasla daha düşük düzeydedir. Sektör, katma değeri yüksek ürün geliştirme, markalaşma ve sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından gelişime açıktır.

Anahtar kelimeler: Makarna, dünya, Türkiye, dış ticaret

1.Giriş

Makarna, dünya çapında en yaygın şekilde tüketilen gıda maddelerinden birisidir. Sadece gıda endüstrisi değil, aynı zamanda küresel ticaretin önemli bir parçasıdır (Turhan ve Çetin 2002). Hem ekonomik hem de pratik olması nedeniyle her yaş grubundan insan tarafından tercih edilmektedir (Saraçoğlu ve Köse 2000). Dünyada makarna sektörü, tarihsel olarak İtalya'da başlamıştır. Günümüzde ise büyük bir küresel endüstri haline gelmiştir.

Makarna üretiminin doğduğu yer olarak bilinen İtalya, günümüzde de dünya çapında en büyük makarna üreticisi ve tüketicisidir. İtalya, makarna üretiminde kalite ve çeşitliliği ön planda tutan bir ülkedir. Her yıl tonlarca makarna üretilmekte ve büyük bir kısmı yurtdışına ihraç edilmektedir. Dünyanın en büyük makarna üreticilerinden olan Barilla markası İtalya merkezlidir (Ken ve Semerci 2023).

İtalya'dan sonra Amerika, özellikle sanayi düzeyinde büyük bir makarna üreticisi ve aynı zamanda tüketicisidir. Amerika'da makarna sektörü, İtalya'ya kıyasla hazır yemek (fast food) endüstrisiyle yakın ilişki içindedir. Hızlı hazırlanan ve tüketilen ürünler oldukça popülerdir. Asya, geleneksel noodle çeşitleriyle makarna sektöründe önemli bir pazara sahiptir. Ayrıca Brezilya ve Latin Amerika'da da makarna üretim ve tüketimi oldukça yüksektir. Makarna üretiminde kalite ve geniş pazarlar hedeflenirken makarna, genellikle ana yemeklerde kullanılmaktadır (Coşkurlu 2023).

Makarna sektörü. Dünya ekonomisini de oldukça etkilemektedir. Üretim, iş gücü istihdamı sağlamak ve büyük bir ticaret hacmine yol açmaktadır. Makarna üretimindeki artış, tarım sektörünü de olumlu etkilemekte, buğday gibi hammaddelerin üretimini arttırmaktadır. Türkiye, makarna sektöründe büyük bir üretici ve ihracatçı ülkedir. Makarna üretiminde dünya çapında üst

sıralarda yer almaktadır. Üretilen makarnaların büyük bir kısmı iç pazarda tüketilse de başta Orta Doğu, Afrika ve Avrupa olmak üzere birçok ülkeye ihracat yapılmaktadır. Bu çalışmada sektörün Türkiye ve Dünya'daki mevcut durumu incelenerek sorun ve çözüm önerileri üzerinde durulacaktır.

2. Dünya Makarna Sektörü

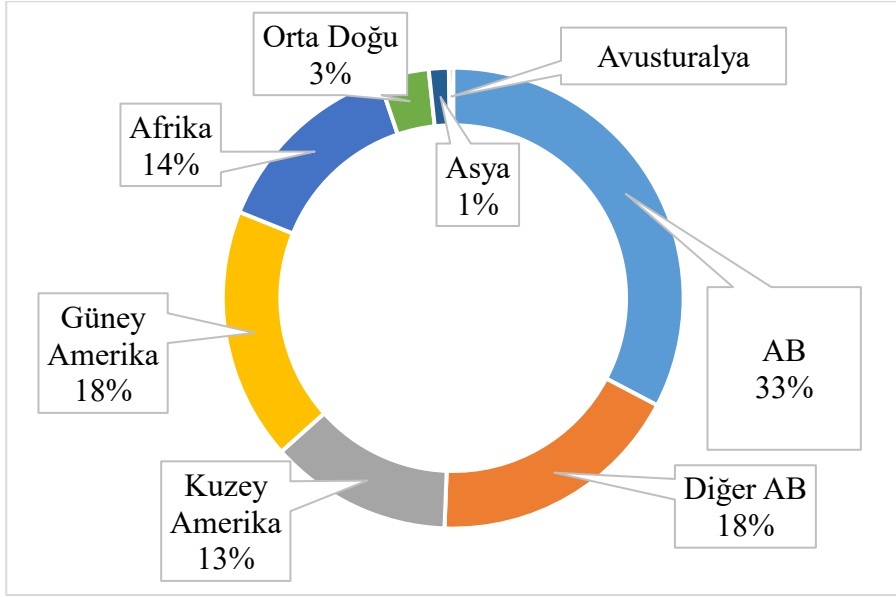
2.1.Üretim

Dünya makarna üretimi, tarım ve gıda sanayisinin önemli bir parçası olup, özellikle durum (sert) buğdayı üreten ülkelerde gelişmiştir. Makarna, ucuz, besleyici ve uzun ömürlü bir ürün olduğu için dünya genelinde hem üretimi hem tüketimi yüksek olan temel gıdalardan biridir. 2023 yılında Dünyada yaklaşık 17,4 milyon ton makarna üretilmiştir. Kıtalar itibariyle dağılımı Grafik 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Dünya Makarna Üretimi

