
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

BİYOLOJİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ BİYOTEKNOLOJİ OKURYAZARLIK DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Şebnem Bahtiyar Gürbüz

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

BİYOLOJİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞUSTOS, 2025

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU

Bu tezin tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek koşuluyla tezin teslim tarihinden itibaren 6 (altı) ay sonra tezden fotokopi çekilebilir.

YAZARIN

Adı : Şebnem

Soyadı : Bahtiyar Gürbüz

Bölümü : Biyoloji Eğitimi

İmza :

Teslim tarihi :

TEZİN

Türkçe Adı : Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerinin İncelenmesi

İngilizce Adı : Examining The Biotechnology Literacy Levels of Prospective Biology Teachers

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Tez yazma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyduğumu, yararlandığım tüm kaynakları kaynak gösterme ilkelerine uygun olarak kaynakçada belirttiğimi ve bu bölümler dışındaki tüm ifadelerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

Yazar Adı Soyadı: Şebnem Bahtiyar Gürbüz

İmza:

JÜRİ ONAY SAYFASI

Şebnem BAHTİYAR GÜRBÜZ tarafından hazırlanan "Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerinin İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Gazi Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sultan ÇIKRIK

(Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi) ……

Başkan: Prof. Dr. Musa DİKMENLİ

(Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı, Necmettin Erbakan Üniversitesi) ……

Üye: Prof. Dr. Çiğdem Alev ÖZEL

(Biyoloji Eğitimi Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi) …….

Tez Savunma Tarihi: 30.07.2025

Bu tezin Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olması için şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Osman ÇİMEN

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürü ……

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim sürecine başladığım andan itibaren her konuda desteğini esirgemeyen, değerli görüşleriyle araştırmama rehberlik eden, akademik duruşuyla örnek teşkil eden danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Sultan Çıkrık'a,

Biyoloji Eğitimi alanında kendimi geliştirme olanak sağlayan, deneyim ve bilgi birikimleriyle bu yolda bana ışık tutan, kendilerinden çok şey öğrendiğim değerli hocalarım Prof. Dr. Mehmet Yılmaz, Prof. Dr. Osman Çimen, Prof. Dr. Çiğdem Alev Özel ve Dr. Öğretim Üyesi Özlem Taşdelen'e,

Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen bu süreçte her zaman yanımda olan sevgili aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şebnem Bahtiyar Gürbüz

BİYOLOJİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ BİYOTEKNOLOJİ OKURYAZARLIK DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Şebnem Bahtiyar Gürbüz

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos, 2025

ÖZ

Bu araştırmada, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Günümüzde biyoteknoloji; sağlık, tarım, çevre ve endüstri gibi çok sayıda disiplini etkileyen, hızla gelişen bir uygulama alanı hâline gelmiştir. Bu alandaki yenilikleri öğrencilere aktarma sürecinde öğretmenlerin biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri kritik öneme sahiptir. Bu nedenle öğretmen adaylarının biyoteknolojiye ilişkin okuryazarlık düzeylerini incelemek hem öğretmen yetiştirme politikalarına hem de biyoteknoloji eğitiminin kalitesine katkı sağlayacaktır. Araştırmada, karma yöntem kullanılmış olup nicel ve nitel veriler birlikte değerlendirilmiştir. Nicel veriler, öğretmen adaylarına uygulanan çoktan seçmeli "Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi" aracılığıyla; nitel veriler ise açık uçlu sorulardan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formu ile toplanmıştır. Test soruları nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı olarak dört temel boyutta incelenmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu, 2024-2025 eğitim öğretim yılında Türkiye'deki bir devlet üniversitesinin biyoloji öğretmenliği lisans programının birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıflarında öğrenim görmekte olan 58 biyoloji öğretmen adayı oluşturmaktadır. Toplanan nicel veriler analiz edilerek aritmetik ortalama, yüzde ve frekans dağılımları hesaplanmıştır. Nitel veriler ise içerik analizi

yöntemiyle çözümlenmiş; adayların verdiği cevaplar kodlanarak belirli temalar altında toplanmıştır. Nicel araştırma verilerinde öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlığına ilişkin genel başarı ortalamasının orta düzey olduğu görülmüştür. Nitel araştırma verileri ise nominal düzeyde bilgi sahibi olunsa da kavramsal derinlikte yetersizlikler bulunduğunu ortaya koymuş, adayların fonksiyonel boyutta okuryazarlığının yüksek olduğunu ancak prosedürel boyutta okuryazarlıkta belirgin eksiklikler yaşadıklarını göstermiştir. Araştırmanın sonucunda, öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin yükseltilmesi gerektiği; bilimsel süreçleri anlama ve uygulama, etik, sosyal yönleri çok boyutlu değerlendirme konularında gelişime açık oldukları belirlenmiştir. Bu doğrultuda biyoteknoloji eğitiminin öğretmen yetiştirme programlarında daha kapsamlı ve uygulamalı şekilde sunulması gerektiği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoteknoloji, biyoteknoloji okuryazarlığı, biyoloji eğitimi, biyoteknolojik uygulamalar, öğretmen adayları
Sayfa Adedi : xvii +124
Danışman : Dr. Öğretim Üyesi Sultan Çıkrık

EXAMINING THE BIOTECHNOLOGY LITERACY LEVELS OF PROSPECTIVE BIOLOGY TEACHERS

(M.S. Thesis)

Şebnem Bahtiyar Gürbüz

GAZI UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF EDUCATIONAL SCIENCES

August, 2025

ABSTRACT

This study aimed to determine the biotechnology literacy levels of prospective biology teachers. Today, biotechnology has become a rapidly developing field of science that affects numerous disciplines such as health, agriculture, environment, and industry. Teachers' biotechnology literacy levels are of critical importance in the process of transferring innovations in this field to students. Therefore, examining prospective teachers' biotechnology literacy levels will contribute both to teacher education policies and to the quality of biotechnology education. In this research, a mixed-methods design was employed, and both quantitative and qualitative data were evaluated together. Quantitative data were collected through a multiple-choice "Biotechnology Literacy Test" administered to prospective teachers, while qualitative data were obtained using a semi-structured interview form consisting of open-ended questions. The test questions were examined in four main dimensions: nominal, functional, procedural, and multidimensional biotechnology literacy. The study group consisted of 58 prospective biology teachers enrolled in the first, second, third, and fourth years of the undergraduate biology teacher education program at a public university in Turkey during the 2024–2025 academic year. The collected quantitative data were analyzed by calculating arithmetic means, percentages, and frequency distributions.

Qualitative data, on the other hand, were analyzed using the content analysis method; the responses provided by the participants were coded and categorized under specific themes. The quantitative research findings revealed that the overall mean achievement level of prospective teachers regarding biotechnology literacy was at a moderate level. The qualitative findings, however, showed that although participants possessed nominal knowledge, they lacked conceptual depth. Furthermore, while their functional literacy was found to be high, they experienced significant deficiencies in procedural literacy. As a result of the study, it was determined that the biotechnology literacy levels of prospective biology teachers need to be enhanced, and that they are open to development in terms of understanding and applying scientific processes, as well as evaluating ethical and social aspects from a multidimensional perspective. In this regard, it is recommended that biotechnology education be provided in teacher education programs in a more comprehensive and practice-oriented manner.

Keywords : Biotechnology, biotechnology literacy, biology education, biotechnological applications, pre-service teachers
Page Number : xvii + 124
Advisor : Assist. Prof. Dr. Sultan Çıkrık

İÇİNDEKİLER

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU ……...…....i

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI……....……ii

JÜRİ ONAY SAYFASI…….…...iii

TEŞEKKÜR…….iv

ÖZ…….....v

ABSTRACT……....vii

İÇİNDEKİLER……...…ix

TABLOLAR LİSTESİ …….....…xii

ŞEKİLLER LİSTESİ…….…..…xiv

BÖLÜM I…….…...1

GİRİŞ…….…….....……...…….……1

1.1. Problem Durumu …….……...……...…1

1.2. Problem Cümlesi ……...……..…….…3

1.2.1. Alt Problemler……...…….……3

1.3. Sayıltılar ……...……...……...……...…4

1.4. Sınırlılıklar……...……..4

1.5. Araştırmanın Amacı ve Önemi…….…….....4

1.6. Tanımlar ……5

BÖLÜM II…….7

KAVRAMSAL ÇERÇEVE…….....7

2.1. Biyoteknolojinin Tanımı ve Tarihçesi……...…….....7

2.1.1. Antik ve Geleneksel Biyoteknoloji (1800 öncesi)…..…….……..7

2.1.2. Klasik Biyoteknoloji (1800'ler- 1900'ler)……...……..8

2.1.3. Modern Biyoteknoloji……...……9

2.2. Biyoteknolojinin Uygulama Alanları……...……..10

2.2.1. Tarımsal Biyoteknoloji……...……10

2.2.2. Endüstriyel Biyoteknoloji……...…...……..11

2.2.3. Çevresel Biyoteknoloji……...……..12

2.2.4. Tıbbi Biyoteknoloji…….....…12

2.2.4.1. *İnsanlardaki Gen Terapisi*……..……..……....13

2.2.4.2. *Kök Hücre Çalışmaları*…….……..…14

2.3. Biyoteknolojinin Alt Yapısını Oluşturan Bazı Teknikler……...…..…15

2.3.1. Rekombinant DNA Teknolojisi ve Gen Klonlama……...……..…15

2.3.2. PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) …….....……...17

2.3.3. STR Analizi, Jel Elektroforezi ve DNA Parmak İzi …….……..……..17

2.3.4. DNA Sekanslama……...……...18

2.4. Yapay Zekâ ve Biyoteknoloji……..19

2.5. Güvenlik ve Etik Konular……...……20

2.6. Biyoteknoloji Eğitiminin Önemi ……...…21

2.7. Biyoteknoloji Okuryazarlığı ……...…….…...22

2.8. Türkiye'de Ortaokul ve Liselerde Biyoteknoloji Öğretimi……...…….…..23

2.9. İlgili Araştırmalar……...……..…25

BÖLÜM III ……..…...…33

YÖNTEM..……...……33

3.1. Araştırmanın Modeli…….……...…….……..33

3.2. Çalışma Grubu…….…34

3.3. Veri Toplama Araçları ……...……....35

3.4. Veri Toplama Süreci.……...…..…..…36

3.5. Veri Analizi……...……....…37

BÖLÜM IV……..39

BULGULAR VE YORUMLAR…….…….……39

4.1. Araştırmanın Nicel Verilerine Ait Bulgular ve Yorumlar…….…...…39

4.2. Araştırmanın Nitel Verilerine Ait Bulgular ve Yorumlar…….…..79

BÖLÜM V …….……100

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER…….……....100

5.1. Sonuç ve Tartışma……..100

5.2. Öneriler……...105

KAYNAKLAR..…….……..…108

EKLER……..…….……..115

EK 1. Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi…….…….…….…116

EK 2. "Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi" İzin Belgesi……....…121

EK 3. Yarı yapılandırılmış Görüşme Formu…….…122

EK 4. Gazi Üniversitesi Etik Komisyon Kararı……...…123

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. *Araştırmanın Çalışma Grubuna Ait Demografik Bilgiler*……..34

Tablo 2. *Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi Maddelerinin Alt Boyutları*…….....36

Tablo 3. *Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerine Ait Betimsel İstatistikler*……...39

Tablo 4. *Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerinin Cinsiyete Göre Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları*……....40

Tablo 5. *Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerinin Biyoteknoloji ile İlgili Eğitim Alma Durumuna Göre Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları*..41

Tablo 6. *Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerinin Sınıflarına Göre Bağımsız Gruplar için Tek Yönlü Varyans Analizi Sonuçları*……..42

Tablo 7. *1. Soru: Rekombinant DNA Teknolojisi Nedir? Günlük Hayattaki Uygulamalarına Örnek Verebilir Misiniz? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı* ……...……..80

Tablo 8. *2. Soru: Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların (GDO) Avantajlarını ve Dezavantajlarını Nasıl Değerlendirirsiniz? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı*……82

Tablo 9. *3. Soru: Biyoteknoloji ile Yapılan Gen Transferi Gibi Uygulamalar, Doğal Dengeyi Bozabilir Mi? Sizce Bu Konuda Nasıl Önlemler Alınmalı? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı*……...……84

Tablo 10. *4. Soru: Bilim İnsanlarının Laboratuvarda Geliştirdiği Organların Gelecekte Sağlık Sistemine Etkileri Neler Olabilir? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı* ……....87

Tablo 11. *5. Soru: Bir Biyoteknolog, Deneylerinde Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri Nasıl Belirler? Örnek Bir Uygulama Üzerinden Açıklayabilir Misiniz? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı*……89

Tablo 12. *6. Soru: Biyoteknolojik Deneylerde Kontrol Gruplarının Önemini Nasıl Açıklarsınız? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı*……...……..…..92

Tablo 13**.** *7. Soru: Biyoteknolojik Gelişmeler Hakkındaki Yanlış Bilgilerin ve Önyargıların Önlenmesi için Neler Yapılabilir? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı*…….....……94

Tablo 14**.** *8. Soru: Biyoteknoloji ile İlgili Bilgi Alabileceğiniz En Güvenilir Kaynaklar Sizce Hangileridir? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı*…….….97

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 1. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……...43
Şekil 2. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 1. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……..…44
Şekil 3. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 2. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……...44
Şekil 4. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 2. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……..…45
Şekil 5. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 3. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……...46
Şekil 6. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 3. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……..…...46
Şekil 7. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 4. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……...47
Şekil 8. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 4. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……..…...47
Şekil 9. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 5. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...…….48
Şekil 10. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 5. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……..……...….49
Şekil 11. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 6. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..49
Şekil 12. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 6. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ..……...…50
Şekil 13. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 7. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..51

Şekil 14. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 7. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……...……...…51
Şekil 15. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 8. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi……...……...52
Şekil 16. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 8. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……...…53
Şekil 17. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 9. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..54
Şekil 18. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 9. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……...…54
Şekil 19. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 10. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..55
Şekil 20. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 10. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……...…56
Şekil 21. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 11. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..57
Şekil 22. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 11. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……...…...57
Şekil 23. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 12. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..58
Şekil 24. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 12. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……...…...59
Şekil 25. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 13. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..59
Şekil 26. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 13. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……...…..60
Şekil 27. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 14. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..61
Şekil 28. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 14. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ..……...….61
Şekil 29. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 15. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..62
Şekil 30. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 15. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……...……...…63

Şekil 31. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 16. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi……...……...64
Şekil 32. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 16. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……..…64
Şekil 33. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 17. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..65
Şekil 34. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 17. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……..…66
Şekil 35. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 18. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..67
Şekil 36. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 18. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……..…68
Şekil 37. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 19. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..68
Şekil 38. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 19. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……..…...69
Şekil 39. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 20. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..70
Şekil 40. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 20. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……..…...71
Şekil 41. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 21. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..71
Şekil 42. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 21. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……..…..72
Şekil 43. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 22. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..73
Şekil 44. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 22. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ..……..…74
Şekil 45. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 23. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi ……...……..75
Şekil 46. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 23. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi ……...……..…75
Şekil 47. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 24. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi……...……...76

Şekil 48. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 24. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……...…77
Şekil 49. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 25. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi……...……...78
Şekil 50. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 25. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi……...…78

BÖLÜM I

GİRİŞ

Bu bölümde, ilgili alan yazın özetlenerek tez konusu olarak ele alınan problemin ne olduğu, araştırmanın amacı, araştırmanın önemi, sınırlılıklar, araştırmaya başlarken yapılan varsayımlar ve araştırmada yer alacak tanımların hangi anlamlarda kullanıldığına ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Biyoteknolojinin geçmişi M.Ö. 1750 yıllarına kadar dayanmaktadır. Bu yıllarda biyoteknolojik bir uygulama olan mayalanmayı ilk keşfeden Sümerliler olmuştur. Modern biyoteknoloji ise 1917'de ilk defa Macar kökenli asıl mesleği mühendislik olan Karl Ereky tarafından ortaya atılmıştır. Karl Ereky modern biyoteknolojiyi "canlıların yardımı ile yapılan tüm üretim işleri" olarak tanımlamıştır (Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015).

Biyoteknoloji, 1950 yılından sonra ıslah çalışmalarında ön plana çıkmıştır. Bu alanda yapılan ilk denemelerde, organizmanın genetik yapısına doğrudan müdahale etmeyen doku kültürü yöntemleri tercih edilirken; günümüzde, gen transferi teknikleriyle organizmalara farklı türlerden genler aktarılarak, kendi potansiyelleri haricinde yeni özellikler kazandırılabilmektedir (Demir & Pala, 2007).

Biyoteknoloji uygulamaları temelde hastalıkların tanı ve tedavisi, gıda kalitesi ve güvenliği, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynakları sağlanması, biyokütle atıklarını ve su tüketimini azaltma hedefi ile yaşamın her alanında çeşitli ürün ve hizmetler geliştirmek için çalışmaktadır (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020). Geleceğimizi şekillendirecek olan biyoteknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle her geçen gün sosyal, kültürel ve ekonomik faydalar, bunun yanında riskler ve etik sorunlar ortaya çıkmaktadır (Sıcaker & Aydın, 2015).

Ortaya çıkan sorunların tespiti ve çözümü, toplumda yaşayan tüm bireyleri ilgilendirmektedir. Bireylerin biyoteknoloji merkezli sosyobilimsel konularda karar alma süreçlerini öğrencilik yıllarında edindikleri biyoteknoloji eğitimi yönlendirecektir. İnsan sağlığını, çevreyi, tarımı etkileyen biyoteknolojik uygulamalar hem sosyal hem de etik açıdan okullarda öğrencilere öğretilmelidir. Geleceğin yetişkinleri konumundaki öğrencilerin biyoteknoloji konusunda doğru bilgi ve donanıma sahip olması sorunlara çözüm üretebilmesi açısından önemlidir (Pas vd., 2019). Öğrencileri yetiştirecek olan öğretmenlerin bu konudaki bilgi ve tutum eksikliği bu bağlamda büyük önem taşımaktadır. Hem maddi hem de bilimsel getirisi yüksek olan biyoteknoloji konusunda, her düzeyde öğrencinin bilgi sahibi olması, gelecekte bu alanda çalışabilecek bireylerin yetiştirilmesini mümkün kılacaktır (Sevimli Gür & Öz, 2022).

Yeung vd. 2019 yılında dünyadaki ülkeleri biyoteknoloji uygulamaları ve biyoteknoloji ürünleri bakımından incelemiştir. Bu araştırmacılar, çalışmalarında 2017-2019 yılları arasında biyoteknoloji alanında yayınlanan 12.351 yayını analiz etmiş, bu yayınlara 8500'ten fazla kuruluşun katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir. Çalışmaları sonucunda biyoteknoloji ile ilgili en fazla yayın üreten kurumları sırasıyla; Fransa Ulusal Bilim Araştırma Merkezi, Çin Bilim Akademisi, Kaliforniya Sistem Üniversitesi, İspanya Ulusal Araştırma Kurumu ve Sao Paulo Üniversitesi olarak belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada biyoteknoloji ile ilgili en çok yayın yapan ülkelerin de ABD, Çin, Almanya, Brezilya ve Hindistan olduğunu ortaya koymuşlardır (Yeung vd., 2019). Veriler ışığında, Türkiye'nin biyoteknoloji alanında kurum ve ülke sıralamalarında yer alamamasının; biyoteknolojiye dayalı ürün, buluş ve akademik yayın açısından diğer ülkelere kıyasla yetersiz kalmasından ve bu yetersizliğin de biyoteknoloji okuryazarlığının yeterince gelişmemiş olmasından kaynaklı olabileceği öngörülmektedir (Alkaya, 2024). Bireylerin biyoteknolojik terim ve kavramları anlayabilmeleri için de biyoteknoloji okuryazarı olmaları gerekmektedir (De la Hoz vd., 2022). Biyoteknoloji okuryazarlığı artmış toplumlarda biyoteknoloji alanında buluş ve ürünlerde artış beklenecektir (Alanazi'den aktaran Alkaya, 2024).

Konu ile ilgili alan yazın incelendiğinde ülkemizde biyoteknoloji uygulamaları ve biyoteknoloji okuryazarlığı ile ilgili çoğunlukla fen bilgisi öğretmenleri ve fen bilgisi öğretmen adayları ile çalışmalar yürütüldüğü görülmektedir (Açıkgül, 2015; Alkaya, 2024; Arslankara, 2019; Çaycı & Doğru, 2024; Görgülü Arı & Kıvanç, 2019; Gürkan & Kahraman, 2018; Kaya, 2015; Öcal, 2012; Konak & Sürmeli, 2021; Soğukpınar, 2019; Şahin & Ünaldı Coral, 2023; Turan & Koç, 2012; Yüce & Yalçın, 2012). Biyoloji öğretmenlerine ve biyoloji

öğretmen adaylarına biyoteknoloji konu başlıklı yapılan çalışmaların sınırlı olduğu görülürken (Akçay, 2016; Çamur, 2016; Konak & Hasançebi, 2021; Sinan, 2015; Şahin, 2022), biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlığını belirlemeye yönelik henüz yapılmış bir çalışma olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca lisede eğitim gören öğrenciler üzerine yapılan bazı çalışma sonuçları incelendiğinde öğrencilerinin biyoteknoloji okuryazarlık seviyesinin ortalama ve ortalama altında olduğu (Mutlu, 2023; Sevimli Gür & Öz, 2022; Soğukpınar & Karışan 2020) görülmüştür.

Literatür araştırmalarında biyoteknoloji üzerine az sayıda ve düşük kapsamlı araştırmaların bulunması ve bu araştırmaların yakın tarihte daha az sunulmuş olması biyoteknolojiye verilen önemin ne derece düşük olduğunun bir ispatı olarak görülebilir (Sevimli Gür & Öz, 2022). Bu çalışmanın, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlığı ile ilgili mevcut durumlarını nicel ve nitel olarak açığa çıkarması, araştırmacılara veri sağlaması, gelecekte hazırlanacak olan benzer projelerin tasarlanması ve yürütülmesi aşamasında örnek olması açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.2. Problem Cümlesi

Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlıkları hangi düzeydedir?

1.2.1. Alt Problemler

1. Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri cinsiyetleri açısından anlamlı farklılık göstermekte midir?
2. Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri biyoteknoloji ile ilgili eğitim alma durumu açısından anlamlı farklılık göstermekte midir?
3. Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri sınıflarına göre anlamlı farklılık göstermekte midir?
4. Biyoloji öğretmen adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi'ne verdikleri cevapların soru bazında dağılımı nasıldır?
5. Biyoloji öğretmen adaylarının Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu'na verdikleri cevaplara göre biyoteknoloji okuryazarlıkları nasıldır?

1.3. Sayıltılar

1. Araştırmaya katılan biyoloji öğretmen adaylarının ölçme araçlarına samimi ve objektif bir şekilde cevap verdikleri,
2. Araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının araştırmanın amacına ulaşmada yeterli ve geçerli olduğu,
3. Araştırma sonucunda elde edilecek bulguların, örneklemi oluşturan öğretmen adayları ile benzer özelliklere sahip diğer öğretmen adaylarına genellenebileceği,
4. Öğretmen adaylarının bu araştırma öncesinde araştırma konularıyla ile ilgili özel bir çalışma yapmadıkları,
5. Araştırmanın kavramsal yapısı oluşturulurken kullanılan kaynakların yeterli ve güvenilir bilgiler verdiği, varsayılacaktır.

1.4. Sınırlılıklar

1. Araştırma bir devlet üniversitesinin eğitim fakültesi biyoloji eğitimi ana bilim dalında eğitim gören birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıf biyoloji öğretmen adaylarının katılımıyla sınırlandırılmıştır.
2. Araştırma 2024-2025 eğitim-öğretim yılı ile sınırlandırılmıştır.

1.5. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Biyoteknoloji yenilikçiliğe açık, sürekli gelişen ve değişen, sınırları olmayan, avantajları ve riskleri tartışmaya açık bir teknolojidir. Biyoteknoloji alanındaki yenilikleri ve değişimleri öğrencilere aktarmada en önemli unsur öğretmenler olduğu için öğretmenlerin biyoteknoloji okuryazarlığı yeterlilikleri, öğrencilerde biyoteknoloji okuryazarlığı oluşturmada büyük önem taşımaktadır.

Öğretmenler yalnızca bilgi aktaran değil, aynı zamanda gelecek kuşakların düşünce yapısını şekillendiren unsurlardır. Öğrencilerin dünyayı nasıl algıladıkları, neyi sorguladıkları, bilimsel ya da etik meseleleri nasıl değerlendirdikleri büyük ölçüde öğretmenlerinin yaklaşımıyla şekillenir. Bu nedenle öğretmenlerin biyoteknoloji gibi güncel ve tartışmalı bir alanda, doğru, dengeli ve eleştirel bir bakış açısına sahip olabilmeleri, öğrencilerde de benzer bir farkındalık geliştirme açısından oldukça önemlidir.

Alan yazında, yapılan araştırmalarda lisede öğrenim gören öğrencilerin biyoteknoloji okuryazarlık seviyesinin düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun nedenlerinden birinin de öğretmenlerde var olan biyoteknoloji okuryazarlığı düzeyinin yetersizliğinden

kaynaklandığı düşünülmektedir.

Eğitim sisteminin dönemin gereklerine uygun öğrenciler eğitmesi, alanında uzman ve öğretmenlik mesleği açısından ihtiyaç duyulan donanımları taşıyan öğretmenlerle sağlanabilir. Biyoteknoloji okuryazarlığı yüksek ve güncel biyoteknolojik uygulamaları takip edebilen öğretmenler toplumun biyoteknoloji okuryazarlık düzeyini olması gereken düzeye taşıyacak olan unsurlardır.

Bu nedenle bu çalışmada biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri tespit edilmek istenmiştir. Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlığı düzeyini belirlemenin eğitim programları hazırlanması açısından da önemli olduğu düşünülmektedir.

1.6. Tanımlar

Biyoloji Eğitimi: Bireylere doğayı, canlıları ve canlılık olaylarını aktararak; bilgileri kavrama ve yorumlama becerilerinin geliştirilmesini, ayrıca biyoloji dersi kapsamındaki konularla ilgili olumlu davranış ve tutumlar kazanmalarını sağlayan süreçtir (Öztaş, Yel & Öztaş, 2005).

Biyoteknoloji: Biyoteknoloji, canlı organizmaların ya da bu organizmalara ait hücresel ve moleküler yapıların kontrollü biçimde değiştirilerek insanlık yararına çeşitli ürünlerin ve süreçlerin geliştirilmesini amaçlayan bilimsel ve teknolojik uygulamaların bütünüdür. (Simon vd., 2017). Medeniyet tarihinde mayalanma ya da çiftlik hayvanlarının seçici olarak çiftleştirildiği eski uygulamalarla başlayan biyoteknoloji günümüzde artık genetik materyal ile çalışmak, geni modifiye etmek ve bu genleri bakteriler, bitkiler ve hayvanlar arasında aktarabilmek için geliştirilen modern bir DNA teknolojisi olarak tanımlanır (Simon vd., 2017).

Biyoteknoloji Okuryazarlığı: Biyoteknolojideki temel kavramları bilmek, bu kavramları doğru tanımlamak, biyoteknoloji disiplininin kavramsal şemalarını anlamak, prosedürel becerileri kullanmak, biyoteknolojide bilimsel sorgulama ve biyoteknolojinin teknolojik tasarım süreçlerine ait yeterliliklere sahip olmak anlamına gelir (Açıkgül Fırat & Köksal, 2019).

Genetiği Değiştirilmiş Organizma: Genetik müdahaleye maruz bırakılarak farklı kaynaklardan genetik materyal aktarılan organizmalar, genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) olarak tanımlanır. Bu organizmalar, doğal yollarla oluşmayacak özellikleri

biyoteknolojik müdahaleyle kazanmışlardır (Simon vd., 2017).

Transgenik Organizma: Organizmanın yeni kazandığı gen, bir başka organizmaya ve tipik olarak bir başka türe ait ise bu rekombinant organizmaya transgenik organizma denir (Simon vd., 2017).

Genetik Mühendisliği: Bir organizmanın genomunun değiştirilmesi ya da farklı bir canlıdan alınan veya sentetik olarak üretilen genlerin aktarılması yoluyla, canlıların kalıtsal özelliklerinin değiştirilmesi ve onlara yeni işlevler kazandırılmasına yönelik araştırmalar yapan bilim alanıdır (Çelik-Akdur, 2012).

BÖLÜM II

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde biyoteknoloji ve biyoteknoloji okuryazarlığı ile ilgili açıklamalara ve yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Biyoteknolojinin Tanımı ve Tarihçesi

Biyoteknoloji, organizmaların ya da organizma bileşenlerinin yararlı ürünler elde etmek ve kullanmak üzere manipüle edildiği bir işlemdir. Medeniyet tarihinde mayalanma ya da çiftlik hayvanlarının seçici olarak çiftleştirildiği eski uygulamalarla başlayan biyoteknoloji günümüzde artık genetik materyal ile çalışmak, geni modifiye etmek ve bu genleri bakteriler, bitkiler ve hayvanlar arasında aktarabilmek için geliştirilen modern bir DNA teknolojisi olarak tanımlanır (Simon vd., 2017).

2.1.1. Antik ve Geleneksel Biyoteknoloji (1800 öncesi)

Kökeni M.Ö. 7.000'e kadar uzanan antik biyoteknoloji, biyoteknolojinin en ilkel biçimi olarak ortaya çıkmıştır. Antik dönemde, "buluşların" çoğunun doğayı gözlemleyerek geliştirildiği söylenmektedir ve bu gözlemler, insan yaşamına yardımcı olacak ürünlerin keşfedilmesine yol açmıştır (Winter & Bill, 2022). Antik dönemde gıda bulmada yaşanılan zorluk insanların tarım ürünlerini keşfetmelerini sağlamıştır (Verma vd., 2011). Yetiştirilen bitkilerin en eski örnekleri arasında pirinç, arpa ve buğday gibi gıda maddeleri bulunmaktadır. M.Ö. 4000'li yıllarda eski Mısır toplumlarında maya kullanılarak gıda üretim süreçlerinde gelişmeler kaydedilmiş, özellikle ekmek ve bira üretimi gibi fermantasyona dayalı teknikler yaygınlık kazanmıştır. Kısa bir süre sonra, peynir yapımı ve şarap üretimi için fermantasyon teknikleri geliştirilmiştir (Winter & Bill, 2022).

Bu dönem, gıda koruma ve depolama yöntemlerinin geliştirilmesi gibi başka ihtiyaçlarında doğduğu ve keşfedildiği dönem olmuştur. Sirke, düşük pH'ı sayesinde bazı mikroorganizmaların üremesini engellediğinden gıdaların bozulmadan saklanmasında kullanılmıştır (Verma vd., 2011). Eski Mısırlılar, solunum yolu enfeksiyonlarını tedavi etmek ve yaraları iyileştirmek için merhem olarak bal kullanmışlardır. Çin, M.Ö. 500'de çıbanları tedavi etmek için kullanılan ilk antibiyotiği küflü soya fasulyesi lapası kullanarak geliştirmiştir (Winter & Bill, 2022). Bunun yanı sıra yabani hayvanların evcilleştirilmesi, hayvan ıslahının çıkarım ve uygulamalarının başlangıcı kabul edilmektedir. İnsanların, traktörler ve kamyonların olmadığı bu dönemde, ulaşım ve yük taşıma için at ile eşeği çiftleştirip onların yavrusu olan katırları kullanması da antik biyoteknoloji uygulamaları kapsamında incelenmektedir (Verma vd., 2011).

2.1.2. Klasik Biyoteknoloji (1800'ler- 1950'ler)

Bu dönemde antik çağda farkında olmadan sağlanan faydalara ilişkin bilimsel ve mantıksal açıklamalar yapılmıştır. Biyoteknolojinin temeli sayılabilecek genetik bilgi transferi ile ilgili ilk keşifler gerçekleştirilmiştir (Koçdor, 2022). Gregor John Mendel bitkiler üzerinde yaptığı deneylerle genetik bilginin nesilden nesile aktarılabilen ve fenotipe yansıyan faktörlerini keşfeden ilk bilim insanı olmuştur (Bhatia & Goli, 2018). Aynı dönemde Robert Brown hücre çekirdeğini, Fredrich Miescher beyaz kan hücrelerinden çıkardığı nükleini keşfetmiştir. Bu iki önemli olay, DNA'nın genetik bir materyal olarak keşfi ve DNA'nın genetik bilginin aktarımındaki rolü için modern moleküler biyolojinin temeli olmuştur (Verma vd., 2011).

Alman Doktor Robert Koch, 1881 yılında patates dilimleri üzerinde bakteri kolonilerinin büyüdüğünü keşfederek ilk katı besi ortamını tanımlamış, 1888 yılında Heinrich Wilhelm Gottfried Von Waldeyer-Hartz, hücrelerde bulunan, bir sarmal DNA parçası olarak kabul edilen 'kromozom' terimini ortaya atmıştır. İngiliz Doktor Edward Jenner ve Fransız Biyolog Louis Pasteur tarafından geliştirilen çiçek hastalığı ve kuduz aşıları da klasik biyoteknoloji döneminin önemli buluşlarındandır (Verma vd., 2011).

Alexander Fleming, petri kabında küf geliştiğinde ortamda bulunan bakterilerin öldüğünü gözlemlemiş ve bu sayede birçok bulaşıcı hastalığın tedavisinde kullanılan *Penicillium notatum* küfünden elde edilen penisilini keşfetmiştir. DNA ile ilgili keşiflerin devamında kalıtım ile ilgili fenotip, genotip ve gen gibi kavramlar tanımlanmaya başlanmış, aşıların ve

antibiyotiklerin önemi de ilk olarak klasik biyoteknoloji döneminde ortaya konulmuştur (Koçdor, 2022).

2.1.3. Modern Biyoteknoloji

İkinci Dünya Savaşı, her alanda olduğu gibi bilimde de olumsuz etkilerini göstermiş ve hızla gelişen biyoteknoloji, duraksamaya geçmiştir. Savaşın sona ermesiyle modern biyoteknolojinin yolunu açan çok önemli keşifler rapor edilmiştir. 1953 yılında Rosalind Franklin'in çalışmalarının da katkılarıyla Watson ve Crick, ilk kez, "Çift Sarmal DNA Modeli"ni ortaya atmış bu model ile DNA'nın açıklanamayan yönleri aydınlatmıştır. Sonrasında 1961 yılında Jacob ve Monad operon kavramını tanımlarken, 1975'te Kohler ve Milestein sitoplazmik hibridizasyon kavramını ortaya atmış ve bu keşiflerle hastalıkların teşhisinde devrim yaratan ilk monoklonal antikorları üretmişlerdir (Verma vd., 2011).

1973 yılında Herbert Boyer ve Stahan Cohen laboratuvar ortamında farklı plazmidleri endonükleaz enzimi ile kesmiş sonrasında oluşan DNA parçalarını birleştirerek yeni bir plazmid DNA'sının oluşmasını sağlamışlardır. Böylelikle ilk başarılı rekombinant DNA deneyi gerçekleştirilmiştir. DNA'nın çift sarmal yapısının ortaya çıkması ve rekombinant DNA'nın keşfinin biyoteknoloji ile genetiğin birleşmesine yol açtığı düşünülmektedir (Winter & Bill, 2022).

1987 yılında Kary B. Mullis bir DNA dizisinin polimeraz enzimi ile laboratuvar ortamında deney tüpünde çok sayıda çoğaltılabileceğini (PCR) kanıtlamıştır (Mullis & Faloona'den aktaran Alkaya, 2024). DNA sentezi, yeni tanımlanan "Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)'' ile daha hızlı ve çoklu hale gelmiştir (Verma vd., 2011).

1983 yılına gelindiğinde ilk genetiği değiştirilmiş (transgenik) bitki bilim dünyasına sunulmuştur. 1990 yılında başlatılan "İnsan Genom Projesi" ile yerleşik bazı bilgilerin yanlışlığı ortaya çıkarken 1998 yılına gelindiğinde 30.000'den fazla genin yerini tespit eden bir insan genom haritası taslağı oluşturulmuştur (Koçdor, 2022). İnsan genomunun belirlenmesi 13 yıl sürmüştür. Çok sayıda insanın genomunu bilmenin potansiyel olarak en büyük yararı 2000'den fazla hastalık geninin tanımlanmış olmasıdır. Bu durumun yakın zamana ait en iyi örneği Behçet hastalığıdır (Simon vd., 2017).

Memeli klonlama da bilim adamlarının ilk başarısı 1996 yılında Ian Wilmut tarafından koyun Dolly'nin kopyalanmasıyla gerçekleştirilmiştir (Simon vd., 2017). 2008 yılında

Venter ve arkadaşları, *Mycoplasma genitalium* bakterisinin genomunu laboratuvar ortamında yapay olarak üretmişlerdir ve bu çalışmada yapay genoma sahip bakteri hücrelerinin kendilerini replike edebildiği ve çoğalabildiği gözlemlenmiştir (Gibson vd.'den aktaran Alkaya, 2024).

2013 yılında ABD'de üretilen ilk biyonik göz, dünya çapında görme engelli insanlara umut verirken, 2020 yılında biyoteknoloji, Şiddetli Akut Solunum Sendromu-Koronavirüs-2 (SARS-CoV-2) pandemisine karşı mücadeleye öncülük etmiştir (Koçdor, 2022). Tüm bu gelişmeler, modern biyoteknoloji çağının öncü ve nitelikli uygulamalarına örnek teşkil etmektedir.

2.2. Biyoteknolojinin Uygulama Alanları

2.2.1. Tarımsal Biyoteknoloji

Dünya nüfusunun her geçen gün artması, verimli tarım arazilerinin yok olması gibi durumlar bilim insanlarını daha az maliyetle daha fazla ürün üretebilecek yöntemler aramaya yöneltmiştir. Günümüzde, bilim insanları tarımsal önem arz eden bitki ve hayvanların verimini artırmak için geleneksel ıslah programları yerine DNA teknolojisini kullanmaktadır (Simon vd., 2017). Bu yönelim sonucunda tarımda genetiği değiştirilmiş organizmalar (transgenik organizmalar) kavramı ortaya çıkmıştır (Çetinkaya vd., 2015).

GDO ile bitkilerin parazitlere ve böceklere karşı direncinin artması, tek seferde elde edilen ürün miktarının fazla olması, bozulmaya ve çürümeye karşı dayanıklılığın artırılması gibi hedefler amaçlanır (Çetinkaya vd., 2015). Bugün Amerika Birleşik Devletleri'nde üretilen mısırın %80'den fazlası, soya fasulyesinin %90'dan fazlası ve pamuğun yaklaşık %75'i genetiği değiştirilmiş bitkilerdir (Simon vd., 2017). Avrupa, mısır kurdu denilen böcek hastalığına karşı çözüm olarak böceklere dirençli genetiği değiştirilmiş mısır bitkisini çözüm göstermektedir. Böceğe dirençli bitkileri yetiştirmek kimyasal insektisitlere olan ihtiyacı azaltmaktadır (Simon vd., 2017).

Tarımsal biyoteknoloji, mahsul verimini artırmak veya bitki üzerinde bir tür stres faktörü olan bölgelerde, büyümeleri için onlara avantaj sağlayan özellikler kazandırmak için genetiği değiştirilmiş bitkiler geliştirmeye odaklanır (Koçdor, 2022). Dünyada her geçen gün su kaynaklarının azalması bilim insanlarını su kıtlığı nedeniyle ortaya çıkan kuraklık ve tuzluluk gibi şartlarda yaşamını sürdürebilecek dayanıklı bitki üretimine teşvik etmektedir.

Örneğin, Hindistan'da, deniz suyuna direnç sağlayan bir gen kullanılarak geliştirilen yeni pirinç türleri, deniz suyundan üç kat daha tuzlu ortamda yetişebilmektedir. Bu pirinç çeşitleri, kuraklık veya sel felaketlerinden etkilenen bölgelerde gıda üretimini mümkün kılmaktadır. Bilim insanları ayrıca tarımsal ürünlerin besin değerini artırmak amacıyla da genetik mühendisliğinden yararlanmaktadır. Buna bir örnek olarak, mısır ve nergis bitkilerinden alınan genleri taşıyan "Altın Pirinç 2" gösterilebilir. Bu pirinç türü, gelişmekte olan ülkelerde A vitamini eksikliğine bağlı körlüğün önlenmesine katkı sağlamaktadır (Simon vd., 2017).

Bu örnekler, genetik mühendisliğinin tarımsal üretimi artırma, besin değerini geliştirme ve hastalıklarla mücadelede önemli bir potansiyele sahip olduğunu, dolayısıyla gelecekte küresel gıda güvenliği ve sağlığı için umut verici çözümler sunabileceğini göstermektedir.

2.2.2. Endüstriyel Biyoteknoloji

Hücresel yapıların üretiminden çeşitli kullanımlar için biyolojik elementlerin elde edilmesine kadar uzanan biyoteknoloji uygulamasıdır. Gıda, tekstil, yem, kimyasallar, kâğıt ve kâğıt hamuru, deterjanlar, biyoyakıt ve biyogaz gibi endüstriyel olarak yararlı ürünler üretmek için; mikroorganizmalar gibi hücrelerin veya enzimler gibi hücre bileşenlerinin kullanılması uygulamalarını içerir (Koçdor, 2022).

Dünyada biyoteknoloji endüstrisine bakıldığında ilk sırada sektörde 1300'den fazla firma ile ABD, biyoteknoloji ürünlerinde lider üretici konumundadır. Sonrasında sırayla Almanya, İngiltere, Kanada, İsviçre, İsveç ve İtalya gibi ülkeler yer almaktadır. Türkiye'de ise başta Tübitak, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Biyoteknoloji Araştırma Merkezi olmak üzere birçok üniversite, kamu ve özel sektör kuruluşları Biyoteknoloji AR-GE çalışmaları sürdürmektedir (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020).

Dördüncü sanayi devrimi olarak nitelendirilen endüstri 4.0 geleneksel üretim teknolojilerinin yerini yeni nesil akıllı teknolojilerin alması olarak nitelendirilir. Endüstri 4.0 da amaç akıllı makine ve robotlar kullanarak üretimde otomasyonu en yüksek seviyeye çıkarmaktır. Örneğin bu alandaki akıllı ve hassas tarım teknolojileri ile, genetiği değiştirilmiş bitkilerin nerede ne zaman yetiştiğini takip etmek, polen taşınması gibi çevresel riskleri en aza indirmek ve küresel iklim değişikliği şartlarında yüksek verim elde etmek gibi uygulamalar mümkündür (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020).

2.2.3. Çevresel Biyoteknoloji

Çevre kirliğine sebep olan atıkları geleneksel yöntemlere göre daha etkili ve verimli bir şekilde temizleyebilen, karada temizleme yöntemlerine olan bağımlılığı önemli ölçüde azaltan bir teknolojidir (Koçdor, 2022).

Bilim insanları biyoteknoloji ile, atıkların bulunduğu ortamlarda yaşayan bakterilerin aktivitelerini harekete geçirerek ya da ortama yeni bakteri ekleyerek çevre kirliliğini önlemeye çalışmaktadırlar. Bakteriler bulunduğu ortamdaki zararlı atıkları tüketerek, zararsız yan ürünler üretirler (Yüce, 2011). Atık maddeleri tüketen bakteriler ise ya ölür ya da ortamdaki normal popülasyon seviyelerine geri döner. Kirlilik ile savaşan mikroorganizmaların yan ürünlerinin yararlı olduğu örneklerde vardır (Koçdor, 2022).