Yıllar	Üretim (Milyon ton)
2010	13
2015	15
2018	14,8
2019	15,3
2020	15,8
2021	16,2
2022	16,9
2023	17,4

Kaynak: <http://www.fao.org>



Grafik 1: Kıtalar İtibariyle Makarna Üretimi

Kaynak: <http://www.fao.org>

Kıtalar itibariyle makarna üretimi, bölgesel tarım koşulları, buğday üretimi, tüketim alışkanlıkları ve sanayi gelişmişliği gibi faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Avrupa kıtasında İtalya, Almanya, Fransa ve Yunanistan ön sıralarda yer almaktayken Asya kıtasında Türkiye, Çin, İran ve Hindistan en çok makarna üreten ülkeler arasındadır. Ayrıca Endonezya, Japonya ve Güney Kore gibi ülkelerde de yerel tüketime yönelik üretim yapılmaktadır. Amerika ve Kanada, Brezilya Arjantin Amerika kıtasında makarna üreten ülkeler arasındayken Afrika Kıtası'nda Mısır, Güney Afrika ve Nijerya'da makarna üretimi mevcuttur. Afrika kıtasında üretim daha çok yerel tüketime yönelik olmakla birlikte dışa bağımlılık da vardır. Dünyada en büyük makarna üreticisi ülkeler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Dünyada En Büyük Makarna Üreticisi Ülkeler (2023)

Ülkeler	Üretim (Milyon ton)
İtalya	3,7
Amerika	2,0
Türkiye	1,9
Mısır	1,2
Brezilya	1,1
Rusya	1,0

Kaynak: UN.A.F.P.A. 2023

İtalya 3,7 milyon ton ve %21,9 pay ile dünyanın en büyük makarna üreticisidir. İtalya'yı %11,9 ile ABD, %11,8 ile Türkiye, %7,2 ile Mısır ve %6,9 ile Brezilya izlemektedir. Dünya makarna üretiminde üçüncü sırada bulunan Türkiye, IGC'nin verilerine göre, dünya buğday üretiminde onuncu sırada, makarna üretiminin temel hammaddesi olan durum buğdayı üretiminde ise Kanada'yı (4 milyon ton) geride bırakarak birinci sırada (4,3 milyon ton) yer almaktadır

Dünyada makarna üretimi, tarım, gıda güvenliği ve ekonomi açısından büyük öneme sahiptir. Üretim, özellikle durum buğdayı (sert buğday) tarımına dayanmaktadır. Bu da makarna endüstrisini, buğday üretimi yapan ülkeler için stratejik hale getirmektedir. Makarna, uzun raf ömrü, taşınabilirliği ve düşük maliyeti ile gıda güvenliği açısından avantajlı bir üründür. Bu özellikleri sayesinde insani yardım programlarında da sıkça kullanılmaktadır.

2.2.İhracat

Dünya makarna ihracatı, hem ekonomik hem de tarımsal açıdan önemli bir sektör oluşturmaktadır. Özellikle birkaç ülke bu alanda küresel pazara yön vermektedir (Tablo 3).

Tablo 3:Dünya Makarna İhracatı (2023)

Ülke	Yıllık İhracat Değeri (milyar dolar)	Pazar Payı (%)
İtalya	3,8	30
Türkiye	1,0	10
Çin	0,7	60
ABD	0,6	5
Belçika	0,4	4

Kaynak: <http://trademap.org>

Dünya makarna ihracatının gelişimi, son 20–30 yılda istikrarlı bir artış göstermiştir. Bu büyüme; artan nüfus, şehirleşme, hızlı yaşam tarzı ve makarnanın ucuz, pratik bir gıda olması gibi faktörlere dayanmaktadır. Gıda güvenliği, düşük maliyet, uzun raf ömrü ve küresel talep artışı gibi faktörler bu gelişimi tetiklemektedir.