Günümüzde giderek büyük bir problem haline gelen plastik kullanımı ve mikro plastik sorununa çözüm olarak mikrobiyal biyoteknoloji kullanılarak üretilen ve doğada çok daha hızlı çözünen biyoplastiklerin kullanımı, benzin ve dizel yerine alternatif olabilecek sera gazı emisyonunu azaltan biyoyakıtlar da biyoteknolojinin sürdürülebilir bir çevre için faydaları arasındadır (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020).

2.2.4. Tıbbi Biyoteknoloji

Tıbbi biyoteknoloji, insan sağlığını iyileştirmek ve korumak için canlı hücrelerin ve diğer hücre materyallerinin kullanıldığı uygulamalarıdır. Hastalıkların önlenmesinde, teşhisinde ve tedavisinde birçok biyoteknolojik araç ve tekniklerden yararlanılır (Koçdor, 2017). Rekombinant teknolojiler, klonlama, farmakogenetik çalışmalar, aşı teknolojileri, biyomoleküllerin tasarlanması, doku mühendisliği, kök hücre, genomik profilleme, kişiye özgü sağlık çözümleri, moleküler tanı teknikleri ve gen terapileri tıbbi biyoteknoloji yöntemlerinden bazılarıdır (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020).

Biyoteknolojik tedaviler başta kanser ve genetik geçişli metabolik hastalıklar olmak üzere kalp-damar hastalıkları, nörolojik hastalıklar, otoimmün hastalıklar ve organ nakli gibi durumlarda etkili tedavi unsurları olarak kullanılmaktadır (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020). Tıbbi biyoteknolojinin önemli uygulamalarından olan gen terapisi ve kök hücre çalışmaları tedavilerde çığır açan yenilikler sunarak modern tıbbın sınırlarını genişletmektedir.

2.2.4.1. İnsanlardaki Gen Terapisi

İnsanlardaki gen terapisi hastalıktan etkilenen kişilere yeni genler katarak hastalığın tedavi edilmesi amacını taşır. Tek bir gendeki hatanın neden olduğu hastalık durumlarında, mutant gen normal alel ile değiştirilebilir veya desteklenebilir. Bu uygulama, genetik bir bozukluğu kalıcı olarak düzeltme potansiyeline sahiptir. İnsanlarda gen terapisi yaklaşımı şu şekilde ilerlemektedir.

1- Normal bireyden alınan sağlıklı gen klonlanır, vektör olarak kullanılan zararsız bir virüsün genetik materyaline entegre edilir.

2- Hastanın genellikle kemik iliğinden alınan hücreleri rekombinant virüs ile enfekte edilir.

3- Rekombinant virüs, taşıdığı normal geni içeren DNA'yı ters transkripsiyon yoluyla üretir ve bu DNA'yı hastanın hücre genomuna entegre eder.

4- Genetik olarak düzenlenmiş bu hücreler hastaya geri enjekte edilerek, normal genin transkripsiyonu ve translasyonu yoluyla eksik veya hatalı proteinin sentezlenmesi sağlanır (Simon vd., 2017).

Kişiye özgü ilaçlar üretmek için insan hücrelerini ve genomlarını manipüle eden hücre ve gen terapileri, biyoteknolojinin gelişen alanlarıdır (Koçdor, 2022). 2009 yılında gözdeki ışık algılayıcı pigmentlerin üretiminden sorumlu bir gendeki hatadan kaynaklı görme kaybı üzerine bir araştırma yapılmış ve araştırmacılar normal geni taşıyan virüsü gözlerden birine enjeksiyonla verdiğinde hastalıktan etkilenen kişinin görüşünde düzelme olduğunu ve bireyde belirgin bir yan etkinin görülmediğini ortaya koymuşlardır (Simon vd., 2017).

2017 yılında FDA, akut lenfatik lösemi tedavisinde hastanın kendi beyaz kan hücrelerini kullanan ilk gen tedavisi olan Kymriah'ı onaylamıştır. Aynı yıl onaylanan bir diğer gen tedavisi Yescarta, klinik deneylerde Hodgkin dışı lenfoma hastalarının %72'sinde kısmi iyileşme sağlamıştır (Koçdor, 2022). 2018 yılına gelindiğinde genetik bir kusur ile görme kaybı yaşayan hastalar için geliştirilen Luxturna gen tedavisinde onaylı ilk yöntem olmuştur (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020). Onkoloji, rejeneratif tıp ve nadir hastalıklar alanlarında gelecek vadeden sonuçların görülmesiyle birlikte, uzmanlar daha fazla şirketin ileri evre üretime geçmesiyle bu alanda istikrarlı bir ilerleme beklemektedir (Koçdor, 2022).

2.2.4.2. Kök Hücre Çalışmaları

Kök hücreler, organizmada kendini yenileyebilen ve vücudun ihtiyaçlarına uygun olarak farklı hücre tiplerine dönüşebilen hücreler olarak tanımlanır. Farklılaşmamış olan kök hücrelerin tek bir hücreden birden fazla hücre grubuna dönüşebilme ve telomeraz enzimi ile sınırsız bölünebilme yetenekleri oluşmaktadır (İskender & Canatan, 2013). Kök hücreler bu farklılaşma ve çoğalabilme potansiyelleri ile organizmadaki yapım ve onarım olaylarında çok önemli bir yere sahiptirler (Çerci & Erdost, 2019).

Kök hücreler, embriyonik ve embriyonik olmayan kök hücrelerden elde edilebilir. Embriyonik olmayan yani erişkin kök hücreler fötal kök hücrelerden, kadavralardan, göbek kordon bağından, plasenta dokusundan, kemik iliğinden, yağ dokusundan ve son yıllarda ise herhangi bir hücrenin kök hücre haline dönüştürülmesiyle oluşan hücrelerden elde edilebilmektedir. Bulundukları dokularda dejenere olan veya ölen hücrelerin yerine yenilerini üretebilirler. Burada sorun teşkil eden durum vücutta az miktarda olmaları ve canlı organizma dışında laboratuvar koşullarında çoğalma gösterememeleridir (Özen vd., 2016).

Embriyonik kök hücreler ise temelde üç tipe ayrılmıştır. Bunlar; totipotent, pluripotent ve multipotent kök hücrelerdir. Zigot organizmada bütün hücrelere farklılaşma yeteneğinde olan ilk embriyonik kök hücredir ve "totipotent hücre" olarak adlandırılır. Zigotun bölünmesiyle oluşan blastomer evresindeki tüm hücreler de yine totipotent özelliktedir. Totipotent kök hücreler, organizmayı en baştan oluşturabilecek tüm hücre tiplerine farklılaşabilirler. Totipotent kök hücreler; gelişme basamaklarının sonraki evrelerinde pluripotent kök hücrelere dönüşebilirler. Embriyoda blastosistin iç hücre kitlesindeki hücreler pluripotent olarak adlandırılır (Karaşahin, 2012). Pluripotent kök hücreler sınırsız çoğalma ve kendi kendilerini yenileyebilme özellikleri sayesinde birçok hastalığın tedavisinde kullanılabilecek somatik hücre tipleri oluşturabilirler (İskender & Canatan, 2013). Multipotent kök hücreler ise embriyo gelişiminin ileri evrelerine ait hücrelerdir. Erişkin kök hücrelere, tüm kan hücrelerine ve birçok organa özgü çeşitli hücrelere farklılaşabilen kök hücre grubudur (Çerci & Erdost, 2019).

Pluripotent özellik kazanmış somatik hücrelere ise indüklenmiş pluripotent kök hücre (İPKH) adı verilir (Sevim & Gürpınar, 2015). Embriyonik olmayan kök hücrelerden elde edildiği için bu hücrelerle yapılan çalışmalarda etik çerçevede yasal bir engel yoktur. İndüklenmiş pluripotent kök hücreler kişiye özel ilaç tasarımı ve tedavi yönteminin geliştirilmesi için uygun hastalık modelleri geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Down Sendromu, β-talasemi, Alzheimer, Parkinson ve Huntington gibi birçok hastalığın modelleri

bu sayede oluşturulmuştur. Araştırmalar deriden alınan bağ doku hücrelerinin yeniden programlanmasıyla, fonksiyonel kalp kası hücreleri oluşabildiğini göstermiştir (İskender & Canatan, 2013). İndüklenmiş pluripotent kök hücreler, etik sorunlar yaratmadığı için canlı vücudunda ya da laboratuvar ortamında yapılacak çalışmalar için kullanılabilecek yasal bir kaynaktır (Sevim & Gürpınar, 2015). İndüklenmiş pluripotent hücreler, yapay organ elde edilmesi, doku mühendisliği ile ilgili çeşitli çalışmalar ve karaciğer hastalıkları ile ilgili deneyler için iyi bir kaynak oluşturmaktadır (Karaşahin, 2012). Parkinson ve ALS gibi sinir hücrelerinde geri dönüşü olmayan hasarlara sebep olan hastalıkların tedavisinde, hastalığın ilerlemesinin önlenmesinde, kalp krizi sonrasında kaybedilen kalp kası hücrelerinin yeniden elde edilmesinde bu hücrelerden yararlanılır. Ayrıca yakın zamana kadar tedavisi mümkün olmayan omurilik felci, sinir kesileri gibi durumlarda da kök hücre tedavileri umut vaat etmektedir (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020).

2.3. Biyoteknolojinin Alt Yapısını Oluşturan Bazı Teknikler

2.3.1. Rekombinant DNA Teknolojisi ve Gen Klonlama

Rekombinant DNA teknolojisi, genetik rekombinasyon olaylarının yapay olarak gerçekleştirilmesi esasına dayanan ve istenilen herhangi bir gen ya da ürünün çoğaltılmasını mümkün kılan bir yöntemdir (Koçoğlu & Yalçınkaya, 1992). Bu yöntem ile genomda yer alan bir veya birden çok gen belirlenerek kesilip başka bir organizmanın genomunun içine eklenebilir. Rekombinant DNA teknolojisi ile üretilen proteinlere rekombinant proteinler denir (Alkaya, 2024). Tedavi amaçlı kullanılan ilk rekombinant protein insülindir. Günümüzde tıpta 170'in üzerinde rekombinant protein kullanılmaktadır (Pham, 2018).

Rekombinant DNA tekniğinde hedef gen, restriksiyon enzimi yardımıyla DNA'dan kesilir. Rekombinant DNA elde edebilmek için kullanılan kesim araçları restriksiyon enzimleri denilen bakteriyel enzimlerdir. Bunların her biri genellikle 4 ila 8 nükleotid uzunluğundaki özgül DNA dizilerini tanır. Belirli bir restriksiyon enzimi tarafından tanınan DNA dizisi restriksiyon bölgesi olarak adlandırılır. Restriksiyon enzimi restriksiyon bölgesine bağlandığında özgül bir moleküler makas gibi davranarak, dizi içinde yer alan özgül noktalardaki kimyasal bağları kırar ve DNA'nın iki zincirini de keser. Restriksiyon enzimi DNA zincirlerini tanıma bölgesi içindeki A ve G bazları arasından keser ve restriksiyon fragmentleri adı verilen DNA parçalarını oluşturur. Daha sonra, bir başka kaynaktan elde edilmiş olan DNA parçası sisteme eklenir. Fragmentlerin (DNA parçaları) komplemanter

uçları baz eşleşmesi ile bir araya gelir ve fragmentenler arasındaki kalıcı birliktelik yapıştırıcı DNA ligaz enzimi ile sağlanır. Bu enzim komşu nükleotidler arasında bağ kurarak, iki DNA parçasını birleştirir. Böylece tek bir rekombinant DNA molekülü ortaya çıkmış olur (Simon vd., 2017).

Oluşturulan rekombinant DNA parçası vektörün (plazmidin) içine eklenir ve konakçı hücreye vektörün transfer edilmesi ile rekombinant genlerin ürünlerinin elde edilmiş olur (Pham, 2018). Kalp krizinde oluşan kan pıhtılarını çözmek için kullanılan protein, denizlerdeki zehirli atıkları temizlemek için kullanılan bakteriler, zararlı böceklere karşı direnç geninin bitkilere aktarılması, rekombinant DNA teknolojisinin kullanım alanlarına örnektir (Simon vd., 2017).

Rekombinant DNA teknolojisi, günümüze dek pek çok ilaç, aşı ve tedavi yönteminin ortaya çıkmasına öncülük etmiştir. Aynı zamanda moleküler biyoloji ve genetik bilimlerinin ilerlemesinde de kritik bir öneme sahiptir. Bugün çeşitli projelerde aktif olarak kullanılmakta olup, bu projelerin bir bölümü tedaviye yönelik ilaç ve aşıların üretilmesine odaklanırken, bir bölümü de temel moleküler biyoloji ve genetik araştırmalarında bir araç işlevi görmektedir. Bilimsel gelişmelerin etkisiyle rekombinant DNA teknolojisi sürekli olarak ilerlemekte ve geliştirilmektedir (Aksoy & Soydemir, 2017).

Gen klonlama yöntemleri genetik mühendisliği ile oluşturulmuş organizmalara, yararlı ürünler sentezlemek için kullanılır (Simon vd., 2017). Genleri manipüle etmek için genellikle bakteri plazmitleri kullanılır. Plazmitler bakteri kromozomundan farklı olarak dublike olabilen çembersel DNA molekülleridir. Plazmitler neredeyse her çeşit geni taşıyabilme ve bu genleri bir bakteri generasyonundan diğerine aktarabilme özelliklerinden dolayı gen klonlamanın en önemli araçlarıdır (Simon vd., 2017). Bir genin klonlanma aşamaları şu şekilde olmaktadır;

- İki çeşit DNA izole edilir, bunlardan biri vektör olarak iş görecek bakteri plazmitleri, diğeri ilgilenilen geni içeren organizmanın DNA'sıdır.
- İki farklı kaynaktan elde edilmiş olan DNA'lar rekombinant plazmitler oluşturacak şekilde bir araya getirilir.
- Oluşan rekombinant plazmitlerde uygun koşullar altında bakteri hücresinin içine sokulur.
- Rekombinant plazmit taşıyan bakteri hücresi klon oluşturacak şekilde bölünerek çoğalmaya başlar.
- Bakteriler çoğaldıkça rekombinant plazmit tarafından taşınan gen de kopyalanmış

olur. Bu sayede çoğaltılan gen ile istenilen protein ticari ölçekte üretilmiş olur (Simon vd., 2017).

2.3.2. PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu)

Özgül bir DNA parçasının hedeflenerek hızlı ve doğru bir şekilde çoğaltılmasını sağlayan bir DNA profilleme tekniğidir (Simon vd., 2017). Bu yöntem 1985'te biyokimyacı Kary Mullis tarafından geliştirilmiştir ve küçük bir DNA parçasının hem ucuz hem de hızlı bir şekilde milyonlarca kopyasını yapabilmeyi mümkün kılmıştır (Salman Ünver ve Aksan Kurnaz, 2020). Bu teknikte DNA örneği nükleotidler, DNA replikasyon enzimi ve bazı bileşikler ile karıştırılır, sonrasında DNA zincirlerinin açılması için ısıtma, iki zincirin yeniden oluşması içinde soğutma işlemleri uygulanır. Bu döngüler sırasında DNA molekülünün özgül bölgeleri DNA miktarını iki katına çıkaracak şekilde replike edilir. PCR'da ısıtma işlemi sırasında sıcaklığa dayanıklı bir DNA polimerazın kullanılması önemlidir, bu enzim ilk olarak sıcak su kaynaklarında yaşayan prokaryotlardan izole edilmiştir (Simon vd., 2017).

Adli bilimlerdeki uygulamalara ek olarak hastalıkların teşhis ve tedavisinde de PCR kullanılabilir. Bu yolla teşhis edilebilen hastalıklar arasında orak hücreli anemi, hemofili, kistik fibrozis, Huntington hastalığı ve Duchenne kas distrofisi vardır. Semptomlar ortaya çıkmadan hatta doğumdan önce hastalıklar saptanarak tedavi başlatılabilir. PCR aynı zamanda potansiyel olarak zararlı resesif alellerin tanımlanması içinde kullanılabilir (Simon vd., 2017).

2.3.3. STR Analizi, Jel Elektroforezi ve DNA Parmak İzi

Bir DNA örneğinin kime ait olduğunu belirlemek için genomun tamamını karşılaştırmak zordur çünkü aynı cinsiyette iki insanın DNA'ları %99,9 oranında aynıdır. Bu sebeple bilim insanları, insanlar arasında farklılık gösteren ve sayıları yaklaşık bir düzine olan kodlayıcı olmayan DNA parçalarını karşılaştırırlar. DNA'nın bir kısmı art arda tekrarlanan kısa dizilerdir, genomdaki bu tip seriler kısa tekrar dizeleri (STR) olarak adlandırılır (Simon vd., 2017). Zarar görmüş DNA örneklerinde bile çalışmayı kolay hale getirmeleri açısından büyük avantaj sağlayan STR bölgeleri genomda hemen hemen bütün kromozomların üzerinde bulunur. STR bölgelerindeki tekrar sayısının kişiden kişiye farklılık göstermesi ve düşük mutasyon oranına sahip olması kimliklendirme çalışmalarında STR'ları genetik belirteç olarak ön plana çıkarmıştır (Doğan Alakoç, 2010).

DNA parmak izinde, STR analizi ile genomun 13 bölgesine dağılmış halde bulunan özgül DNA dizilerinin sayıları karşılaştırılır (Simon vd., 2017). Yapılan istatistik çalışmalar 13 farklı STR bölgesinin analiz edilmesi sonucunda iki farklı bireyin DNA parmak izinin birbirinin aynısı olması olasılığını milyarda bir olarak göstermektedir (Doğan Alakoç, 2010).

Jel elektroforezi, farklı uzunlardaki DNA fragmentlerini birbirinden ayırmak ve görüntülemek için kullanılan bir tekniktir. Bu yöntem protein ya da nükleik asit moleküllerini elektrik yüklerine ve büyüklüklerine göre ayrıştırmayı sağlar. Her bir kaynağa ait çok sayıda DNA kopyasını içeren bir örnek, dikdörtgen şeklindeki yassı bir jelin bir kenarında yer alan kuyucuklardan birine yüklenir. Daha sonra negatif yük taşıyan elektrod, jelin DNA içeren tarafına, pozitif elektrod ise diğer tarafına bağlanır. DNA nükleotidlerindeki fosfat grupları (PO_4^-) nedeniyle negatif yük taşıyan fragmentler pozitif kutba doğru hareket ederler. Bu hareket sırasında uzun DNA fragmentleri kısa olanlara oranla jeldeki polimer iplikler arasında daha yavaş ilerler. Böylelikle jel elektroforezi DNA fragmentlerini uzunluklarına göre ayırmış olur (Simon vd., 2017).

Jel elektroforezi yöntemi DNA parmak izi belirlenmesi sırasında DNA parçaları ayrılarak STR'yi görünür hale getirir. DNA parmak izi, babalık tespiti davalarında, göçmenlik davalarında, olay yerinde bulunan herhangi bir biyolojik delilin bir kime ait olduğunun belirlenmesi için kriminal olgularda, kayıp kişilerin kimliklendirilmesi davalarında, arkeolojik kalıntılardan elde edilen tarihi örnekler üzerinde yapılan antropolojik çalışmalarda kullanılmaktadır (Doğan Alakoç, 2010).

2.3.4. DNA Sekanslama

DNA dizisinde nükleotid çeşidi sırasının ayrıntılı olarak belirlenmesi işlemidir. Özellikle tıpta hastalıkların teşhisi ve hastalığın seyri ile ilgili tahminde bulunmada önemli bir yöntemdir. DNA sekanslama uygulaması genlerin iç yapısının ve her bir DNA dizisinin hangi proteini kodladığının bilinmesini sağlar. Böylece istenilen proteini üretme olanağını sağlanmaktadır. Bunların yanında genin nükleotid dizisi bilindiğinden hastalığa yol açan hatalı genlerin düzeltilmesine ve gen mutasyonları ile ilerde oluşabilecek hastalıkların tahmin edilmesine olanak da sağlamaktadır (Pham, 2018).

2.4. Yapay Zekâ ve Biyoteknoloji

Makine öğrenmesi ve yapay zekâ gibi gelişmiş bilgi işlem teknolojileri, biyoteknoloji şirketlerin araştırmalarını genişletmelerine, üretim sürecindeki verimliliği artırmalarına, çok daha hızlı ve kolay ürünler elde etmelerine yardımcı olmaktadır (Koçdor, 2022). Uygulamaları bulut üzerinden çalıştırma yeteneği, kurumların bilgisayar donanımı satın almadan verileri depolamasına ve analiz etmesine olanak tanır. Bulut bilişimin bir başka yararı, çok uluslu firmalar, küçük şirketler, akademik kurumlar veya devlet araştırma kuruluşları gibi farklı kuruluşlar arasında iletişimi ve veri paylaşımını kolaylaştırmasıdır. (Koçdor, 2022). Kişisel veriler de bulut teknolojileri sayesinde daha kolay saklanabilmektedir. Bu teknolojiler anlık veriler, geçmişe dönük veriler ve yapay zekâ yoluyla gelecek öngörüleri yaparak kişiye özgü analizler oluşturmada önem arz etmektedir (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020).

Kasım 2019'da bir tıbbi genetik şirketi, kardiyovasküler hastalığa neden olan genleri belirlemek amacıyla kol saatinden toplanan biyometrik verileri ve genetik testlerin sonuçlarını bir araya getiren Apple Watch ile bir deneme yaptığını duyurmuştur (Koçdor, 2022). Robotik teknolojilerin büyük bir hızla ilerlemesinde yapay zekâ uygulamaları önemli rol oynamaktadır. Beyin fonksiyonlarının ve bağlantılarının araştırıldığı "Konnektom Projesi" sayesinde büyük bir teknolojik sıçramanın eşiğine gelinmiştir. Beyin-bilgisayar arayüzleri ile biyoloji-makine entegrasyonu sayesinde felçli olan hastaların bilgisayar etkileşimi ile bedenini hareket ettirmesi bu alanda ilk örnekleri oluşturmaya başlamıştır. Son dönemde Elon Musk'ın üzerinde çalıştığı "Neuralink Projesi" ile insan beynine yerleştirilebilecek cihazlarla insan beyninin ve yapay zekanın birleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmalar amacına ulaşırsa beyin bilgisayar ara yüzleri sayesinde parkinson, epilepsi ve diğer nörolojik hastalıkların iyileşme sürecinde ilerleme kaydedilecektir (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020).

Son yıllarda biyosensörler sayesinde giyilebilir fiber kumaşlar ile fizyolojik ve metabolik ölçümler yapılabilmektedir. Meme kanseri takibi yapan akıllı sütyenlerden, terden şeker ve bazı fizyolojik ölçümleri takip eden dövmelere, akıllı göz lenslerinden, kalp ve damar sensörlerine, biyolojik sıvı analizi yapan akıllı tuvaletlerden, beyin dalgaları ile stres seviyesinin ölçüldüğü kulaklıklara kadar kişisel sağlığı korumak için birçok yenilikçi çözümler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Veri toplayan sensörleri sayesinde ilacın vücuda etkilerini anlık takip edebilen, içerdiği birden fazla ilacın vücuda ne zaman verileceği ile ilgili tedaviyi programlayıp yönetebilen hem ilaç hem de bilgisayar gibi çalışan akıllı

sindirilebilen dijital kapsüllerin aynı zamanda görüntüleme cihazı, ultrason, tomografi, endoskopi gibi içten görüntüleme ve veri toplama potansiyeline sahip olması üzerine de çalışmalar sürdürülmektedir. Bu alanda nanosersörlü ilk akıllı ilaç örneği şizofreni hastalıkları için geliştirilmiş ve Abilify FDA onayı almıştır (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020).

Yapay zekâ ve biyoteknolojiyi buluşturan bir başka önemli örnekte DNA bilgisayarlarıdır. DNA bilgisayarlarında klasik bilgisayarda kullanılan çip teknolojisi yerine, bilgileri depolamak için biyolojik organizmaların kullanılması çok önemli bir dönüşümün göstergesidir. İlk örneği İsveç'teki bir çalışma grubu tarafından dokuz farklı canlının hücre kültürlerinde geliştirilmesi ile başarılmıştır. Bu yöntemde kodlanacak verinin dijital ikili sistemdeki kodu DNA diline çevrilir ve buna uygun tasarlanacak DNA sentezlenir. Bu DNA saklanabilir veya viral vektörler ya da bakterilerle çoğaltılabilir. İhtiyaç duyulduğunda ise DNA dizisine karşılık gelen dijital ikili sistem kod deşifre edilir. Bu yöntemde standart yazılım dilindeki 1 ve 0 ikili sistemi yerine ATCG dörtlü sistemle bilgi kodlanması büyük bir işlem hacmi potansiyeli de sunmaktadır (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020).

2.5. Güvenlik ve Etik Konular

Bilim insanları, DNA teknolojilerinin gücünü keşfettikleri anda, bu teknolojinin olası tehlikeleri konusunda endişelenmeye başlamışlardır. İlk olarak hastalığa neden olabilecek yeni organizmalar üretme riski üzerinde durulmuştur. Örneğin, kansere yol açan genler enfeksiyon yapan bakteri ya da virüslere aktarıldığında ne gibi sonuçlar doğurabileceği sorgulanmıştır. Bu tür riskleri değerlendiren bilim insanları, mühendislik yoluyla üretilmiş mikropların neden olabileceği enfeksiyonlardan korunmak ve bu organizmaların laboratuvar dışına yanlışlıkla yayılmasını önlemek amacıyla sıkı güvenlik önlemleri geliştirmiştir. Rekombinant DNA deneylerinde kullanılan mikroorganizmaların, laboratuvar dışında hayatta kalamayacak şekilde genetik olarak zayıflatılması yönünde prosedürler getirilmiştir (Simon vd., 2017).

Bir başka endişe tıbbi biyoteknoloji alanında yapılan klonlama ve yapay organ çalışmalarının neredeyse insan vücudunu yeniden üretebilme ve insan türünün biyoteknolojik gelişmeler yoluyla kendi biyolojik yapısını bilinçli biçimde yönlendirme potansiyeline ulaşması düşüncesidir (Demir, 2018). Bu konudaki endişeler, insan klonlama ve embriyonik kök hücre araştırmaları gibi belirli süreçleri kısıtlayan veya yasaklayan yasaları yürürlüğe koyma çabalarına yol açmıştır (Koçdor, 2022).

Günümüzde kamuoyunun ilgisi ise genetiği değiştirilmiş gıdaların potansiyel riskleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu konuda temkinli yaklaşanlar, farklı türlerden gelen genleri içeren tarım ürünlerinin çevreye veya insan sağlığına zarar verebileceğini düşünmektedir. En büyük kaygılardan biri, transgenik bitkilerin genlerini, gen kaçışları ile yakın ya da uzak çevrelerindeki yabani akrabalarına aktarabilme ihtimalidir. Bunun yanı sıra, genetiği değiştirilmiş tohumların yaygın şekilde kullanılmasının doğal genetik çeşitliliğin azalmasına neden olabileceği endişesi de söz konusudur (Simon vd., 2017).

Bu tür riskleri en aza indirmek için hükümetler ve denetleyici kurumlar, biyoteknolojinin tarım, sanayi ve tıp alanındaki uygulamalarının güvenli olmasını sağlamak adına çeşitli önlemler almaktadır. Yeni ürünler ve süreçlerin güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla, Birleşik Devletlerde genetik mühendisliği ile ilgili tüm projeler, Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), Çevre Koruma Ajansı (EPA), Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) ve Tarım Bakanlığı (USDA) gibi çeşitli düzenleyici kurumlar tarafından denetlenmektedir (Simon vd., 2017).

2.6. Biyoteknoloji Eğitiminin Önemi

Biyoteknoloji temelde, hastalıkların tanı ve tedavisi, gıda kalitesi ve güvenliği, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynakları sağlanması, su tüketimini azaltma hedefleri ile yaşamın her alanında çeşitli ürün ve hizmetler geliştirmek için çalışmaktadır (Salman Ünver & Aksan Kurnaz, 2020). Artan nüfus ve değişen dünya ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda hastalıklarla mücadele de aşı üretiminden çevre kirliliğine, yapay doku ve organ üretiminden tarım ürünlerine birçok alanda biyoteknoloji karşımıza çıkmaktadır. Geleceğimizi şekillendirecek olan biyoteknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle her geçen gün sosyal, kültürel ve ekonomik faydaların yanında riskler ve etik sorunlar ortaya çıkmaktadır (Sıcaker & Aydın, 2015). Ortaya çıkan sorunların tespiti ve çözümü, toplumda yaşayan tüm bireylerini ilgilendirmektedir. Bireylerin, biyoteknoloji merkezli sosyobilimsel konularda karar alma süreçlerinde, öğrencilik yıllarında edindikleri biyoteknoloji eğitimi önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan sağlığını, çevreyi, tarımı etkileyen biyoteknolojik uygulamalar hem sosyal hem de etik açıdan okullarda öğrencilere öğretilmelidir. Geleceğin yetişkinleri konumundaki öğrencilerin biyoteknoloji konusunda doğru bilgi ve donanıma sahip olması, sorunlara çözüm üretebilmesi açısından önemlidir (Pas vd., 2019). Hem maddi hem de bilimsel getirisi yüksek olan biyoteknoloji alanında her düzeyde öğrencinin bilgi sahibi olmasıyla, gelecekte bu alanda çalışabilecek insanları eğitmek de mümkün olacaktır (Sevimli Gür & Öz, 2022).

2.7. Biyoteknoloji Okuryazarlığı

Bilimsel okuryazarlık, bilimin doğasını ve bilimsel bilginin nasıl üretildiğini kavramayı, bilgilerin gerçeklere dayandığını ve yeni keşiflerle değişebileceğini fark etmeyi, temel kavramları, teorileri ve hipotezleri öğrenerek bilimsel kanıt ile kişisel görüş arasındaki ayrımı yapabilmeyi içeren becerilere sahip olmaktır (Bahadır, 2011). Bybee (1997), bilimsel okuryazarlığı 5 seviyede ele almıştır:

1. Bilimsel okuryazar olmama: Bireyler, bilimsel soruları kavrayabilmek için yeterli kelimelere, kavramlara, içeriklere veya bilişsel kapasiteye sahip değillerdir, bilimle ilgili uygun bir soruya cevap veremezler.
2. Nominal (sözde) bilimsel okuryazarlık: Bireyler bilimle ilgili bir kavramın adını bilirler ancak kavram yanılgılarına sahip oldukları için anlamını tam olarak kavrayamazlar.
3. Fonksiyonel bilimsel okuryazarlık: Bireyler, bir kavramı doğru bir şekilde tanımlayabilir ve terimleri açıklayabilirler fakat bu bilgileri tam olarak kavrayamaz, genellikle ezber yaparlar.
4. Kavramsal bilimsel okuryazarlık: Bireyler bir disiplinin geniş kavramsal şemaları ile ilgili anlayışlar geliştirebilirler ve kavramlar arasındaki ilişkilerle ilgili bağlantı kurabilirler. Prosedürel beceriler, bilimsel sorgulama ve teknolojik tasarım süreciyle ilgili çıkarımlar okuryazarlığın bu seviyesinde yer alır. Bu okuryazarlığa sahip olan bireyler bilimsel deneylerde ve laboratuvar çalışmalarında gözlem, hipotez, optimize etme ve sınırlandırma gibi becerileri kullanabilirler.
5. Çok boyutlu bilimsel okuryazarlık: Bilimsel okuryazarlığın bu bakış açısı yalnızca bilimsel disiplinlerin kavramları ve araştırma yöntemleriyle sınırlı kalmayıp, bilimi daha geniş bir perspektifte ele almayı gerektirir. Bu yaklaşım, bilim ve teknolojinin felsefi, tarihsel ve toplumsal yönlerini de kapsar. Daha özel olarak, bilimsel disiplinler içinde, bilim ve teknoloji arasında ve toplumların karşılaştığı büyük sorunlarla ilgili ilişkileri anlamaya başlarlar (Bybee, 1997).

Biyoteknoloji okuryazarlığı ise, biyoteknolojideki temel kavramları bilmek, bu kavramları doğru tanımlamak, biyoteknoloji disiplininin kavramsal şemalarını anlamak, prosedürel becerileri kullanmak, biyoteknolojide bilimsel sorgulama ve biyoteknolojinin teknolojik tasarım süreçlerine ait yeterliliklere sahip olmak anlamına gelir (Açıkgül Fırat & Köksal, 2019). Biyoteknoloji okuryazarı bireylerin, biyoteknoloji alanındaki gelişmelerle ilgili sosyal, etik, ekonomik açılardan düşünebilmeleri, konuşabilmeleri ve yazabilmeleri

gerekmektedir (Darçın, 2007).

Biyoteknolojinin günümüzdeki ilerleyişi ve bilime olan katkıları öğrenciler, öğretmenler ve toplumdaki tüm bireylerin bilimsel okuryazar olmaları ihtiyacını desteklemektedir. Bu bağlamda öğrencilerin biyoteknoloji okuryazarı olmaları hem kişisel gelişimleri hem de toplumun ilerlemesi açısından önemli görülmektedir. Biyoteknoloji okuryazarı bireylerin yetişmesi iyi ve eksiksiz bir biyoteknoloji eğitimine bağlıdır. Biyoteknolojik ürünlerin tarım, endüstri, çevre ve tıp alanlarında daha geniş yer bulmaya başlaması, bu alanda artan çalışan ihtiyacı ve toplumda görülen sosyal ve ahlaki endişeler biyoteknoloji eğitimini zorunlu kılmaktadır (Darçın, 2007). Öğrencilerin sadece biyoteknoloji alanındaki çalışmalardan haberdar olmakla yetinmeyip aynı zamanda biyoteknolojinin sosyal, etik yönlerini araştırmaya ve öğrenmeye ihtiyaçları vardır. Biyoteknoloji okuryazarı olan bireyler biyoteknolojinin hayatları ve toplumları nasıl etkilediğini daha iyi anlayacaklardır (Açıkgül Fırat, 2015).

2.8. Türkiye'de Ortaokul ve Liselerde Biyoteknoloji Öğretimi

Türkiye'de Millî Eğitim Bakanlığına (MEB) bağlı ortaokul ve liselerde genetik ve biyoteknolojinin müfredattaki yeri incelenmiştir. Ortaokul kısmında "Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı" incelendiğinde programın 2024 yılında değiştiği ve güncellendiği görülmüştür. 2024 yılında MEB tarafından hazırlanan fen bilimleri öğretim programında genetik ve biyoteknolojinin temeli olan DNA, ilk kez 8. sınıf fen bilimleri dersi "Yaşamın Gizemi" teması "DNA ve Genetik Kod" konusu başlığında ele alınmıştır (MEB, 2024a). Millî Eğitim Bakanlığı'nın 8. sınıf fen bilimleri öğretim programında biyoteknoloji konusunda öğrencilere kazandırılmak istenilen kazanımlar şu şekilde belirtilmiştir.

> *FB.8.3.1.1. Nükleotid, gen, DNA ve kromozom kavramları arasındaki ilişkiyi yapılandırabilme.*
>
> *FB.8.3.1.2. DNA'nın yapısını model üzerinde gözlemleyebilme* (MEB, 2024a).

Milli Eğitim Bakanlığı'nın 2024 yılında hazırlamış olduğu fen bilimleri öğretim programında yer alan kazanımların biyoteknoloji kavramı yönünden analiz edilmesi neticesinde 2018-2024 yılları arasında uygulanan müfredatta 7. sınıf fen bilimleri öğretim programında yer alan kazanımların yeni müfredatta 8. sınıfa alındığı, 2018-2024 yılları arasında kullanılan fen bilimleri öğretim programında yer alan aşağıda verilen kazanımların, 2024 yılında yayınlanan fen bilimleri öğretim programından kaldırıldığı görülmüştür.

F.8.2.5.1. Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir. Islah, aşılama, gen aktarımı, klonlama, gen tedavisi örnekleri üzerinde durulur.

F.8.2.5.2. Biyoteknolojik uygulamalar kapsamında oluşturulan ikilemlerle bu uygulamaların insanlık için yararlı ve zararlı yönlerini tartışır.

F.8.2.5.3. Gelecekteki genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının neler olabileceği hakkında tahminde bulunur (MEB, 2018).

Neticede ortaokul müfredatında biyoteknoloji konusunda kazanımların azaltıldığı, "Genetik mühendisliği, gen aktarımı, klonlama, gen tedavisi, ıslah, aşılama biyoteknoloji kaynaklı sosyobilimsel konular, biyoteknoloji uygulamalarının çevreye etkisi" içeriklerinin öğretim programından kaldırıldığı görülmüştür.

Ortaöğretim kısmında biyoteknolojinin ne ölçüde yer aldığını tespit etmek için Millî Eğitim Bakanlığı "Biyoloji Dersi Öğretim Programı" incelenmiştir (MEB, 2024b). Yapılan inceleme neticesinde genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramları, uygulamaları ve bu uygulamaların insan hayatına etkisi lise biyoloji öğretim programında ilk kez 12. sınıf düzeyinde karşımıza çıkmaktadır. 12. sınıfın "Üreme" ünitesinde yer alan kazanım verilmiştir.

BİY.12.1.3. Hücredeki genetik materyalin organizasyonunu çözümleyebilme (MEB, 2024b).

Bu kazanımda öğrencilerden DNA model ve görselinde bulunan yapılar (gen, nükleotit, genetik kod, kromozom) arasındaki ilişkileri belirlemesi istenir. 12.sınıfın "Gen" ünitesine gelindiğinde ise biyoteknoloji konusunda öğrencilere kazandırılmak istenilen kazanımlar şu şekilde belirtilmiştir.

BİY.12.2.1. Nükleik asitlerin yapısını ve canlılıktaki rolünü sorgulayabilme.

BİY.12.2.2. DNA replikasyonunun bilimsel modelini oluşturabilme.

BİY.12.2.3. Genetik bilginin ürüne dönüşüm sürecini çözümleyebilme.

BİY.12.2.4. Genetik yapıdaki değişikliklerin canlı yaşamına etkileri hakkında eleştirel düşünebilme.

BİY.12.2.8. Genetik testlerin ve genetik danışmanlığın önemini sorgulayabilme.

BİY.12.2.9. Biyoteknolojinin uygulama alanları ile ilgili bilgi toplayabilme.

BİY.12.2.10. Biyoteknolojik uygulamaların etik boyutunu eleştirel düşünebilme (MEB,

2024b).

Verilen kazanımlarda, nükleik asitlerin canlılıktaki rolü, DNA ve RNA'nın moleküler yapısı, DNA replikasyonu, gen ifadesi (gen, genetik kod, transkripsiyon, translasyon), genetik yapıdaki değişiklikler, genetik testler ve genetik danışmanlık, geleneksel biyoteknoloji, modern biyoteknoloji, biyoteknolojinin tıp alanındaki uygulamaları (ilaç üretimi, hücre kültürü, kök hücre, rekombinant aşılar, protein ve hormon üretimi), biyoteknolojinin tarım alanındaki uygulamaları, bitki doku kültürü, ökaryotik hücrelere gen aktarımı, biyoteknolojinin endüstri, çevre ve adli tıp alanlarındaki uygulamaları, biyoteknoloji ve etik konularına değinilmiştir.

2024 yılında yayınlanan yeni öğretim programları incelendiğinde biyoteknoloji konusunda kazanımlarının ilköğretim düzeyinde büyük ölçüde azaltıldığı ve neredeyse tüm biyoteknoloji kazanımlarının lise eğitimde öğrencilere kazandırılmak istendiği görülmüştür. Bu süreçte öğretim programı ile öğrenci arasında bağ kurmada, biyoteknolojiye yönelik kazanımların öğrencilere aktarılmasında ve öğrencilerin biyoteknolojik okuryazarlıklarının geliştirilmesinde en temel rolü biyoloji öğretmenlerinin üstlendiği düşünülmektedir. Bu doğrultuda, biyoloji öğretmeni adaylarının biyoteknoloji alanında yeterli bilgi birikimine sahip olmaları ve güncel biyoteknolojik gelişmeleri yakından takip etmeleri büyük önem taşımaktadır.

2.9. İlgili Araştırmalar

Alkaya (2024), "Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeyleri" başlıklı çalışmasıyla fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin ortaya konulmasına ilişkin bir araştırma yürütmüştür. Araştırma kapsamında biyoteknoloji okuryazarlık boyutları olan nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu okuryazarlıkların her birinde öğretmen adaylarının alt seviyede oldukları gözlemlenmiştir. Araştırma sonucunda fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji alanındaki yenilikleri yeterli ölçüde takip etmedikleri, biyoteknolojide kullanılan organizmaları az tanıdıkları, insan yaşamını direkt etkileyen medikal biyoteknoloji uygulamaları hakkında çok az bilgi sahibi oldukları sonucuna varılmıştır.

Çaycı ve Doğru (2024), "Fen Bilimleri Eğitimi Alanında Genetik, Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Konusunda Yapılmış Lisansüstü Tez ve Makalelerin İncelenmesi" konusunu araştırmışlardır. Araştırma verileri genetik bilimine ilginin artmaya başladığı 21. yüzyıl başı

olan 2000-2022 yılları arası ile sınırlı tutulmuştur. Araştırma verilerinden elde edilen sonuçlara göre bu konu alanında ülkemizde gerçekleştirilen tez çalışmalarında çoğunlukla 2019 yılında yüksek lisans tezi düzeyinde, konu olarak "DNA ve Genetik Kod" başlığında yapılan çalışmalarda, örneklemi 8. sınıf öğrencilerinin oluşturduğu tespit edilmiştir. Makale çalışmalarının ise çoğunlukla 2020 yılında, biyoteknoloji konusunda ve fen bilgisi öğretmen adaylarına yönelik gerçekleştirildiği sonucuna varılmıştır.

Mutlu (2023), "Lise Öğrencilerinin Biyoteknolojiye Yönelik Tutumlarının Değerlendirilmesi" konulu çalışmasında Ağrı ilinde bulunan lise öğrencilerinin biyoteknolojiye yönelik tutumları, bu tutumları etkileyen faktörler, eğitim programlarında biyoteknolojinin yeri, biyoteknolojinin insanlığa katkıları ve toplumun biyoteknolojiye bakış açısını değerlendirmiştir. Araştırma bulgularına göre katılımcı öğrencilerin %48,2'si biyoteknoloji kavramını doğru tanımlamıştır. Katılımcı öğrencilerin %46,5'i "Biyoteknoloji kullanılarak üretilen besinlerin tüketiminin nelere sebep olacağı" hakkında fikri olmadığını beyan ederken, %14,1'i alerjik reaksiyonlara sebep olabileceği ve %11,8'i ise çeşitli hastalıklara sebep olacağı görüşündedir. Katılımcı öğrencilerin %49,6'sı okullarda biyoteknoloji dersinin verilmesine taraftarken, %44,4'ü biyoteknoloji çalışmalarını kısmen veya tamamen desteklediğini belirtmiştir. Bu bulgular öğrencilerin biyoteknoloji hakkında bilgi sahibi olsa da biyoteknolojinin kullanımı hakkında bilinçli kararlar alabilmek için daha fazla eğitim ve bilgiye ihtiyaç duyabileceklerini göstermiştir.