Tablo 4: Dünya Makarna İhracatındaki Gelişim

1990'lar - Başlangıç ve Yayılma	Makarna üretimi ve ihracatı esas olarak Avrupa ülkeleriyle sınırlı (özellikle İtalya). Gelişmekte olan ülkelerde tüketim alışkanlığı düşük seviyede. İhracat miktarları sınırlı; yerel tüketime odaklı üretim var.
2000'ler - Küreselleşme ve Yükseliş	Gıda sanayisinin küreselleşmesiyle makarna talebi dünya çapında artmış. Türkiye, Çin, ABD gibi ülkeler üretim ve ihracatta öne çıkmaya başladı. Makarna, düşük fiyatı ve doyuruculuğu sayesinde gelişmekte olan ülkelere yöneldi.
2010'lar - Yeni Pazarlar ve Rekabet	Afrika, Orta Doğu ve Latin Amerika'da tüketim hızla arttı. Türkiye, İtalya'ya alternatif olarak uygun fiyatlı ihracatla pazar payını artırdı. Katma değerli ürünler (glutensiz, organik, sebzeli makarnalar) ortaya çıktı.
2020 ve Sonrası - Pandemi ve Değişen Alışkanlıklar	COVID-19 pandemisi, evde gıda tüketimini artırarak makarna talebini patlattı. Stoklanabilir olması nedeniyle ihracat rakamları rekor seviyelere ulaştı. E-ihracat ve doğrudan tüketiciye satış modelleri gelişti. Sürdürülebilirlik, çevre dostu ambalajlama ve sağlıklı beslenme trendleri öne çıktı.

1990'lardan günümüze makarna ihracatının genel gelişimi incelendiğinde yerel tüketim odaklı bir sektörden küresel rekabetin yoğunlaştığı bir endüstriye dönüşmüştür. Bu süreçte hem üretim teknolojileri gelişmiş hem de tüketici talepleri çeşitlenmiştir. Başta İtalya olmak üzere birkaç ülkenin tekelinde olan sektör, zamanla küreselleşmiş ve Türkiye, ABD, Çin gibi yeni

oyuncuların devreye girmesiyle rekabet artmıştır. Makarna; düşük maliyeti, uzun raf ömrü ve kolay hazırlanabilirliği sayesinde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde vazgeçilmez bir gıda haline gelmiştir. 2020 sonrası pandeminin etkisiyle ihracat rekor seviyelere ulaşmış, ürün çeşitliliği ve dijital pazarlama da sektöre yön vermeye başlamıştır (Tablo 4).

2026'ya kadar dünya makarna ihracatının yıllık %4-6 büyüme oranı ile artması beklenmektedir. Katma değerli ve sağlıklı ürünlere talep artması, Türkiye ve Çin gibi ülkelerin uygun fiyat avantajıyla yeni pazarlarda daha fazla söz sahibi olması muhtemel olarak görülmektedir.

2.3.İthalat

Dünya makarna ithalatı, ülkelerin kendi üretimlerini yeterli görmemesi, farklı kalite veya çeşit arayışları ve tüketici taleplerine göre şekillenen önemli bir ticaret kalemidir.

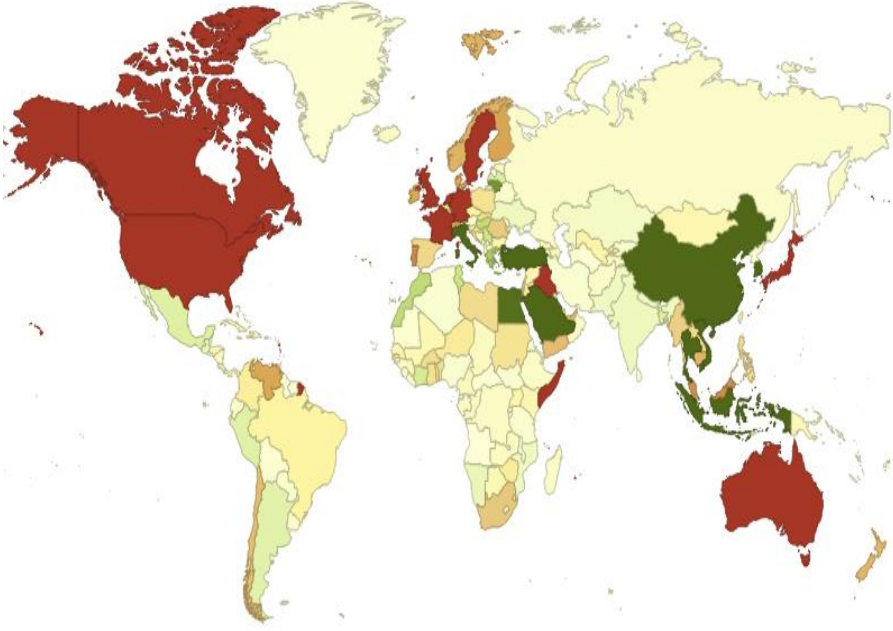
Makarna ithalatında, Meksika 2023 yılında en fazla makarna ithal eden ülke olmuştur ve küresel ithalatın %66,57'sini karşılamıştır. Meksika'nın ardından sırasıyla %14,50, %3,51, %3,20 ve %1,78 ile Özbekistan, Şili, Rusya ve Ekvator gelmektedir (Tablo 5).