Sevimli Gür ve Öz (2022), "Türkiye'de Farklı Eğitim Düzeylerinde Biyoteknoloji Eğitiminin Önemi" konulu araştırmada ülkemizde biyoteknoloji eğitimine verilen önemi belirlemek ve farklı eğitim düzeylerindeki öğrencilerin biyoteknoloji hakkındaki bilgi ve tutumlarını ölçmek istemişlerdir. Çalışmalarında ilköğretim düzeyinden lisans düzeyine kadar her eğitim kademesinde öğrencilerin biyoteknolojiye yönelik bilgi birikimleri ve tutumlarının oldukça eksik ve yanlış olduğu görüşüne varmışlardır. Yine aynı çalışmada biyoteknoloji eğitimi konusuna yönelik çeşitli çalışmalar bulunsa da bunların yeterli olmadığı kanaatine varılmıştır.

Konak ve Hasançebi (2021), "Biyoloji Öğretmenlerinin Biyoteknoloji ve Uygulamalarına Yönelik Bilgi ve Tutumlarının Değerlendirilmesi" konulu çalışmalarında biyoteknoloji ve uygulamalarının biyoloji öğretmenlerinin bilgi ve tutumlarına etkisini araştırmışlardır. Çalışmada tek grup ön-test son-test zayıf deneysel desen kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini Türkiye'nin farklı illerinde Millî Eğitim Bakanlığına bağlı liselerde görev yapan 25 biyoloji öğretmeni oluşturmuştur. Veri toplama amacı ile "Biyoteknoloji Tutum Ölçeği"

ve “Biyoteknoloji Bilgi Testi” olmak üzere iki farklı ölçme aracı kullanılmıştır. Uygulanan tutum ölçeğinden elde edilen sonuçlara göre, biyoloji öğretmenlerinin biyoteknoloji ve uygulamalarına yönelik tutumları proje sonrasında yükselme göstermiştir. Biyoteknoloji bilgi testinin sonuçları incelendiğinde ise öntest-sontest puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır. Bu araştırma teorik ve uygulamalı biyoteknoloji etkinliklerinin biyoloji öğretmenlerinin biyoteknoloji ve uygulamalarına yönelik bilgi düzeylerini ve tutumlarını olumlu yönde etkilediğini göstermiştir.

Soğukpınar ve Karışan (2019), “Genetik ve Biyoteknolojiye Yönelik Bilgi ve Tutumlar” konulu derleme çalışmasında 1999-2018 yılları arasında yayımlanan 40’ı makale 6’sı tez olmak üzere toplamda 46 çalışma incelemiştir. Çalışmalarında elde ettikleri sonuçlara göre, öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgileri sınıf seviyesine göre olumlu farklılık göstermektedir ve adayların GDO’lu ürünler hakkında risk algıları yüksektir. Üniversite öğrencileri ile yapılan çalışmaları incelediklerinde öğrencilerin biyoteknoloji hakkında yeterli bilgilerinin olmadığını, genetik okuryazarlık düzeylerinin orta düzeyde olduğu ifade etmişlerdir. Lise ve ortaokul öğrencileri ile yapılan çalışmaları incelediklerinde, genellikle 8. sınıf öğrencileriyle çalışmalar yapıldığını, 8. sınıf öğrencilerinin genetik ve biyoteknoloji ile ilgili bilgilerinin yeterli olmadığını, genetiğe yönelik tutum ve görüşlerinin olumlu olsa da GDO’ya yönelik tutumlarının olumsuz olduğunu görmüşlerdir. Bu sonuçlarla birlikte yapılan alan yazın taraması sonucunda çoğunlukla öğretmen adayları ve lise öğrencileri ile biyoteknoloji ve genetik konularında çalışmalar yapıldığını, öğretmen adayları ile yapılan çalışmaların ise genellikle fen bilgisi öğretmen adayları ile yapıldığını tespit etmişlerdir.

Çamur (2016), “Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Uygulamalarına Yönelik Tutumları ile Bilimsel Epistemolojik İnançları Arasındaki İlişki” isimli çalışmasında biyoloji öğretmenliği bölümü öğrencilerinin biyoteknoloji uygulamalarına yönelik tutumlarını, bilimsel epistemolojik inanç düzeyleri ve bunların arasındaki ilişkinin incelenmesini amaçlamıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji uygulamalarına ilişkin bilimsel epistemolojik inançlar yönünden, “geleneksel bilim anlayışları” ve “geleneksel olmayan bilim” anlayışları yüksek bulunmuştur. Biyoloji öğretmen adaylarının “biyoteknoloji uygulamalarına ilişkin tutumları” ile hem “geleneksel” hem de “geleneksel olmayan” bilimsel inanışları arasında pozitif yönlü çok düşük düzeyde anlamlı olmayan bir ilişki tespit edilmiştir.

Akçay (2016), “Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Algısının Metaforlar Yoluyla Analizi”

konulu çalışmasında üç farklı branştaki 135 öğretmen adayının "biyoteknoloji" hakkındaki algıları metaforlar aracılığıyla analiz edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 77 farklı metafordan yüzdelik sıralamada "yenilik" kategorisi (%30) birinci sırada, "gereklilik" (%26) ikinci sırada, "avantaj" (%22) üçüncü sırada, "araç" (%14) dördüncü sırada ve "tehdit" (%8) son sırada yer almıştır. Öğretmen adaylarının biyoteknolojiye dair metaforik algılarının cinsiyetlerine göre anlamlı bir farklılık göstermediği, Türkiye'deki lise ve üniversite öğrencilerinin biyoteknolojiye olumlu baktıkları (%92) ve demografik değişkenler açısından öğretmen adaylarının biyoteknoloji metaforları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Sinan (2015), "Öğrencilerin Biyoteknoloji ile İlgili Bilgi ve Tutumların Farklı Değişkenlere Göre İncelenmesi" konulu çalışmasında üniversitede biyoloji eğitimi almakta olan öğrencilerin biyoteknoloji ile ilgili bilgi ve tutumlarının öğretim öncesi ve sonrasındaki durumlarını incelemiştir. Araştırmaya bir devlet üniversitesinde biyoloji öğretmenliği ve biyoloji bölümü okuyan 60 öğrenci dahil edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda öğrencilerin biyoteknolojiye karşı tutumlarında öğretim öncesi ve sonrasında anlamlı bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmaya katılan öğrencilerin biyoteknoloji tutum puanlarında cinsiyete göre anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Öğrencilerin lise biyoloji deneyimleri ile biyoteknoloji tutumları arasında önemli bir korelasyon belirlenememiştir. Biyoteknoloji bilgi anketi sonuçlarına göre ise öğrencilerin bilgilerinde öğretim sonrasında artış olduğu fakat biyoteknolojik süreçlerin kabul edilmesi ile ilgili tutumlarında bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

Sıcaker ve Aydın (2015), "Ortaöğretim Biyoteknoloji ve Gen Mühendisliği Kavramlarının Öğrenciler Tarafından Değerlendirilmesi" konulu çalışmasında 150 öğrenciye 45 maddeden oluşan "Biyoteknoloji ve Gen Mühendisliği Kavramlar Anketi" uygulanmış ve 14 öğrenciyle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda öğrenciler tarafından DNA analizi, DNA parmak izi, rekombinant DNA teknolojisi ürünleri, genom projesi, kök hücre tedavisi, interferon, sentetik hormonlar, biyogüvenlik protokolü, poliploidi, sentetik enzim öğrenilmesi çok zor olarak ifade edilen kavramlar olarak tespit edilmiştir. Bu kavramların bazılarının öğrenilmesindeki zorluğun ders kitabından, bazılarının öğrenilmesinin zorluğu ise öğretmenin derste uyguladığı yöntemlerden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Yılmaz, Üner ve Ercan (2015), "Üniversite Öğrencilerinin Biyoteknoloji ve Genetiği Değiştirilmiş Gıdalar ile İlgili Tutumları" konulu araştırmalarına gönüllü olarak 423 öğrenci

katılmıştır. Çalışmaya katılan öğrencilerin %48,7'si kısmen, %40,0'ı ise biyoteknoloji ve GDO'lar hakkında bilgi sahibi olduğunu belirtmişlerdir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu GDO'ların uzun süreli kullanımlarının zararlı olduğunu, ekolojik dengeyi bozduğunu düşünmektedir. Öğrencilerin %65,5'i GDO ile ilgili gelişmeleri nadiren takip ettiklerini, GDO'lar hakkındaki gelişmeleri her zaman takip ettiğini ifade eden katılımcıların çoğunluğunun da %42,9 ile sağlık alanı öğrencileri olduğu tespit edilmiştir.

Sürmeli ve Şahin (2010), "Üniversite Öğrencilerinin Biyoteknoloji Çalışmalarına Yönelik Tutumları" konulu araştırmalarında Marmara Üniversitesi Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü Fen Bilgisi Öğretmenliği, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü ve Tıp Fakültesinde öğrenim gören toplam 222 üniversite öğrencisine "Biyoteknoloji Tutum Ölçeği" uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, öğrencilerin biyoteknolojik çalışmalara karşı tutumlarının konuya bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre mikroorganizmaların modifikasyonu onaylanırken insan ve hayvan gıdası için mikroorganizmalarda genetik modifikasyon daha düşük oranlarda onaylanmıştır. İnsan sağlığı adına ilaç üretmek için hayvanlarda genetik modifikasyon kabul edilirken, besin değerini artırmak için yapılan modifikasyon kabul edilmemiştir. Bununla birlikte bu çalışmada öğrenciler, bitkilerde kaliteyi artırma amaçlı yapılan genetik modifikasyonu hayvanlarda yapılana oranla daha fazla kabul etmişlerdir. Öğrencilerin biyoteknoloji uygulamalarına olan tutumlarına fakülteler açısından bakıldığında da biyoloji öğrencilerinin diğerlerine oranla daha olumlu bir tutum sergiledikleri ve diğer öğrencilerle aralarındaki farklılığın anlamlı olduğu bulunmuştur.

Çelik (2009), "Ortaöğretim Düzeyinde Biyoteknoloji Öğretiminin Etkililiğinin Değerlendirilmesi" konulu araştırmasını ortaöğretim kurumlarında çalışan biyoloji öğretmenleri ile lise öğrencileri üzerinde gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda biyoloji öğretmenlerinin kıdem dereceleri ile mezun oldukları fakültenin biyoteknoloji programının değerlendirilmesine ilişkin görüşlerini çok fazla etkilemediği tespit edilmiştir. Ayrıca öğretmenlerin hizmet içi kursların gerekli ve faydalı olduğu kanaatinde birleştikleri, programın hedef, içerik, eğitim durumları, ölçme ve değerlendirme boyutlarında eksiklikleri olduğunu konusunda hemfikir oldukları görülmüştür. Öğrencilere uygulanan anket sonucunda ise öğrencilerin okudukları sınıf düzeylerinin biyoteknoloji konularına yönelik tutumlarında anlamlı bir farklılığa yol açmadığı görülmüştür.

De la Hoz ve diğerleri (2022), yaptıkları çalışmada İsveç'te öğrenim gören ilköğretim öğretmen adaylarının biyoteknolojiye yönelik bilgi ve tutumlarını incelemiş ve bu sonuçları,

aynı alanda daha önce İspanya'da yapılmış araştırma sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Araştırmalarında İsveçli öğretmen adaylarının yarısından fazlasının, genetik hastalıklar ve biyoteknolojik uygulamalar hakkında doğru bilgilere sahip olduğunu fakat temel genetik kavramlar ve genetiği değiştirilmiş organizmalarla ilgili bilgi düzeylerinin düşük seviyelerde kaldığını gözlemlemişlerdir. Bu sonuçlar, İsveçli öğretmen adaylarının biyoteknoloji uygulamaları konusunda farkındalığa sahip olduklarını ancak temel genetik kavramlar konusunda önemli bilgi eksiklikleri yaşadıklarını göstermektedir. İsveç ve İspanya'daki öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgisi ve tutumları karşılaştırıldığında, bilgi düzeyi açısından iki ülke arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Tutumlar açısından da genel olarak benzer eğilimler gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda biyoteknoloji okuryazarlığını artırmak için öğretmen yetiştirme programlarının gözden geçirilmesi gerektiğini ifade etmişler, öğretmenlerin biyoteknoloji konusunda yeterli bilgiye ve olumlu bir tutuma sahip olmasının, gelecek nesillerin biyoteknoloji okuryazarlığını geliştirmek açısından kritik öneme sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Chabalengula ve diğerleri (2011), yaptıkları araştırmada, Amerika'da öğrenim gören ilköğretim öğretmen adaylarının biyoteknoloji ve ilgili süreçlere ilişkin anlayışlarını incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda öğretmen adaylarının birçoğunun biyoteknoloji, genetik mühendisliği ve genetiği değiştirilmiş gıdalar hakkında bilgi düzeyinin yetersiz olduğu, güncel bilimsel gelişmelere yeterince hâkim olmadıkları sonucuna varmışlardır. Araştırmacılar bu eksikliklerin giderilebilmesi için öğretim programlarının biyoteknoloji alanında daha fazla içerik sunması gerektiğini, laboratuvar çalışmaları, dijital simülasyonlar ve uygulamalı deneyler ile biyoteknoloji eğitiminin desteklenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar öğretmen adaylarının biyoteknolojiye yönelik tutumlarını ve toplumda biyoteknoloji ile ilgili fayda ve sorunları değerlendirmeye yönelik araştırmalar yapmasını tavsiye etmişlerdir.

Fonseca ve diğerleri (2012), yaptıkları çalışmada Portekiz'de görev yapan ortaöğretim biyoloji öğretmenlerinin biyoteknoloji ve biyoteknoloji eğitimi hakkındaki inançlarını ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda öğretmenlerin biyoteknolojiye yönelik inançları ile biyoteknoloji eğitimi hakkındaki inançları arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuş ancak öğretmenlerin biyoteknoloji eğitimi hakkındaki inançları ile yaşları, öğretim deneyimleri ve nitelikleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Çalışmanın bulguları, öğretmenlerin biyoteknolojiye yönelik genel olarak olumlu inançlara sahip olduğunu, biyoteknolojinin topluma birçok fayda sağladığına inandıklarını, ancak aynı

zamanda bazı riskler taşıdığını ve etik kaygılara yol açabileceğini düşündüklerini göstermiştir. Öğretmenler, biyoteknoloji öğretiminde en sık karşılaştıkları zorlukların malzeme ve kaynak yetersizliği, zaman kısıtlamaları ve öğretmenlerin biyoteknoloji konusunda yeterince bilgi sahibi olmaması olduğunu belirtmişler, biyoteknoloji konusunda daha fazla eğitim ve malzeme desteği sağlanması, biyoteknoloji öğretimi için daha fazla zaman ayrılması gerektiğini dile getirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda öğretmen eğitim programlarının tasarımı ve fen bilimleri eğitimi politikalarının yeniden yapılandırılması için çıkarımlar sunulmuş, öğretmen eğitim programlarında biyoteknoloji eğitimine daha fazla önem verilmesi gerektiği ve öğretmenlerin biyoteknoloji konusundaki bilgi ve becerilerini geliştirmeye odaklanması gerektiği ifade edilmiştir.

Bahri ve diğerleri (2014), yaptıkları çalışmada Malezya'daki ortaöğretim öğrencilerinin biyoteknoloji okuryazarlığı düzeylerini nicel ve nitel araştırma yöntemleri kullanılarak belirlemek istemişlerdir. Araştırma da öğrencilerin büyük bir kısmının biyoteknolojiye dair temel kavramlara aşina olsalar da genetik mühendisliği, biyoteknolojik uygulamalar ve etik boyutları hakkında sınırlı bilgiye sahip olduğunu, biyoteknolojinin sağlık, tarım ve çevre üzerindeki etkileri hakkında bilgilerinin ise yüzeysel kaldığını ortaya koymuştur. Ayrıca genetiği değiştirilmiş organizmalar, biyoyakıtlar ve klonlama gibi konularda öğrencilerin yanlış ve eksik bilgiye sahip olduğu, biyoteknoloji alanındaki gelişmeleri yakından takip etmedikleri gözlemlenmiştir. Araştırmacılar tarafından biyoteknoloji okuryazarlığını geliştirmek için, eğitim programlarında biyoteknolojiye daha fazla yer verilmesi, eğitim politikalarının öğrencilere yenilikçi düşünme ve araştırma yapma fırsatları sunacak şekilde yeniden düzenlenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar öğretmenlerin biyoteknoloji alanındaki gelişmeleri yakından takip etmeleri ve bu bilgileri derslerine entegre etmeleri önerilmiştir.

Casanoves ve diğerleri (2015), yaptıkları çalışma da İspanya'da öğrenim gören sınıf öğretmeni adaylarının biyoteknoloji konusundaki bilgi düzeylerini ve tutumlarını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Araştırmada öğretmen adaylarının biyoteknolojinin uygulama alanlarına genel olarak hâkim oldukları ancak temel genetik bilgiler konusunda ve genetiği değiştirilmiş organizmalar hakkında yaygın bilgi eksikliğine sahip oldukları sonucuna varılmıştır. Öğretmen adaylarının genetiği değiştirilmiş gıdalara karşı genel olarak güvensizlik oldukları buna karşın tıbbi biyoteknolojiye karşı yaklaşımlarının olumlu olduğu aynı zamanda biyoteknolojinin yaşam kalitesini artırdığı tutumlarına sahip oldukları görülmüştür. Bilgi düzeyi arttıkça biyoteknolojiye yönelik tutumların daha olumlu hale

geldiği de tespit edilmiştir. Araştırmacılar, öğretmen adaylarının temel genetik ve biyoteknoloji bilgilerini istenilen seviyeye getirmek için, eğitim programlarında biyoteknolojiye yönelik içeriklerin bilimsel, etik ve sosyal yönleriyle artırılması ve biyoteknoloji okuryazarlığı geliştirilmesi gerektiği önerilerinde bulunmuşlardır.

BÖLÜM III

YÖNTEM

Bu bölümde, araştırma modeli, araştırmanın çalışma grubu, araştırmada kullanılan veri toplama araçları ve verilerin analizi ile ilgili açıklamalara yer verilmiştir.

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırmada biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda araştırma modeli karma desene göre oluşturulmuştur. Karma desen, nitel ve nicel araştırma tekniklerinin bir arada kullanılarak verilerin analiz edilmesini ve daha kapsamlı sonuçlara ulaşılmasını sağlayan bir araştırma desenidir (Tashakkori & Creswell, 2007). Bu yaklaşım, özellikle tek bir veri kaynağının yeterli olmadığı, elde edilen bulguların derinlemesine açıklanması veya genellenmesi gereken durumlarda tercih edilmektedir. Ayrıca, bir yöntemin diğerini desteklemesi, kuramsal bir çerçevenin oluşturulması veya karmaşık araştırma sorularının farklı aşamalarla ele alınması gerektiğinde de karma desen etkili bir çözüm sunmaktadır (Creswell & Plano Clark, 2015). Karma desenin farklı türleri bulunmakla birlikte bu araştırma yakınsayan paralel desene göre yürütülmüştür.

Yakınsayan paralel desende araştırmacı, nitel ve nicel veri toplama süreçlerini aynı zaman diliminde yürütmekte ve her iki yönteme de eşit ağırlık vermektedir. Verilerin analiz aşamasında yöntemler birbirinden bağımsız olarak ele alınırken, elde edilen bulgular yorumlama sürecinde bütünleştirilerek kapsamlı bir sonuca ulaşılmaya çalışılmaktadır (Creswell & Plano Clark, 2015).

Araştırmanın nicel boyutunda nicel araştırma yöntemlerinden kesitsel tarama araştırma yöntemi uygulanmıştır. Kesitsel tarama araştırma türünün avantajı büyük örneklem gruplarından tek seferde bilgi toplamaya imkân vermesidir (Büyüköztürk vd., 2022).

Kesitsel araştırmalarda evrene gidilmez onu temsil eden nicelik ve nitelikteki gruplardan bilgi toplanır (Sönmez & Alacapınar, 2019).

Araştırmanın nitel boyutunda ise nitel araştırma yöntemlerinden görüşme tekniği kullanılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme formları gerektiğinde derinlemesine bilgi sağlama avantajının yanı sıra kolay analiz edilebilme ve görüşülene kendini ifade etme olanağı sunmaktadır (Büyüköztürk vd., 2022). Bu teknikte araştırmacı tarafından sorulan sorular üzerinde cevaplayanın kısmen düzenleme ve düzeltme imkânı vardır (Sönmez & Alacapınar, 2019). Nicel ve nitel boyutta elde edilen veriler, yakınsayan paralel desen yaklaşımı doğrultusunda önce ayrı ayrı analiz edilmiş, ardından bulgular yorumlama aşamasında bütünleştirilerek değerlendirilmiştir.

3.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu 2024-2025 eğitim-öğretim yılında Türkiye'deki bir devlet üniversitesinde biyoloji eğitimi ana bilim dalında eğitim gören birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıf olmak üzere toplam 58 öğretmen adayı oluşturmuştur. Çalışma grubunun demografik bilgileri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1

Araştırmanın Çalışma Grubuna Ait Demografik Bilgiler

Demografik Bilgiler		N	%
Cinsiyet	Erkek	8	%13,79
	Kadın	50	%86,21
	Toplam	58	100
Sınıf Düzeyi	1.Sınıf	17	%29,31
	2.Sınıf	10	%17,24
	3.Sınıf	18	%31,03
	4.Sınıf	13	%22,41
	Toplam	58	100
Biyoteknoloji ile İlgili Eğitim Alma Durumu	Aldı	22	%37,93
	Almadı	36	%62,07
	Toplam	58	100

Tablo 1 incelendiğinde, bu araştırmanın çalışma grubunu oluşturan öğretmen adaylarının demografik bilgileri şu şekildedir: %86,21'i kadın (N=50), %13,70'u ise erkek (N=8) olup toplamda 58 biyoloji öğretmen adayı yer almıştır. Sınıf düzeyine göre dağılımda, %29,31'i (N=17) birinci sınıf, %17,24'ü (N=10) ikinci sınıf, %31,03'ü (N=18) üçüncü sınıf ve %22,41'i (N=13) dördüncü sınıf öğrencisidir. Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji ile ilgili eğitim alma durumu ise %37,93'ü (N=22) bir eğitim aldığını, %62,07'si (N=36) bir eğitim almadığını belirtmiştir.

3.3. Veri Toplama Araçları

Bu araştırmanın veri toplama araçlarını nicel boyuta "Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi", nitel boyutta "Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu" oluşturmuştur.

Araştırmada biyoteknoloji okuryazarlığı düzeyinin belirlenmesi için Açıkgül Fırat (2015) tarafından test geliştirme sürecine uygun olarak hazırlanmış, alan uzmanları tarafından geçerlilik ve güvenirlik düzeyleri kontrol edilmiş "Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi" kullanılmıştır. Testin geliştirilme sürecinde ilgili literatür taranarak biyoteknoloji kavram ve terimleri belirlendikten sonra Bybee (1997)'nin sınıflandırmasına göre bilimsel okuryazarlığın 4 boyutunda (nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu) 42 soru hazırlanmıştır. Hazırlanan 42 soruyu uzmanlar her soru için 1 ile 5 arasında puan vererek kapsam/görünüş geçerliği için incelemişlerdir. Uygun olmayan sorular çıkarılıp, kalan sorularda gerekli düzeltmeler yapılarak taslak test oluşturulmuştur. Taslak test oluşturulduktan sonra 10 öğretmen adayına incelettirilerek açıklık ve anlaşılırlık bakımından puanlamaları istenmiştir. Bu aşamadan sonra da düzeltmeler yapılarak taslak testin ön uygulanmasına geçilmiştir. ITEMAN (Versiyon 3) programı kullanılarak testte yer alan soruların güçlük ve ayırt edicilik indeksleri hesaplanmış, ayırt edicilik indeksi düşük olan sorular testten çıkarılmıştır. Testin güçlüğü hesaplanarak orta düzeyde zor ve ayırt edici bir test olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, 5 seçenekli 25 çoktan seçmeli sorudan oluşan nihai "Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi" geliştirilmiştir. Testten alınabilecek en yüksek puan 25, en düşük puan ise 0'dır. Test; nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu olmak üzere dört alt boyuttan (Tablo 2) oluşmaktadır (Açıkgül Fırat, 2015). Yapılan güvenirlik analizleri sonucunda "Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi" için tüm ölçeğin Cronbach's Alpha değeri ,768 olarak hesaplanmıştır. Bir ölçme aracının güvenilir kabul edilebilmesi için Cronbach's Alpha değerinin ,70'in üzerinde olması gerekmektedir (Büyüköztürk, 2018). Söz konusu

katsayının 1'e yaklaşması ise ölçeğin iç tutarlılık düzeyinin arttığının bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır.

Tablo 2

Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi Maddelerinin Alt Boyutları

Alt Boyutlar	Maddeler	Madde Sayısı
Alt Boyut 1 / Nominal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12	8
Alt Boyut 2 / Fonksiyonel	8, 9, 10	3
Alt Boyut 3 / Prosedürel	16, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25	8
Alt Boyut 4 / Çok Boyutlu	7, 13, 14, 15, 18, 22	6
	Toplam	25

"Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi" Ek 1'de, testin kullanılması için alınan izin belgesi Ek 2'de yer almaktadır.

Araştırmanın nitel verileri, araştırmacılar tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığı ile toplanmıştır. Formun hazırlık aşamasında şu süreçler izlenmiştir:

1. *Soruların Oluşturulması:* Araştırmanın amacı doğrultusunda, konuyla ilgili geniş bir çalışma yapılarak ve Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinin soruları da dikkate alınarak derinlemesine veri elde etmek için açık uçlu sorular tasarlanmıştır.
2. *Uzman Görüşü:* Biyoloji eğitimi alanında uzman bir akademisyenin görüşleri doğrultusunda soruların kapsam geçerliliği sağlanmıştır.
3. *Son Düzenlemeler:* Elde edilen geri bildirimler doğrultusunda görüşme formuna son hali verilmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşme formunda 8 tane açık uçlu soru yer almaktadır (Ek 3).

3.4. Veri Toplama Süreci

1. Belirlenen konuyla ilgili literatür taraması yapılarak alan yazın incelenmiştir.
2. Daha önce yapılmış mevcut araştırmalarda kullanılan yöntem ve teknik, izlenen yol ve analiz süreçleri incelenmiştir.
3. Araştırmaya en uygun yöntem ve veri toplama araçları belirlenmiştir.

4. Kullanılacak veri toplama araçlarından nicel veri toplama aracı olan "Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi" için yasal izin alınmış sonrasında nitel veri toplama aracı olan yarı yapılandırılmış görüşme formu hazırlanmıştır.
5. Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu tarafından 10 Aralık 2024 tarihinde (Araştırma Kod No: 2024- 1931) onay verildikten (Ek 4) sonra veri toplama sürecine başlanmıştır. İlk aşamada 58 öğretmen adayına Bybee (1997)'nin kategorize ettiği bilimsel okuryazarlık seviyelerini (Nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu okuryazarlık) yansıtacak şekilde hazırlanmış 25 sorudan oluşan Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi uygulanmıştır. Araştırmanın verileri bir devlet üniversitesinin biyoloji eğitimi ana bilim dalında öğrenim gören birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıf öğrencilerinden 2024-2025 eğitim öğretim yılı bahar döneminde elde edilmiştir. Biyoteknoloji okuryazarlık testi uygulanmadan önce öğretmen adaylarına çalışmanın amacı, çalışmaya katılımın gönüllük esasına dayandığı, testteki maddelerinin dikkatli okunduktan sonra cevaplandırılması gerektiği belirtilmiştir.
6. İkinci aşamada öğretmen adaylarına nicel ölçeğe paralel olarak hazırlanan ve konunun alt boyutlarını sınayan yarı yapılandırılmış görüşme formu uygulanmıştır.

3.5. Veri Analizi

Bu araştırma, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerini nicel yönden ölçmeyi amaçlayan Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi ve nitel yönden ölçmeyi amaçlayan Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu sonucunda elde edilen verilerin çeşitli değişkenler açısından değerlendirilmesi ile gerçekleştirilmiştir.

Biyoloji öğretmen adaylarından toplanan nicel verilerin analizinde SPSS 22.0 paket programı kullanılmıştır. Veri setinin dağılım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) katsayıları hesaplanmıştır. Söz konusu istatistikler, verilerin normal dağılım varsayımını karşılama durumunu değerlendirmede yaygın olarak kullanılan göstergelerdir.

Alan yazın incelendiğinde, verilerin normal dağılım gösterdiğini kabul etmek için çarpıklık katsayısının ±1 aralığında olması gerektiği belirtilmektedir (George & Mallery, 2010). Benzer şekilde, basıklık katsayısının da ±1 aralığında olması normal dağılım için kabul edilebilir bir değer olarak değerlendirilmektedir (Hair vd., 2014).

Yapılan analizler sonucunda, Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi'nden elde edilen verilerin çarpıklık (-,766) ve basıklık (,055) değerlerinin belirtilen aralıklar içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Bu değerler, veri setinin normal dağılım özelliklerine sahip olduğunu ve dağılımın simetrik bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. Dağılımın normal olması nedeniyle parametrik testlerin uygulanmasının uygun olduğu değerlendirilmiş ve istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi ,05 olarak belirlenmiştir. Bu yaklaşım, araştırma bulgularının geçerliliği ve güvenirliği açısından önem taşımaktadır.

Biyoloji öğretmen adaylarından toplanan nitel verilerin analizinde ise içerik analizi yöntemi uygulanmıştır. İçerik analizi, nitel araştırma yöntemlerinde sıklıkla başvurulan sistematik bir veri çözümleme tekniğidir. Bu yöntem, araştırma verilerinin anlamlı temalar ve kategoriler altında organize edilerek yorumlanmasını sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu süreçte biyoloji öğretmen adaylarının yarı yapılandırılmış görüşme formuna verdikleri cevaplardan kodlar oluşturulmuş, oluşturulan kodlar ortak temalar altında birleştirilerek elde edilen veriler tablo şeklinde sunulmuştur.

Ayrıca nitel veri analizi sürecinde, araştırmanın iç güvenirliğini sağlamak amacıyla iki bağımsız araştırmacı tarafından paralel kodlama çalışması yürütülmüştür. Bu kapsamda, nitel araştırmalarda analiz güvenirliğini ölçmede yaygın olarak kabul gören Miles ve Huberman (1994) modeli temel alınmıştır. Söz konusu modelde, kodlayıcılar arası güvenirlik hesaplaması şu formülle gerçekleştirilmiştir:

$$\text{Güvenirlik (\%)} = [\text{Görüş Birliği} / (\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı})] \times 100$$

$$\text{Güvenirlik (\%)} = [88 / (88 + 17)] \times 100, \text{ Güvenirlik} = \%83{,}81$$

Paralel kodlama çalışması sonucunda, toplam 105 kod üzerinde, görüş birliği 88, görüş ayrılığı 17 olarak belirlenmiş ve hesaplanan analiz sonucunda, araştırmacıların kodlama uyumunun %83,81 (yaklaşık %84) düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Nitel araştırma metodolojisinde bu tür analizler için genel kabul gören asgari güvenirlik eşiğinin %80 olduğu dikkate alındığında (Miles & Huberman, 1994), elde edilen sonucun yeterli güvenilirlik düzeyini karşıladığı değerlendirilmiştir.

BÖLÜM IV

BULGULAR VE YORUMLAR

Bu bölümde, nicel ve nitel veri toplama araçlarına verilen cevapların analizinden elde edilen bulgulara ve bu bulgular ile ilgili yorumlara yer verilmiştir. Araştırma bulguları nicel ve nitel olmak üzere iki farklı boyutta ele alınmış ve ortak şekilde yorumlanmıştır.

4.1. Araştırmanın Nicel Verilerine Ait Bulgular ve Yorumlar

Bu araştırma da biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerine ait betimsel istatistikler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3

Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerine Ait Betimsel İstatistikler

N	Min	Max	$\bar{X}$	Ss
58	4,00	20,00	14,31	3,66

Tablo 3 incelendiğinde, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin ortalamasının $\bar{X}$=14,31 olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, adayların biyoteknoloji konusundaki bilgi düzeylerinin orta düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu düzey, öğretmen adaylarının konu hakkında temel bir farkındalığa sahip olduklarını, ancak ileri düzeyde bilgi eksikliklerinin var olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, biyoteknoloji gibi güncel ve hızla gelişen bir alanda, öğretmen adaylarının bilgi düzeylerinin daha yüksek olması gerektiği söylenebilir.

Araştırmanın birinci alt probleminde, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin cinsiyetleri açısından anlamlı farklılık gösterip göstermediği ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu alt problem doğrultusunda bağımsız gruplar t-testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4

Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerinin Cinsiyete Göre Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları

	Cinsiyet	N	$\bar{X}$	Ss	Sd	t	p
Alt Boyut 1 Nominal	Erkek	8	4,37	1,40	56	-,487	,628
	Kadın	50	4,62	1,30			
Alt Boyut 2 Fonksiyonel	Erkek	8	1,50	,92	56	-1,022	,311
	Kadın	50	1,84	,86			
Alt Boyut 3 Prosedürel	Erkek	8	5,25	1,90	56	,819	,416
	Kadın	50	4,70	1,74			
Alt Boyut 4 Çok Boyutlu	Erkek	8	3,87	1,24	56	1,703	,094
	Kadın	50	3,04	1,29			
Toplam	Erkek	8	15,00	3,20	56	,570	,571
	Kadın	50	14,20	3,75			

Tablo 4 incelendiğinde, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık toplam puan ortalamaları açısından erkeklerin ($\bar{X}$=15,00) kadınlara ($\bar{X}$=14,20) göre daha yüksek bir ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin cinsiyetlerine göre hem ölçeğin toplamında hem de alt boyutlarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği belirlenmiştir.

Araştırmanın ikinci alt probleminde, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin biyoteknoloji ile ilgili eğitim alma durumu açısından anlamlı farklılık gösterip göstermediği ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu alt problem doğrultusunda bağımsız gruplar t-testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5

Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerinin Biyoteknoloji ile İlgili Eğitim Alma Durumuna Göre Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları

	Eğitim Alma Durumu	N	$\bar{X}$	Ss	Sd	t	P
Alt Boyut 1 Nominal	Almadı	36	4,38	1,51	56	-1,481	,144
	Aldı	22	4,90	,81			
Alt Boyut 2 Fonksiyonel	Almadı	36	1,66	,82	56	-1,422	,160
	Aldı	22	2,00	,92			
Alt Boyut 3 Prosedürel	Almadı	36	4,47	2,03	56	-1,711	,093
	Aldı	22	5,27	1,03			
Alt Boyut 4 Çok Boyutlu	Almadı	36	2,91	1,33	56	-1,811	,076
	Aldı	22	3,54	1,18			
Toplam	Almadı	36	13,44	4,07	56	-2,394	,020*
	Aldı	22	15,72	2,33			

*p<,05

Tablo 5 incelendiğinde, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık toplam puan ortalamaları açısından biyoteknoloji ile ilgili eğitim alanların ($\bar{X}$=15,72) almayanlara ($\bar{X}$=13,44) göre daha yüksek bir ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin biyoteknoloji ile ilgili eğitim alma durumuna göre ölçeğin genelinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği saptanmıştır (t_{56}=-2,394; p<,05). Biyoteknoloji eğitimi alan öğretmen adaylarının ortalama doğru cevap sayısı, eğitim almayanlara göre önemli ölçüde daha yüksektir. Bu durum, biyoteknoloji okuryazarlığı düzeyini artırmanın en etkili yollarından birinin doğrudan bu konuda verilen eğitimler olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın üçüncü alt probleminde, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin sınıf seviyelerine göre anlamlı farklılık gösterip göstermediği ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin sınıf seviyelerine göre farklılık gösterip göstermediğini belirleyebilmek adına bağımsız gruplar için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6

Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerinin Sınıflarına Göre Bağımsız Gruplar için Tek Yönlü Varyans Analizi Sonuçları

	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	P	Post-Hoc (Tukey)
Alt Boyut 1 Nominal	Gruplar Arası	2,469	3	,823	,465	,708	
	Gruplar İçi	95,599	54	1,770			
	Toplam	98,069	57				
Alt Boyut 2 Fonksiyonel	Gruplar Arası	6,007	3	2,002	2,883	,044*	2-4
	Gruplar İçi	37,510	54	,695			
	Toplam	43,517	57				
Alt Boyut 3 Prosedürel	Gruplar Arası	52,890	3	17,630	7,728	,000*	1-3, 3-4
	Gruplar İçi	123,196	54	2,281			
	Toplam	176,086	57				
Alt Boyut 4 Çok Boyutlu	Gruplar Arası	14,371	3	4,790	3,108	,034*	3-4
	Gruplar İçi	83,232	54	1,541			
	Toplam	97,603	57				
Toplam	Gruplar Arası	146,147	3	48,716	4,241	,009*	3-4
	Gruplar İçi	620,267	54	11,486			
	Toplam	766,414	57				

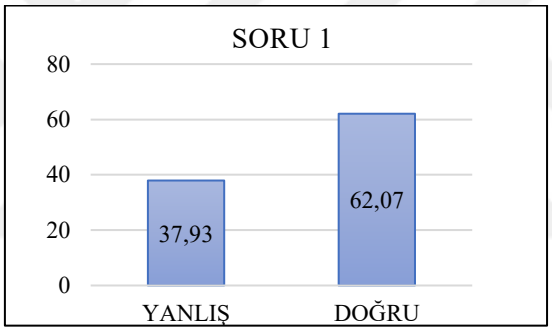
*p<,05

Tablo 6 incelendiğinde, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin sınıflarına göre ölçeğin genelinde ($F_{(3-54)}$= 4,241; p<,05) 3. ve 4. sınıflar arasında; alt boyut 2'de ($F_{(3-54)}$= 2,883; p<,05) 2. ve 4. sınıflar arasında; alt boyut 3'te ($F_{(3-54)}$= 7,728; p<,05) 1. ve 3. sınıflar ile 3. ve 4. sınıflar arasında; alt boyut 4'te ($F_{(3-54)}$= 3,108; p<,05) 3. ve 4. sınıflar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği görülmektedir. Sınıf düzeyine göre incelendiğinde, 1. sınıfların ortalaması 14,76, 2. sınıfların ortalaması 13,60, 3. sınıfların ortalaması 12,50, 4. sınıfların ortalaması 16,77 olarak bulunmuştur. Bu dağılım, 4. sınıf öğrencilerinin diğer sınıflara kıyasla biyoteknoloji okuryazarlık testinde daha yüksek başarı gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, dördüncü sınıf öğretmen adaylarının daha fazla ders almış olmaları, daha fazla akademik deneyime sahip olmaları ve

öğretmenlik uygulamaları kapsamında güncel konularla daha fazla karşılaşmaları ile açıklanabilir.

Nicel veri analizi sonuçları, öğretmen adaylarının biyoteknolojiye ilişkin genel bilgi düzeylerinin artırılmaya ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Özellikle 4. sınıfların diğer sınıflara göre daha başarılı olması, öğrenme süreci boyunca kazanılan deneyim ve bilginin biyoteknoloji okuryazarlığını olumlu etkilediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, konuya dair eğitim almış bireylerin başarısının daha yüksek olması, bu alanın öğretim programlarında ne kadar önemli olduğunu bir kez daha göstermektedir.

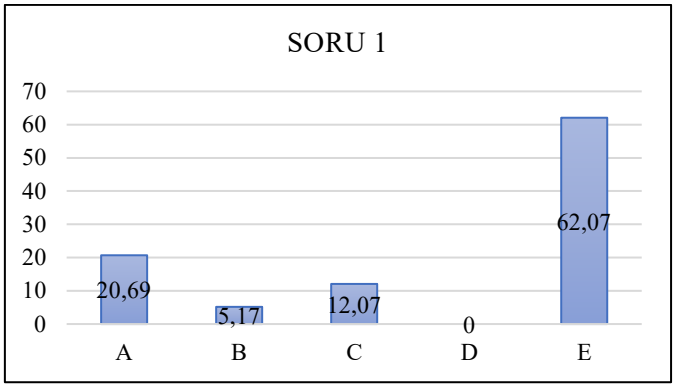
Araştırmanın dördüncü alt problemi doğrultusunda biyoloji öğretmen adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde yer alan 25 soruya verdikleri cevaplar soru bazında incelenmiş ve bulgular doğru-yanlış cevaplar üzerinden yüzde olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 1. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

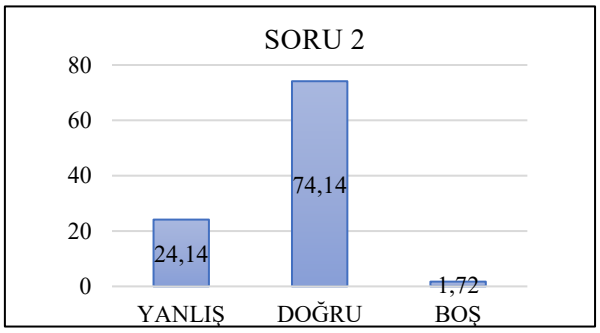
1. "Rekombinant gen" kavramı aşağıdaki disiplinlerden hangisiyle ilişkilidir? (Nominal)
A) Moleküler Biyoloji
B) Hücre Biyolojisi
C) Mikrobiyoloji
D) Kimya Mühendisliği
E) Genetik Mühendisliği

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 1. sorusuna öğretmen adaylarının %62,07'si (N=36) doğru cevap verirken %37,93'i (N=22) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 2. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 1. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Birinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde, "rekombinant gen" kavramının büyük ölçüde doğru anlaşıldığı görülmektedir. Katılımcıların %62'si doğru cevap olan "genetik mühendisliği" seçeneğini işaretlemiştir. Ancak, %20'lik bir kesimin "moleküler biyoloji" ve %12'lik bir grubun ise "mikrobiyoloji" cevaplarını tercih etmesi, bazı öğretmen adaylarının disiplinler arası kavramları karıştırdığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, özellikle moleküler biyoloji, genetik mühendisliği ve mikrobiyoloji gibi iç içe geçmiş alanların daha net bir şekilde birbirinden ayrıştırılarak öğretilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Ayrıca, hiçbir öğretmen adayının "kimya mühendisliği" seçeneğini işaretlememesi, adayların konunun kimya temelli olmadığını doğru şekilde ayırt edebildiğini göstermektedir.