Tablo 5: Dünya Makarna İthalatı (2023)

Ülke	Yıllık İhracat Değeri (milyon dolar)	Pazar Payı (%)
Meksika	19826	66.5
Özbekistan	4320	14.5
Şili	1044	3.5
Rusya	953	3.2
Ekvator	529	1.7

Kaynak: <https://www.tendata.com>

Şekil 1'de 2023 yılı dünya makarna ticaret dengesi gösterilmektedir. Renkler, her ülkenin ihracat ve ithalat değerleri arasındaki farkı temsil etmektedir. Yeşil tonları ticaret fazlasını (ihracat ithalattan daha büyük) gösterirken, kırmızı tonları ticaret açığını (ithalat ihracattan daha büyük) temsil etmektedir. 2023 yılında makarnada en büyük ticaret fazlası veren ülkeler İtalya (4,26 milyar dolar), Türkiye (885 milyon dolar) ve Güney Kore (856 milyon dolar) olmuştur. Tersine, makarnada en büyük ticaret açığı veren ülkeler ise Amerika Birleşik Devletleri (-1,14 milyar dolar), Birleşik Krallık (-965 milyon dolar) ve Fransa (-837 milyon dolar) olmuştur.



Şekil 1: Dünyada Makarna Ticareti (2023)

Kaynak: <https://oec.world/en/profile/hs/pasta>

Makarna ithalatında önümüzdeki yıllarda talep artışı, tüketici eğilimlerinin değişimi ve küresel ekonomik koşullar gibi faktörlerle bazı önemli gelişmeler yaşanması beklenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde nüfus ve şehirleşme arttıkça makarna tüketimi yükselecektir. Özellikle Asya, Afrika ve Latin Amerika’da makarna ithalatının büyümesi beklenmektedir. Makarna ithalatının önümüzdeki yıllarda sadece miktar açısından değil, ürün çeşidi, üretim standardı ve dağıtım kanalları açısından da dönüşüme uğrayacağı tahmin edilmektedir. Geleneksel makarnalarla birlikte sağlık odaklı ve özel üretim ürünlerinin ithalatında kaliteli, hızlı ve sürdürülebilir çözümler öne çıkacağı düşünülmektedir.

3. Türkiye Makarna Sektörü

3.1.Üretim

Türkiye, sahip olduğu tarımsal kaynaklar, güçlü sanayi altyapısı ve coğrafi avantajları sayesinde dünyada makarna üretiminde öne çıkan ülkelerden biridir. Anadolu toprakları, makarna üretiminde temel hammadde olan durum buğdayının ana vatanı kabul edilmekte olup, bu durum Türkiye’yi hem kaliteli üretim hem de maliyet açısından avantajlı hale getirmektedir (Aydın 2022, Onurlubaş ve Öztürk 2023). Türkiye’de makarna üretimi, son otuz yılda

istikrarlı bir artış göstererek hem iç tüketimi karşılamakta hem de dünya pazarında önemli bir ihracatçı konumuna ulaşmıştır. 1990 yılında 295 bin ton olan makarna üretimi, 2000'li yılların başında 500 bin ton seviyelerine ulaşmıştır. 2009 yılında 658 bin ton olan üretim, 2019'da 2 milyon 13 bin tona yükselmiştir (Taşçı 2023). 2020'li yıllarda ise yıllık ortalama üretim 2 milyon ton civarında seyretmektedir (Tablo 6). Makarna üretiminin temel hammaddesi olan durum buğdayı üretimi de yıllar içinde dalgalanmalar göstermiştir. 2014 yılında 3,3 milyon ton olan üretim, 2023 yılında 4,3 milyon tona ulaşmıştır . Bu artış, makarna üretiminin sürdürülebilirliği açısından olumlu bir gelişmedir (Sevim ve ark. 2023, <http://makarna.org.tr>).

Tablo 6 : Türkiye’de yıllara göre makarna üretimi

Yıllar	Üretim (bin ton)
2010	1200
2015	1600
2020	2000
2021	2100
2022	2500

Kaynak: Makarna Sektör Raporu, 2023.

Türkiye’de makarna fabrikaları üretim kapasitesi, istihdam olanakları ve ihracat performansı açısından güçlü bir konumda bulunmaktadır. Sektör, hem iç pazarı beslemekte hem de dünya genelinde önemli bir ihracatçı olarak öne çıkmaktadır (Taşçı ve ark 2022, <http://www.desmud.org>). Türkiye’de faal durumda olan 25 makarna fabrikası, yıllık toplam 2,8 milyon ton üretim kapasitesine sahiptir (Tablo 7). Bu kapasite, Türkiye’yi dünya makarna üretiminde ikinci sıraya taşımaktadır.

Tablo 7: Türkiye’de makarna fabrikalarının illere göre dağılımı ve kapasite kullanım oranları

İl	Makarna Fabrika Sayısı	Kapasite Oranı (%)
Gaziantep	10	50,1
Mardin	3	5,5
Ankara	2	7,7
Mersin	2	7,7
Çankırı	2	7,7
Konya	1	3,2
Karaman	1	3,2
Burdur	1	3,8
Çorum	1	3,8
Sakarya	1	4,3
Bolu	1	3,0
Toplam	25	100

Kaynak: Türkiye Makarna Sanayicileri Derneği, 2022.

Makarna sektörü, doğrudan 10 bin, dolaylı olarak ise 100 bin kişiye istihdam sağlamaktadır. Ayrıca, sektörün iç ve dış ticaret hacmi birlikte değerlendirildiğinde 2 milyar dolarlık bir ekonomik değeri bulunmaktadır (<http://www.desmud.org>).

Türkiye'de makarna tüketimi, son 20 yılda istikrarlı bir artış göstermiştir. Bu artış, ekonomik, sosyokültürel ve sağlıkla ilgili faktörlerin birleşimiyle şekillenmiştir (Tablo 8).

Tüketimdeki artışın nedenleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Ekonomiklik ve Pratiklik Tercih: Makarna, uygun fiyatlı ve kolay hazırlanabilir bir gıda olması nedeniyle özellikle ekonomik dalgalanmaların yaşandığı dönemlerde tercih edilmiştir.

Pandemi Etkisi: COVID-19 pandemisi sürecinde, makarna tüketimi %25 oranında artmıştır. Bu artış, makarnanın uzun süre saklanabilmesi ve besleyici özellikleriyle ilişkilendirilmiştir.

Sağlıklı Beslenme Bilinci: Makarnanın düşük glisemik indekse sahip olması ve katkı maddesi içermemesi, sağlıklı beslenme trendleriyle uyumlu hale gelmesini sağlamıştır.

Tablo 8: Türkiye’de Yıllara Göre Makarna Tüketimi

Yıllar	İç tüketim (ton)	Nüfus	Kişi başı tüketim
2011	448.345,61	74.724.269	6,00
2012	490.277,00	75.627.384	6,48
2013	532.722,00	76.667.864	6,95
2014	543.871,33	77.695.904	7,00
2015	566.935,58	78.741.053	7,20
2016	578.657,81	79.814.871	7,25
2017	614.159,99	80.810.525	7,60
2018	639.630,28	82.003.882	7,80
2019	661.082,23	83.154.997	7,95
2020	668.914,90	83.614.362	8,00
2021	677.442,18	84.680.273	8,00

Kaynak: <http://www.makarna.org.tr>

3.2.İhracat

Türkiye’de makarna sektörü, yalnızca iç pazar değil, aynı zamanda dış pazar için önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Türkiye, 2020’li yıllardan itibaren yıllık 1 milyon tonun üzerinde makarna ihraç etmektedir (Tablo 8). Düşük maliyetli üretim, yüksek kaliteli ürün ve dış ticaretin etkisiyle önemli bir ekonomik sektöre dönüşmüştür.

Tablo 8: Türkiye’de Yıllara Göre Makarna İhracatı

Yıllar	İhracat (ton)
2011	404.064
2012	505.613
2013	693.212
2014	735.286
2015	672.105
2016	831.370
2017	1.055.671
2018	1.207.598
2019	1.272.857
2020	1.463.584
2021	1.364.756

Kaynak: <http://www.makarna.org.tr>

Türkiye, makarna ihracatında İtalya'nın ardından ikinci sırada yer almaktadır. 2022 yılında dünya makarna pazarında tonaj bazında %26,6'lık paya ulaşmıştır. 2023 yılında ortalama birim fiyat 653 dolar/ton iken, 2024 yılında bu rakam 636 dolar/ton olarak gerçekleşmiştir (MÜSAD Sektör Raporu 2024).

Özellikle kaliteli durum buğdayı üretimi ve gelişmiş üretim tesisleri, Türkiye'nin hem iç pazarda hem de dış pazarlarda rekabet gücü artmıştır (Karlı ve ark. 2022). 2023 verilerine göre Türkiye'nin makarna ihracatı 800 bin tonun üzerine çıkarak önemli bir eşiği aşmıştır. Bu artış, özellikle Orta Doğu, Afrika ve Güney Amerika gibi pazarlarda Türk makarnasına yönelik talebin arttığını göstermektedir.