Şekil 3. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 2. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

2. Süt ürünlerinin üretimi aşağıdaki biyoteknolojik uygulama alanlarından hangisine aittir? (Nominal)

A) Rekombinant gen teknolojisi

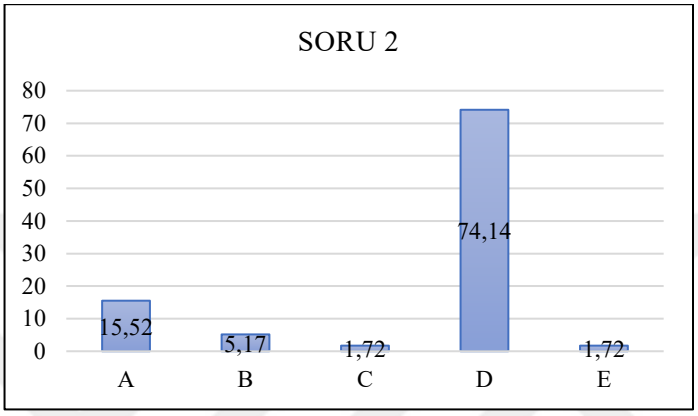
B) Enzim teknolojisi

C) Çevre teknolojisi

D) Fermantasyon teknolojisi

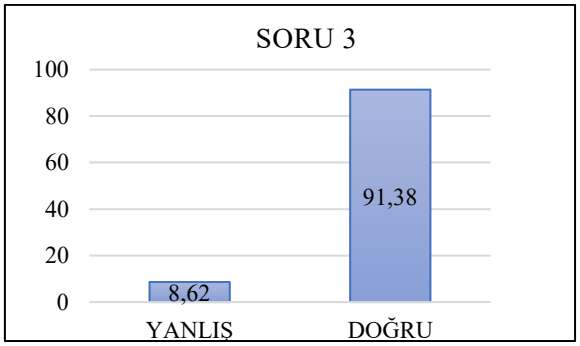
E) Yenilenebilir kaynak teknolojisi

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 2. sorusuna öğretmen adaylarının %74,14'ü (N=43) doğru cevap verirken %24,14'i (N=14) yanlış cevap vermiş, 1 kişi ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 4. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 2. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Öğretmen adaylarının %74'ünün doğru cevap olan "fermantasyon teknolojisi" seçeneğini işaretlediği görülmektedir. Bu durum, öğretmen adaylarının biyoteknolojinin günlük yaşamla bağlantılı uygulamalarını büyük ölçüde doğru ilişkilendirebildiklerini ve fermantasyonun süt ürünleri üretimindeki rolünü genel olarak kavrayabildiklerini göstermektedir. Bununla birlikte, öğrencilerin %15'inin "rekombinant gen teknolojisi" ve %5'inin "enzim teknolojisi" seçeneğini tercih etmesi, biyoteknolojinin alt alanları arasında kavramsal karışıklıklar yaşandığını ortaya koymaktadır. Bu durum, öğretmen adaylarının biyoteknolojiyi yalnızca teknolojik bir bütün olarak algıladıklarını, alt alanlara dair ayrıntılı bilgi edinme konusunda eksiklikler yaşadıklarını düşündürmektedir.



Şekil 5. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 3. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

3. GDO aşağıdaki alanlardan hangisiyle en çok ilişkilidir? (Nominal)

A) Moleküler Biyoloji

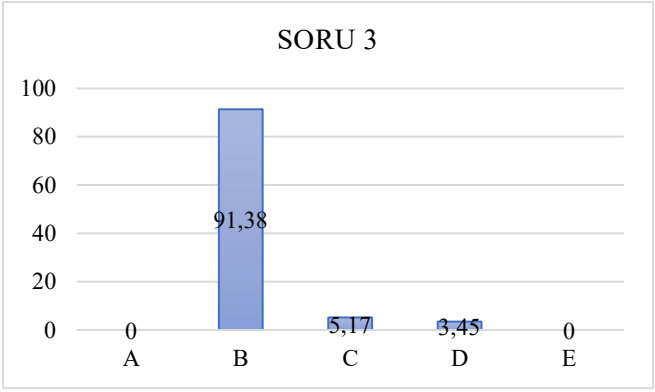
B) Genetik Mühendisliği

C) Mikrobiyoloji

D) Biyokimya

E) Hücre Biyolojisi

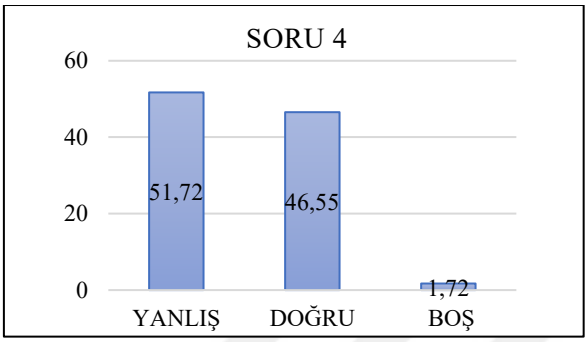
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 3. sorusuna öğretmen adaylarının %91,38'i (N=53) doğru cevap verirken %8,62'si (N=5) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 6. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 3. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Öğretmen adaylarının %91'inin doğru seçenek olan "genetik mühendisliği" cevabını işaretlediği görülmüştür. Öğretmen adaylarının GDO konusunu genetik mühendisliği disipliniyle ilişkilendirme düzeylerinin oldukça yüksek olması, biyoteknolojinin güncel ve toplumsal boyutu olan uygulamalarının öğrenciler tarafından daha kolay kavrandığını ve

bilimsel temellere dayalı olarak yorumlanabildiğini göstermektedir. Bu durum, biyoteknoloji okuryazarlığının geliştirilmesinde, somut ve güncel örnekler üzerinden ilerleyen öğretim yaklaşımlarının etkili olduğunu destekleyen bir bulgu niteliğindedir.



Şekil 7. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 4. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

4. "Rekombinant DNA moleküllerinin uygun bir konak hücreye sokularak orada çoğaltılması işlemine verilen addır." tanımı hangi kavrama aittir? (Nominal)

A) Transgenik Organizma

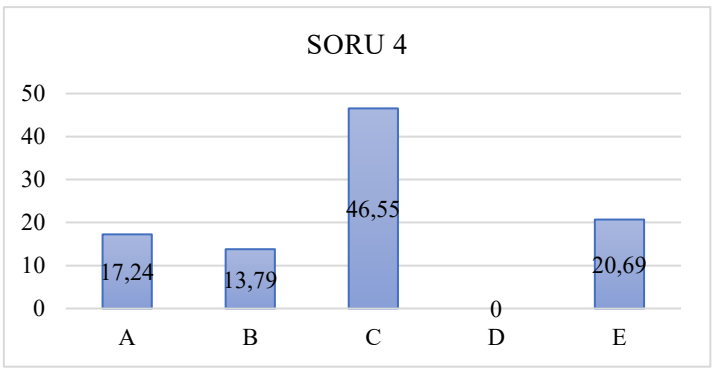
B) Genetiği Değiştirilmiş Organizma

C) Gen Klonlama

D) Fermantasyon

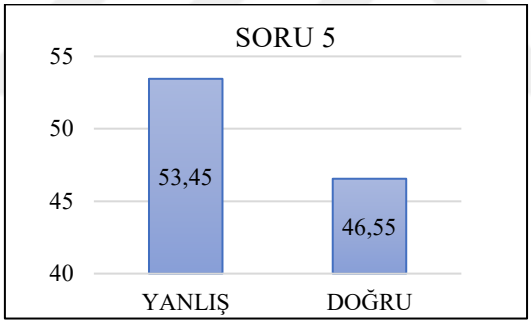
E) Rekombinant Gen

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 4. sorusuna öğretmen adaylarının %46,55'i (N=27) doğru cevap verirken %51,72'si (N=22) yanlış cevap vermiş, 1 kişi ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 8. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 4. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Öğretmen adaylarının %46'sı doğru seçenek olan "gen klonlama" cevabını işaretlerken %20'si "rekombinant gen", %17'si "transgenik organizma", %13'ü ise "genetiği değiştirilmiş organizma" seçeneğini tercih etmiştir. Bu dağılım, öğretmen adaylarının genetik mühendisliği ile ilişkili temel kavramlar arasında kavramsal ayrımı yapmakta zorlandıklarını göstermektedir. Özellikle "rekombinant gen", "transgenik organizma" ve "GDO" gibi benzer içerikli ancak farklı kapsam ve kullanım alanlarına sahip kavramların birbirine karıştırıldığı gözlemlenmiştir. Öğretmen adaylarının yarısından fazlasının doğru cevabı verememiş olması, "gen klonlama" kavramının hem tanım hem de uygulama konusunda yeterince anlaşılmadığını ortaya koymaktadır. Bu sonuç, öğretmen adaylarının biyoteknolojiye ilişkin kavramları yüzeysel düzeyde tanıyor olabileceklerini, bu kavramları tanımlarla eşleştirme ve ayırt etme konularında güçlük yaşadıklarını düşündürmektedir. Bu bağlamda, öğrenme süreçlerinde kavramlar arası ilişkilerin görsel materyaller ve uygulama örnekleriyle desteklenerek pekiştirilmesi, öğretmen adaylarının kavramları anlamlandırma düzeyini artırmaya katkı sağlayabilir.



Şekil 9. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 5. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

5. "Endüstriyel uygulamalarda kullanma amacıyla genetiği değiştirilmiş organizmaların belirli kimyasal işlemleri yürütmek üzere kullanılması" tanımı hangi bilim dalına aittir? (Nominal)

A) Biyoteknoloji

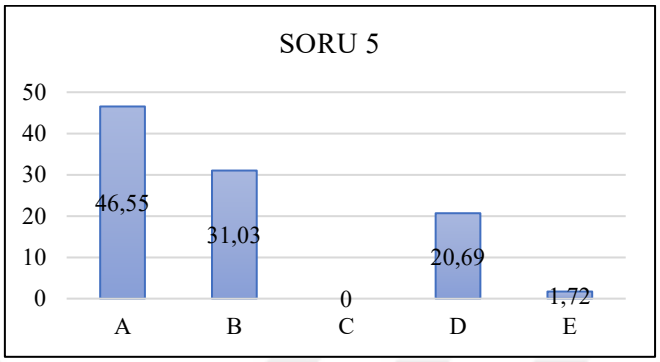
B) Biyokimya

C) Moleküler Biyoloji

D) Genetik Mühendisliği

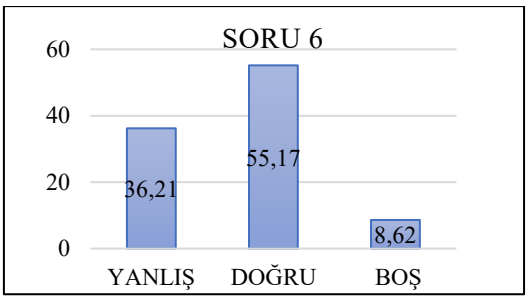
E) Mikrobiyoloji

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 5. sorusuna öğretmen adaylarının %46,55'i (N=27) doğru cevap verirken %53,45'i (N=32) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 10. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 5. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Doğru cevap olan "biyoteknoloji" seçeneği katılımcıların %46'sı tarafından doğru olarak işaretlenmiştir. Diğer yandan %31'i "biyokimya", %20'si ise "genetik mühendisliği" cevabını vermiştir. Bu dağılım, öğretmen adaylarının biyoteknolojinin temel tanımlarını ve uygulama alanlarını tam olarak kavrayamadıklarına işaret etmektedir. Özellikle biyoteknoloji ile yakından ilişkili ancak ondan farklı olan biyokimya, genetik mühendisliği gibi disiplinlerin karıştırılması, katılımcıların biyoteknolojik süreçlerin disiplinler arası doğasını kavramada güçlük yaşadığını göstermektedir. Biyoteknolojinin yalnızca genetik müdahale değil, aynı zamanda endüstriyel üretim süreçlerini de kapsayan çok boyutlu bir bilimsel alan olduğunu ayırt etmekte zorlanıldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 11. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 6. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

6. Aşağıdaki tanımlardan hangisi DNA parmak izini ifade eder? (Nominal)

A) Bir DNA parçasının izole edilmesi ve replike olabileceği bir vektörün içine sokulması.

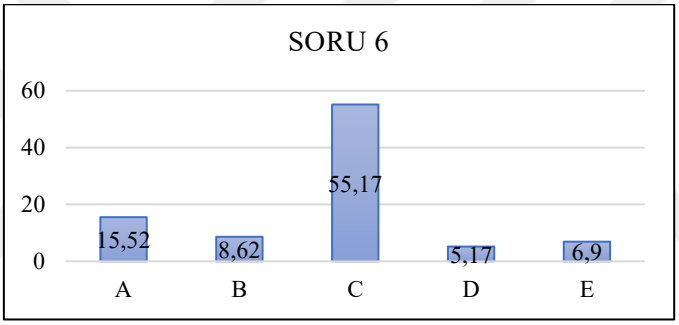
B) Fonksiyonunu yapamayan bir genin neden olduğu bir hastalığın, bu genin normal fonksiyona sahip bir kopyasının kullanılması ile tedavi edilmesi.

C) Genetik mühendisliği tekniklerini kullanarak bir doku örneğindeki DNA'nın kökenini belirleme.

D) Kendine eklenen klonlanmış DNA'yı kararlı bir şekilde barındıran bitki ve hayvan.

E) Belirlenmesi kolay bir ürün kodladığı için bir vektör içine dahil edilen bir gen.

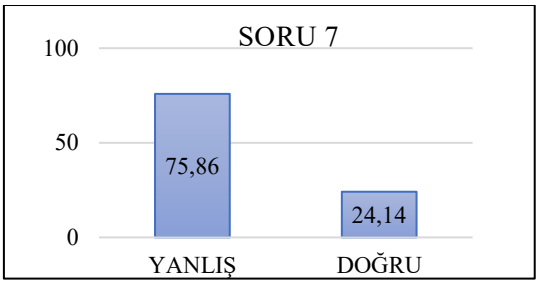
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 6. sorusuna öğretmen adaylarının %55,17'si (N=32) doğru cevap verirken %36,21'i (N=21) yanlış cevap vermiş, %8,62'si (N=5) ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 12. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 6. Soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Cevaplar incelendiğinde, doğru seçenek olan "Genetik mühendisliği tekniklerini kullanarak bir doku örneğindeki DNA'nın kökenini belirleme" (C) cevabı, öğretmen adaylarının %55'i tarafından doğru olarak işaretlenmiştir. Kalan katılımcıların %15'i A seçeneğini, %8'i B seçeneğini tercih etmiş; %8'i ise soruyu boş bırakmıştır. Bu sonuçlar, DNA parmak izi kavramının öğretmen adayları tarafından kısmen doğru bir şekilde kavrandığını, ancak yarıya yakın bir grubun kavramsal karmaşa yaşadığını göstermektedir. Özellikle A ve B seçeneklerinin tercih edilmesi, adayların DNA parmak izi kavramını, gen klonlama ya da gen tedavisi gibi diğer genetik uygulamalarla karıştırma eğiliminde olduklarını ortaya koymaktadır. Bu durum, genetik teknolojiye ilişkin temel kavramların tanımsal düzeyde benzerlik göstermesi nedeniyle, öğretmen adaylarının bu kavramları yorumlama ve ayırt etme becerilerinde sınırlılıklar bulunduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, sorunun %8 oranında boş bırakılması, bazı öğrencilerin tereddüt yaşadığını ve konuya ilişkin özgüven eksikliği ya da bilgi yetersizliği içinde olduklarını da ortaya koymaktadır. Bu bulgular

doğrultusunda, öğretim sürecinde genetik teknolojilere ilişkin benzer içerikli kavramların karşılaştırmalı olarak ele alınması, tanımların yalnızca ezber düzeyinde değil, uygulama senaryoları ve günlük yaşam örnekleriyle desteklenmesi önem arz etmektedir.



Şekil 13. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 7. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

7. Aşağıda verilen biyoteknolojik gelişmelerden hangisi daha önce gerçekleşmiştir? (Çok boyutlu)

A) İnsan genleri haritası

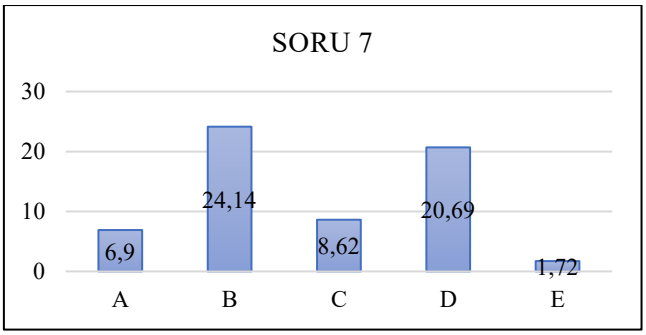
B) Genetik parmak izi

C) İnsan genom projesi

D) Genetik mühendisliği ile geliştirilmiş domates

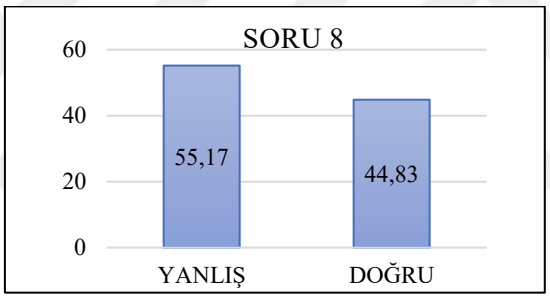
E) Başarıyla klonlanan ilk memeli Dolly

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 7. sorusuna öğretmen adaylarının %24,14'ü (N=14) doğru cevap verirken %75,86'sı (N=44) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 14. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 7. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Öğretmen adaylarının yalnızca %24'ü doğru cevap olan "genetik parmak izi" seçeneğini işaretlemiştir. Kalan katılımcıların %39'u "başarıyla klonlanan ilk memeli Dolly", %20'si ise "genetik mühendisliği ile geliştirilmiş domates" seçeneğini tercih etmiştir. Bu dağılım, öğretmen adaylarının biyoteknolojik gelişmeleri zaman sırasına göre değerlendirme konusunda yetersiz kaldıklarını, özellikle genetik parmak izi gibi daha erken tarihli teknolojik uygulamaların son dönem gelişmelerle karıştırıldığını ortaya koymaktadır. Genetik parmak izi, 1984 yılında Alec Jeffreys tarafından geliştirilmiş olup, listelenen gelişmeler arasında en erken tarihli olanıdır. Ancak katılımcıların önemli bir kısmı, 1996 yılında klonlanan Dolly'yi veya 1994'te geliştirilen genetiği değiştirilmiş domatesi daha erken gelişmeler olarak algılamıştır. Bu durum, biyoteknoloji tarihine ilişkin bilgilerin yüzeysel düzeyde kaldığını ve öğretmen adaylarının bilimsel gelişmeleri kronolojik olarak değerlendirmekte güçlük çektiklerini göstermektedir.



Şekil 15. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 8. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

8. Genetik yapısı değiştirilen koli basili (e. coli) bakterisi, şekeri, mazota çok yakın bir yakıta dönüştürdü. Bu işlemin kapsamı büyütülebilirse, sentetik yakıtın fosil yakıt enerjisine alternatif olabileceği düşünülüyor. Sonuçları 'Proceedings of the National Academy of Sciences' dergisinde yayınlanan araştırmayı yürüten ekipte yer alan Prof. John Love, "Biyoyakıtlar gibi ikame yakıtlar yerine, yedek bir fosil yakıt geliştirdik. Amaç; araba üreticilerinin, tüketicilerin ve akaryakıt bayilerinin değişikliği fark etmemesidir" yorumunu yaptı. Yukarıdaki haberde geçen "genetik yapısı değiştirilen koli basili bakterisi" ile anlatılmak istenen nedir? (Fonksiyonel)

A) Bakterinin kalıtsal materyalini değiştirme

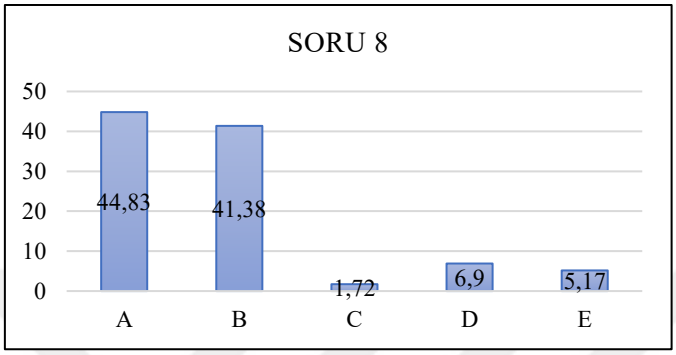
B) Bakterinin hücre mekanizmasını değiştirme

C) Bakterinin toplam protein sayısını değiştirme

D) Bakterinin çoğalma hızını değiştirme

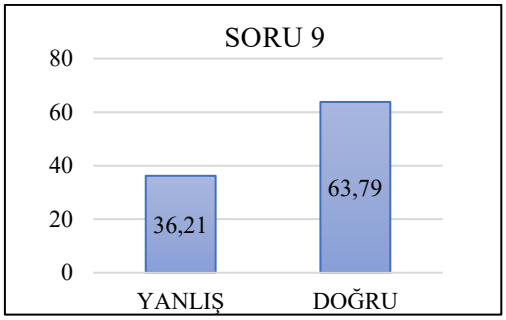
E) Bakterinin kromozomlarını değiştirme

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, fonksiyonel boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 8. sorusuna öğretmen adaylarının %44,83'ü (N=26) doğru cevap verirken %55,17 'si (N=32) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 16. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 8. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Doğru cevap olan "bakterinin kalıtsal materyalini değiştirme" seçeneği, öğretmen adaylarının %44'ü tarafından doğru olarak işaretlenmiştir. Öte yandan, %41'lik bir oranla "bakterinin hücre mekanizmasını değiştirme" seçeneği tercih edilmiştir. Genetik mühendisliği uygulamalarında, organizmaların DNA düzeyinde yapılan değişiklikler, "genetik yapının değiştirilmesi" olarak tanımlanır. Buna karşın, "hücre mekanizmasının değiştirilmesi" ifadesi daha genel, belirsiz ve çoğunlukla doğrudan genetik müdahaleyi yansıtmayan bir tanımdır. Bu soruda kullanılan haber metni bilgiyi gerçek yaşamla ilişkilendirme becerilerini ölçme açısından önemlidir. Ancak bulgular, öğretmen adaylarının bilgiyi yeni duruma transfer etme konusunda sınırlı başarı gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuç biyoteknolojiye dair kavram öğretiminde yalnızca tanımların değil, bu tanımların uygulamalı senaryolarla pekiştirilerek öğrenilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 17. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 9. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