İhracat başarısında en dikkat çekici faktörlerden biri, Türkiye'nin uygun fiyat-kalite dengesini sağlayabilmesidir. Ayrıca lojistik avantajlar, devlet destekleri ve sektörün dış pazarlara açılma konusundaki deneyimi bu başarıda etkili olmuştur. Venezuelalı, Iraklı ve Afrikalı tüketicilerin Türk makarnasını tercih etmesi, ürünün küresel ölçekte kabul gördüğünün bir kanıtıdır. Ancak sektörün karşılaştığı bazı zorluklar da vardır. Özellikle hammadde fiyatlarındaki dalgalanmalar, enerji maliyetleri ve zaman zaman uygulanan ihracat kısıtlamaları, sektörün sürdürülebilir büyümesini tehdit edebilmektedir. Bununla birlikte, artan dünya nüfusu ve işlenmiş gıdaya olan talep, Türk makarna üreticileri için uzun vadeli fırsatlar sunmaktadır. Türkiye makarna ihracatında güçlü bir konuma sahip olmayı sürdürmektedir. Sektörün, yenilikçi ürün geliştirme, markalaşma ve pazarlama stratejilerini daha etkin kullanarak küresel rekabetçiliğini artırması mümkündür. Bu doğrultuda atılacak adımlar, Türkiye'yi makarna ihracatında dünya liderliğine bir adım daha yaklaştıracaktır.

3.3.İthalat

Türkiye, dünya çapında önemli bir makarna üreticisi ve ihracatçısı olmasına rağmen, makarna ithalatı sınırlı düzeyde de olsa devam etmektedir. Bu durum, ilk bakışta çelişkili gibi görünse de, aslında ithalatın niteliği incelendiğinde belirli gerekçelere dayandığı görülmektedir. Türkiye'nin makarna ithalatı büyük ölçüde katma değerli, özel formülasyona sahip ürünleri kapsamaktadır. Organik, glutensiz, vegan ya da belirli sağlık koşullarına uygun (örneğin düşük karbonhidratlı veya zenginleştirilmiş) makarna çeşitleri, yerli üretimde henüz yeterince gelişmemiş niş alanları oluşturmaktadır (Baysal 2008). Bu tür ürünlerde dışa bağımlılık, daha çok büyük şehirlerdeki sağlıklı yaşam trendlerinin yükselişiyle bağlantılıdır.

Ayrıca bazı uluslararası markaların Türkiye pazarındaki varlığı, ithalatı besleyen bir diğer etkidir. Bu markalar, prestijli perakende zincirlerinde yer alarak tüketiciye “farklı tatlar” veya “lüks tüketim” tercihi sunmaktadır. Dolayısıyla Türkiye'nin makarna ithalatı, temel gıda ihtiyacını karşılamaktan çok, çeşitlilik ve pazar segmentasyonu amacı taşımaktadır.

Ancak ithalatın hacmi, Türkiye'nin toplam makarna tüketimi ve üretim kapasitesiyle kıyaslandığında oldukça sınırlı düzeydedir. Türkiye, yıllık yaklaşık 2 milyon tonluk makarna üretimiyle iç talebi fazlasıyla karşılayabilmekte ve ciddi bir ihracat fazlası vermektedir. Bu da, ülkenin makarna ithalatına olan bağımlılığının çok düşük seviyelerde olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin makarna ithalatı oldukça sınırlıdır. 2015 yılında ithalat yalnızca 5.328 ton civarındadır (Tablo 9). Bu miktar, aynı yıl yaklaşık 1 milyon tonluk makarna üretimi ve 600 bin ton üzerindeki ihracatla karşılaştırıldığında ihmal edilebilir düzeydedir. Bu durum, Türkiye'nin makarna üretiminde kendi kendine yeterli, hatta fazlasını ihraç eden bir ülke olduğunu göstermektedir. İthal edilen makarna genellikle özel ürünlerden oluşmaktadır. Örneğin farklı türde aromalar içeren, glutensiz, organik, özel formüllerle üretilmiş veya coğrafi işaretli Avrupa menşeli ürünler gibi. Bu ürünler çoğunlukla yüksek gelir gruplarına hitap eden restoranlar, gurme marketler veya ithal gıda ürünleri sunan zincirlerde tüketilmektedir. Dolayısıyla makarna ithalatı, kitlesel tüketime değil, niş pazarlara yönelik olarak yapılmaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin makarna ithalatı stratejik değil, tercihe dayalı ve sınırlı bir tüketim kalemidir. Ancak yerli üreticiler için bu tablo, katma değerli ve özel ürün segmentlerinde rekabeti artırma ve üretim çeşitliliğini geliştirme yönünde bir fırsat sunmaktadır. Özellikle sağlıklı yaşam ve fonksiyonel gıdalar trendi göz önünde bulundurularak bu alandaki yerli üretim desteklenirse, ithalatın daha da azalması mümkündür.

Tablo 9: Türkiye’de Yıllara Göre Makarna İthalatı

Yıllar	İthalat (ton)
2015	5.328.000
2020	10.014.069
2021	8.985.798
2022	8.948.657
2023	11.589.627
2024	4.631.270
2025	321.987

Kaynak: <http://www.makarna.org.tr>

4.Dünya ve Türkiye’de Makarna Sektörünün Sorunları

Makarna sektörü, dünya çapında büyük bir pazar hacmine sahip olsa da, üretici ülkeler için çeşitli zorluklar ve sorunlar barındırmaktadır. Bu sorunlar hem üretim, hem ekonomik faktörler hem de çevresel unsurlar açısından ele alınmaktadır.

4.1.Dünya Genelindeki Makarna Sektörünün Sorunları

Dünya genelinde makarna sektörü, büyüklüğü ve yaygınlığına rağmen çeşitli yapısal ve güncel sorunlarla karşı karşıyadır. Bu sorunlar; tarım politikalarından tüketici eğilimlerine, iklim krizinden küresel ticaret ilişkilerine kadar çok boyutludur. Aşağıda, makarna sektörünü etkileyen temel sorunlar maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Ham Madde Temini ve Fiyat: Makarna üretiminin hammaddesi buğdaydır ve dünya çapında buğday fiyatlarında yaşanan dalgalanmalar, üreticileri doğrudan etkiler. Dünya genelinde tarım politikalarındaki belirsizlikler, buğday üretimini ve fiyatları etkileyerek maliyet artışına yol açmaktadır.
2. İklim Değişikliği ve Tarımsal Sorunlar: İklim değişikliği buğday üretiminde önemli sorunlar yaratmaktadır. Yaşanan verim kayıpları, tedarik zincirini zorlamaktadır. Bu gibi durumlar hem üreticilerin hem de tedarikçilerin maliyetlerini arttırarak üretimi olumsuz etkilemektedir. Bunun yanı sıra tarımda kullanılan pestisit ve kimyasal ilaçların çevresel etkileri de makarna sektörünü uzun vadede zorlayabilecek unsurlar arasındadır.
3. Sağlıklı Yaşama Yönelim ve Değişen Tüketici Tercihleri: Son yıllarda, sağlıklı yaşam eğilimlerinin yükselmesiyle, glütensiz ve düşük karbonhidratlı gıdalara olan talep artmıştır. Bu durum, geleneksel makarna satışını etkileyebilmektedir. Makarna üreticileri bu taleplere yönelik yenilikçi ürünler

geliştirmeye yönelmektedir. Ancak bu ürünlerin üretim maliyetleri daha yüksek olabilmektedir.

4. Düşük Fiyatlı ve Kalitesiz Ürünler: Çoğu ülkede, özellikle düşük gelirli tüketiciler için makarna, ucuz ve kolay erişilebilir bir besin kaynağıdır. Bu durum, bazı yerlerde düşük maliyetli ve kalitesiz makarna üretiminin artmasına neden olmaktadır.

5. Küresel Rekabet ve Ticaret Engelleri: Küresel rekabetin artması ve bazı ülkelerdeki ticaret engelleri, makarna üreticilerinin ihracat pazarlarında zorluklarla karşılaşılmasına neden olmaktadır. Özellikle gümrük tarifeleri, yerel üreticilerin fiyat avantajını kaybetmesine yol açabilmektedir.

4.2.Türkiye Genelindeki Makarna Sektörünün Sorunları

Türkiye’de Makarna Sektöründe dünya genelinden farklı olarak bazı sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunlar şu şekilde sıralanabilir.

1.Yüksek Enerji ve Üretim Maliyetleri: Makarna üretimi, enerjinin yoğun kullanıldığı bir süreçtir ve enerji fiyatlarının artması, üretim maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum ürün fiyatlarının artmasına yol açarak iç pazarda talep daralmasına sebep olabilmektedir.

2. Buğday Üretimi ve Tarım Politikaları: Türkiye’de makarna üretiminin çoğu yerli buğdaya dayanır. Son yıllarda buğday üretiminin verimli olmaması dışa bağımlılığı artırmaktadır. Ek olarak tarım politikalarındaki belirsizlikler, buğday üretiminde dalgalanmalara ve fiyat artışlarına yol açabilmektedir.

3. İhracat Pazarlarında Rekabet: Türkiye, önemli bir makarna ihracatçısı olsa bile küresel pazarda büyük rekabetle karşılaşmaktadır. Özellikle İtalya, Çin, ABD gibi üreticilerle rekabet, Pazar payını etkileyebilmektedir. Bazı ülkelerde uygulanan gümrük vergileri ve ticaret engelleri, Türkiye’nin ihracatını kısıtlayabilmektedir.

4. Dış Ticaret ve Döviz Kurları: İhracat yaparken döviz kurlarındaki belirsizlikler, gem gelinde azalmaya hem de maliyet artışlarına yol açabilmektedir. Dolar/TL kuru gibi dalgalanmalara bağlı olarak, ithalat maliyetleri artabilmekte ve bu durum iç pazarda fiyat artışlarını tetikleyebilmektedir.

5. Karmaşık Vergilendirme ve Düzenlemeler: Üreticiler, tarım ve gıda sektöründeki karmaşık vergi düzenlemelerine uyum sağlamakta zorluk yaşamaktadır. Sektör, mali yükümlülükler ve denetimlerde sıkı değişen mevzuatlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu da, özellikle küçük ölçekli üreticilerin işlerini zor hale getirebilmektedir.

5.Sonuç

Sonuç olarak; Dünya ve Türkiye’de makarna sektörü çeşitli ekonomik, çevresel ve ticari sorularla karşı karşıya kalmaktadır. Bu sorunlar sektörün sürdürülebilirliğini ve rekabet gücünü etkileyebilmektedir. Sektördeki yenilikçi yaklaşımlar ve sağlıklı alternatif ürünlerin geliştirilmesi bu sorunlarla başa çıkmada yardımcı olabilir. Makarna sektörünün geleceği, özellikle çevresel sürdürülebilirlik ve sağlıklı yaşam eğilimlerine uyum sağlama konusunda atılacak adımlara bağlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aydın, A. (2022). Türkiye’de Buğday Üretim Sektörünün Yapısı ve Arıma Modeli İle Üretim Tahmini. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 1-18.
- Baysal, A., (2008). Makarnanın Beslenme ve Sağlık Yönünden Önemi. Bilimsel Yönleriyle Makarna Türkiye Makarna Sanayicileri Derneği Yayınları, 2. Baskı, 1-20, Ankara.
- Çaşkurlu, S., (2023), Türkiye’nin Buğday Unu ve Makarna İhracatındaki Rekabetçiliğine Eleştirel Bir Yaklaşım, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 58(3), 2284-2307.
- Eser, H. Ş. (2009) Türkiye’de Makarnalık Buğday Üretiminde Uygulanan Politikalar ve Makarna Sektörünün Üretici ve Tüketici Düzeyinde Analizi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bil. Ens., Tarım Ekonomisi ABD, Doktora Tezi, 139s.
- <http://www.fao.org>
- <https://www.pasta-unafpa.org/>
- <https://oec.world/en/profile/hs/pasta>
- <http://www.desmud.org>
- <https://www.tendata.com>
- Karlı, B., Kadakoğlu, B., Dağ, M. M. Bayav, A. (2022). Development of The Wheat Flour Industry In Türkiye and Analysis of The International Competitiveness. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 22 (4). 303-312.
- Ken, E., Semerci, A. (2023). Türkiye’de Buğday Üretimi ve Destekleme Politikaları. 3rd International Congress of the Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, Malatya, Türkiye, 54–63.
- Makarna Sektör Raporu, 2023. Makarna Üreticileri ve Sanayicileri Derneği, MÜSAD 2024.
- Makarna Sektör Raporu, 2024. Makarna Üreticileri ve Sanayicileri Derneği, MÜSAD 2025.
- Onurlubaş, E., Öztürk, D. (2023). Tüketici Perspektifinden Makarna: Alışkanlıklar, Tercihler ve Etkileyen Faktörler. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12(3), 140-159.
- Saraçoğlu, B., Köse, N., 2000, Bazı Gıda Sanayilerinin Uluslararası Rekabet Gücü: Makarna, Bisküvi ve Un Sanayi, Proje Raporu 2000-2, Yayın No: 39 , Mayıs, Ankara.
- Sevim, S., Gümüş, D., Kızıl, M. (2023). Türkiye’de Satışa Sunulan Glutensiz Ürünler ile Gluten İçeren Eşdeğerlerinin Besin Ögesi İçeriği ve Maliyet Yönünden Değerlendirilmesi. *Akademik Gıda*, 21(3), 264-273.
- Taşcı, R., Karabak, S., Şanal, T., Kaplan Evlice, A., Sarı G., Candemir S., Özercan B., Bolat M. , Arslan S., Bayramoğlu Z. (2022). Türkiye’de Makarna Fabrikalarının Buğday Tedarik Yapısı ve Alım Kriterleri, *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences* 9(3):502-508.
- Taşcı R. (2023). Türkiye’de Makarna Sektörünün Rekabet Analizi Projesi Sonuç Raporu. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Nisan 2023.
- Turhan, S., B., Çetin, (2002). ‘Türkiye’de Makarna Sektöründeki Gelişmeler ve Dışsatıma Yansımaları’, *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongresi*, s 243-251, 3-4 Ekim, 2002, Gaziantep

UN.A.F.P.A. (2023). Union of the Organizations of Manufacturers of Pasta Products in the E.U. Viale del Poggio Fiorito. 61-000144 Rome. Italy.