9. Bilim insanları, laboratuvar ortamında gerçeğinden farksız olarak çalışan böbrek geliştirmeyi başardı. Fare hücrelerinden geliştirilen böbrek, canlı bir hayvana başarıyla nakledildi. Elde edilen başarı, uzun dönemde böbrek yetmezliği çeken insanlara kendi dokularına uyumlu organ geliştirilmesini sağlayabilir. Yukarıda geçen haberde belirtilen böbrek geliştirme süreci aşağıdaki biyoteknolojik uygulamalardan hangisine örnektir? (Fonksiyonel)

A) Fermantasyon

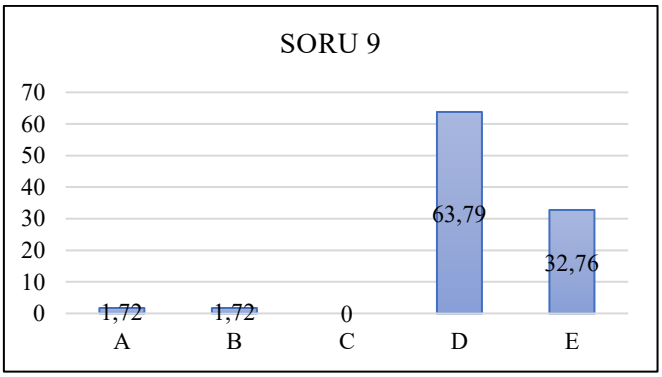
B) GDO

C) DNA parmak izi

D) Kök Hücre

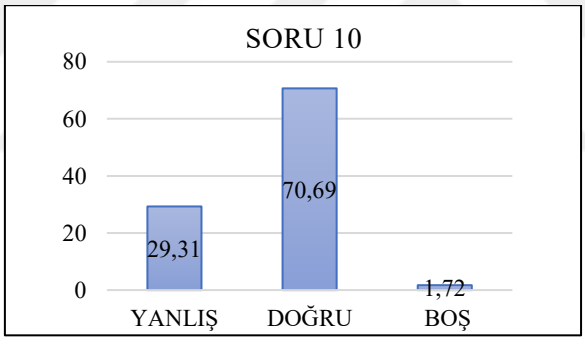
E) Transgenik organizma

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, fonksiyonel boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 9. sorusuna öğretmen adaylarının %63,79'u (N=37) doğru cevap verirken %36,21'si (N=21) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 18. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 9. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Doğru cevap olan “kök hücre” seçeneği, öğretmen adaylarının %63’ü tarafından doğru olarak işaretlenmiştir. Buna karşılık, %32’si “transgenik organizma” seçeneğini tercih etmiş, “DNA parmak izi” seçeneği ise hiçbir katılımcı tarafından işaretlenmemiştir. Bu bulgular, katılımcıların büyük çoğunluğunun kök hücre teknolojisinin rejeneratif tıp, doku mühendisliği ve organ yenileme gibi biyoteknolojik uygulamalarla olan ilişkisini genel hatlarıyla doğru bir biçimde kavrayabildiklerini göstermektedir. Bu durum, kök hücre kavramının öğretmen adayları tarafından hem teorik hem de işlevsel düzeyde anlamlandırıldığını göstermesi açısından olumlu bir sonuçtur. Öte yandan, katılımcıların yaklaşık üçte biri “transgenik organizma” seçeneğini tercih etmiştir. Transgenik organizma, türler arası gen aktarımı içeren bir süreçtir; oysa verilen örnekte söz konusu olan, organizmaya ait hücrelerden kök hücre yoluyla organ geliştirme sürecidir. Bu karışıklık, öğretmen adaylarının bazı biyoteknoloji kavramlarını benzerlikleri üzerinden genelleştirme eğiliminde olduklarını ortaya koymaktadır.



Şekil 19. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 10. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

10. Bilim insanları, vahşi doğada en son 1979’da görülen ve 1983’te nesli yok olduğu kabul edilen midede üreyen kurbağanın (*Rheobatrachus*), yeniden hayata dönmesi adına önemli bir adım attı. Nesli tükenen canlılara ait örnekleri 30 yıl boyunca donmuş halde saklayan Avustralyalı kurbağa araştırmacısı Mike Tyler, tarihi deney için gereken DNA’yı sağlayan kişi oldu. New South Wales Üniversitesi’nden paleontolog Michael Archer, yumurtalarını gelişme safhasında karnında taşıyan kurbağanın DNA’sını kullanarak yeni embriyolar geliştirmeyi başardı. Yukarıda verilen haberde “kurbağanın DNA’sını kullanarak yeni embriyolar geliştirme” ile anlatılmak istenen biyoteknolojik uygulama hangisidir? (Fonksiyonel)

A) Fermantasyon

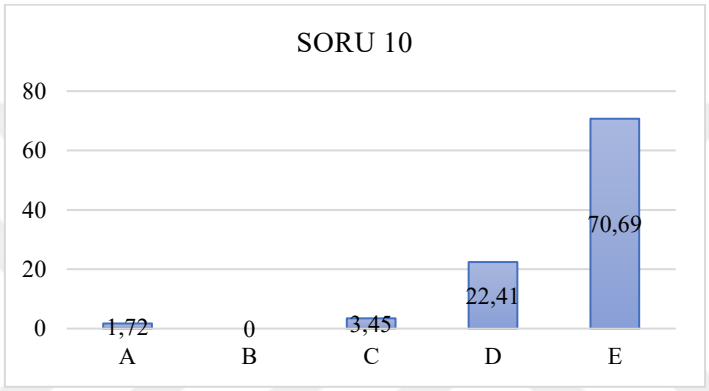
B) GDO

C) DNA parmak izi

D) Kök Hücre

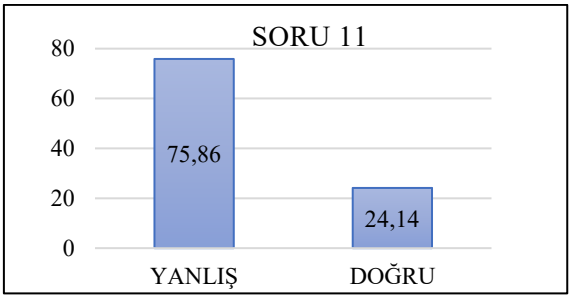
E) Klonlama

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, fonksiyonel boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 10. sorusuna öğretmen adaylarının %70,69'u (N=41) doğru cevap verirken %29,31'si (N=16) yanlış cevap vermiş, 1 öğretmen adayı ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 20. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 10. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Doğru cevap olan "klonlama" seçeneği, öğretmen adaylarının %70'i tarafından doğru olarak işaretlenmiştir. Bununla birlikte, %22'si "kök hücre" seçeneğini tercih etmiştir. Bu dağılım, katılımcıların önemli bir çoğunluğunun klonlama teknolojisinin temel mantığını, yani bir organizmaya ait genetik materyalin kullanılarak aynı genetik yapıya sahip yeni bireyler oluşturulması sürecini doğru şekilde kavradıklarını göstermektedir. Ancak kök hücre seçeneğinin %22 oranında tercih edilmiş olması, bazı katılımcıların rejeneratif tıp ve klonlama kavramlarını karıştırdıklarını göstermektedir. Kök hücre teknolojisi, genetik materyalden bağımsız olarak hücrelerin farklılaşma potansiyelini kullanarak yeni dokular oluşturmayı hedeflerken; soruda belirtilen, donmuş DNA'dan aynı türde yeni bireylerin geliştirilmesi, klonlamayı tanımlayan tipik bir örnektir. Bu kavramsal karışıklık, biyoteknolojik uygulamalar arasındaki sınırların bazı öğretmen adayları tarafından yeterince net anlaşılmadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 21. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 11. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

11. Biyoteknolojik çalışmalarda virüsler hangi uygulamalarla ilişkili olarak kullanılmaktadır? (Nominal)

A) Fermantasyon

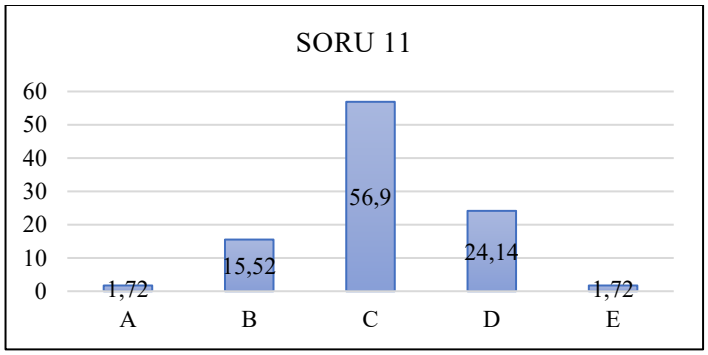
B) Tanı kitleri

C) İlaç üretimi (antibiyotik, aşı)

D)Gen transferi

E) Atık suların arıtımı

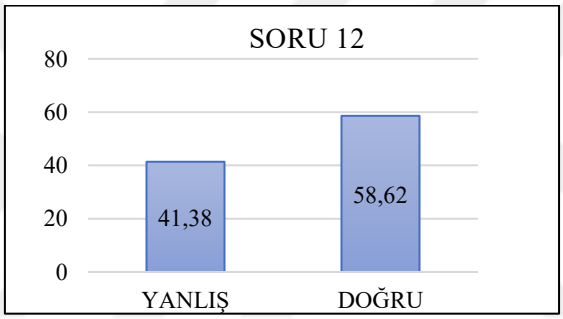
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 11. sorusuna öğretmen adaylarının %24,14'u (N=14) doğru cevap verirken %75,86'si (N=44) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 22. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 11. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Sorunun doğru cevabı olan "gen transferi" seçeneği, öğretmen adaylarının yalnızca %24'ü tarafından doğru olarak işaretlenmiştir. Buna karşılık, %56'sı "ilaç üretimi (antibiyotik, aşı)", %15'i ise "tanı kitleri" seçeneğini tercih etmiştir. Bu dağılım, katılımcıların önemli bir kısmının virüslerin biyoteknoloji içerisindeki aktif rolünü doğru tanımlamakta zorlandığını

ortaya koymaktadır. Virüsler, özellikle genetik mühendisliği ve gen terapisi uygulamalarında genetik materyalin bir organizmadan diğerine aktarılmasında vektör olarak görev yaparlar. Bu, virüslerin biyoteknolojik çalışmalardaki en temel işlevlerinden biridir. Ancak öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun "aşı üretimi" gibi daha çok virüslerin hedef ya da ürün olarak kullanıldığı süreçleri tercih etmesi, biyoteknolojik etken ile biyoteknolojik ürün kavramlarının karıştırıldığını göstermektedir. Antibiyotik üretiminde ise virüslerin doğrudan bir rolü bulunmamaktadır. Ayrıca "tanı kitleri" cevabının %15 oranında tercih edilmesi de benzer bir kavramsal belirsizliğe işaret etmektedir. Virüsler tanı kitlerinde tespit edilmek istenen biyolojik varlıklardır. Bu bulgular, öğretmen adaylarının virüslerin biyoteknolojideki rolünü anlamada sınırlı olduklarını göstermektedir.



Şekil 23. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 12. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

12. DNA'yı oluşturan nükleotit dizisinin RNA polimeraz enzimi tarafından bir RNA dizisi olarak kopyalanması sürecine ne denir? (Nominal)

A) Transkripsiyon

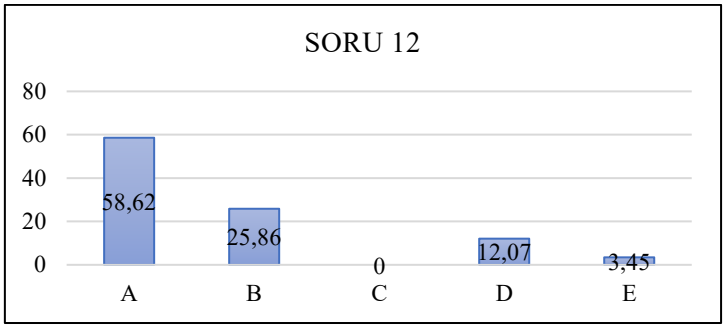
B) Translasyon

C) Transformasyon

D) Replikasyon

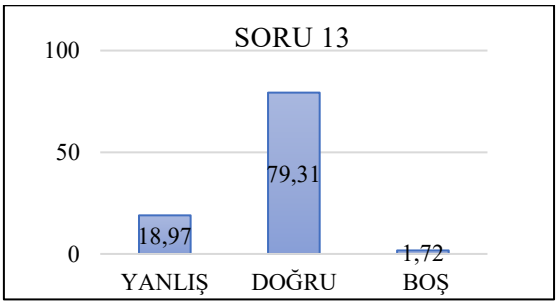
E) Transdüksiyon

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 12. sorusuna öğretmen adaylarının %58,62'si (N=34) doğru cevap verirken %41,38'i (N=24) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 24. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 12. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Öğretmen adaylarına yöneltilen ve temel moleküler biyoloji bilgisini ölçmeyi amaçlayan soruda öğretmen adaylarının %58'i doğru cevap olan "transkripsiyon" seçeneğini işaretlemiştir. Yanlış cevap verenler arasında %25 oranında "translasyon" seçeneği tercih edilmiş, "transformasyon" seçeneği ise hiç işaretlenmemiştir. Bu bulgular, öğretmen adaylarının önemli bir bölümünün genetik bilgi akışı süreçlerinden olan transkripsiyon kavramını tanıma ve doğru anlamda kullanma becerisine sahip olduğunu göstermektedir. Ancak, yaklaşık dörtte bir oranında katılımcının "translasyon" seçeneğini tercih etmesi, bazı adayların DNA → RNA → protein süreç zincirinin kavramlarını karıştırdığını ortaya koymaktadır. Transkripsiyon, DNA üzerindeki genetik bilginin RNA'ya kopyalanması sürecidir ve bu işlem RNA polimeraz enzimi aracılığıyla gerçekleştirilir. Buna karşılık translasyon, oluşan mRNA'daki bilginin ribozomda amino asit dizisine çevrilmesi yani protein sentezi sürecidir. Bu kavramların birbirine karıştırılması, bazı öğretmen adaylarının moleküler süreçlerin sırasını tam anlamıyla öğrenemediklerini ortaya koymaktadır. Transformasyon ve transdüksiyon seçeneklerinin düşük tercih edilmesi ya da hiç işaretlenmemesi, bu kavramlara dair belirli düzeyde bir ayrımın yapılabildiğini göstermektedir.



Şekil 25. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 13. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

13. Bilim insanları yaptıkları çalışmalar sonucunda GDO (genetiği değiştirilmiş organizma)'nun insan sağlığına zararlı olduğu sonucuna varmışlar ve bugün Fen ve Teknoloji kitaplarında GDO'nun insan sağlığına zararlarının tartışıldığı bilgisi yer almaktadır. Sizce bu bilgiler gelecekte değişebilir mi? (Çok boyutlu)

A) Bu bilimsel bir bilgidir ve ispatlanmış gerçek olduğu için hiçbir zaman gelişmez.

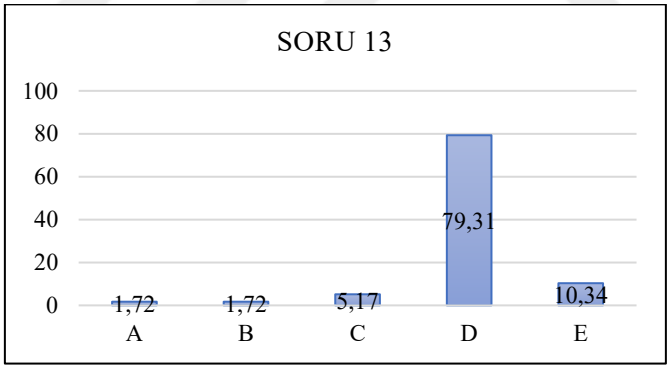
B) Bilim insanları birçok deney yaparak bu bilgilere ulaşmışlardır, bu nedenle bu bilgi her zaman doğrudur, değişmez.

C) Bilimsel bilgi değişir gibi görünür ama aslında değişmez; çünkü eski bilgiye yeni bilgiler eklenir, eski bilgiler aynen kalır.

D) Eski bilgiler yeni buluşların ışığında yeniden yorumlanır; dolayısıyla hiçbir bilgi kalıcı değildir.

E) Yeni bilgiler eski bilginin yerini alır.

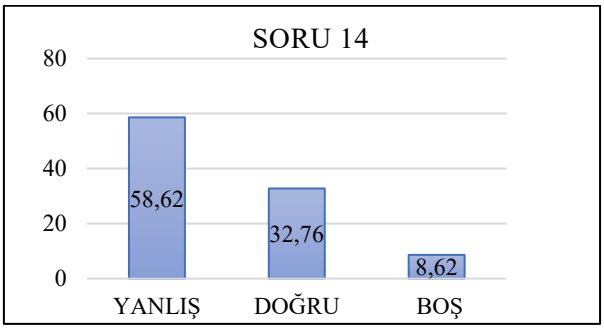
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 13. sorusuna öğretmen adaylarının %79,31'i (N=46) doğru cevap verirken %18,97'i (N=11) yanlış cevap vermiş bir öğretmen adayı ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 26. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 13. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Öğretmen adaylarına yöneltilen ve bilimsel bilginin doğasına ilişkin farkındalıklarını ölçmeyi amaçlayan bu çok boyutlu soruda, öğretmen adaylarının %79'u, doğru cevap olan "Eski bilgiler yeni buluşların ışığında yeniden yorumlanır; dolayısıyla hiçbir bilgi kalıcı değildir." seçeneğini işaretlemiştir. Bu bulgu, katılımcıların büyük çoğunluğunun bilimsel bilginin dinamik, değişebilir ve yeniden değerlendirilebilir bir yapı olduğunu kabul ettiklerini göstermektedir. Bu yüksek doğru cevap oranı, öğretmen adaylarının bilimsel

bilginin geçici ve gözleme dayalı olarak sürekli sorgulandığı, geliştirildiği yönündeki çağdaş bilim anlayışını büyük ölçüde benimsediklerini göstermektedir.



Şekil 27. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 14. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

14. Sirke sineğinin genlerini değiştirerek ömürlerini uzatmayı başaran biyoteknolog kimdir? (Çok boyutlu)

A. Dolly Patron

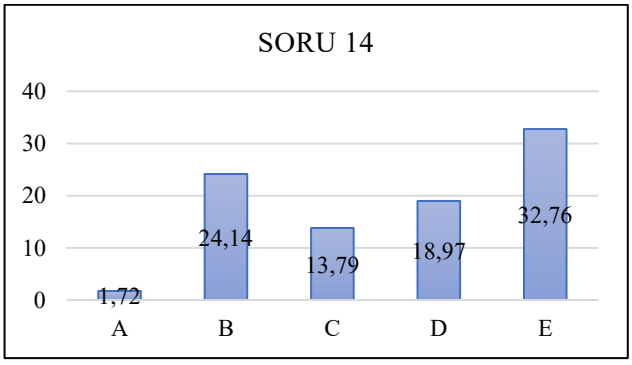
B. Ian Wilmut

C. Neal First

D. Steen Willadsen

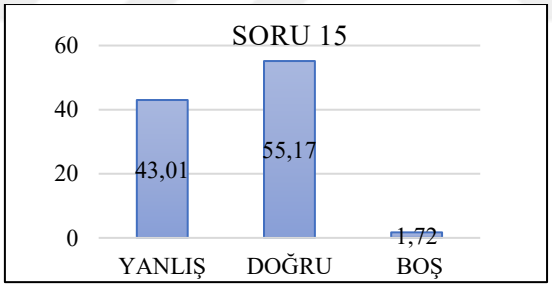
E. Walter Gehring

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 14. sorusuna öğretmen adaylarının %32,76'sı (N=19) doğru cevap verirken %58,62 'si (N=34) yanlış cevap vermiş, %8,62'si (N=5) ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 28. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 14. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Öğretmen adaylarına yöneltilen ve biyoteknolojik gelişmelerin tarihçesi ile bu alandaki öncü bilim insanlarını tanımaya yönelik olan soruda doğru cevap olan "Walter Gehring" seçeneği öğretmen adaylarının yalnızca %32'si tarafından doğru olarak işaretlenmiştir. Ayrıca, %8 oranında katılımcı soruyu boş bırakırken, en çok yanlış işaretlenen seçenek ise %24 oranıyla "Ian Wilmut" (B) olmuştur. Bu bulgular, öğretmen adaylarının biyoteknoloji alanındaki bilim insanlarının çalışmalarıyla ilgili bilgi düzeylerinin sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. Walter Gehring, sirke sinekleri (Drosophila) üzerine yaptığı çalışmalarla tanınan, homeotik genler ve genetik kontrol mekanizmaları üzerine öncülük etmiş bir bilim insanıdır. Buna karşın, katılımcıların önemli bir kısmının Ian Wilmut gibi daha çok bilinen bir ismi (Dolly adlı klonlanmış koyunla ilişkilendirilen bilim insanı) tercih etmeleri, biyoteknolojik başarılarla ilgili kişiler ve olaylar arasında kavramsal bağ kurmakta zorlandıklarını göstermektedir. Bu bağlamda, öğretim programlarında biyoteknoloji konularının sadece teknik süreçlerle değil, tarihsel gelişmeler, bilim insanlarının rolleri ve biyoteknolojinin bilimsel temelleriyle ele alınması; öğretmen adaylarının bilimsel gelişmeleri bir bütün olarak anlayabilmelerine katkı sağlayacaktır.



Şekil 29. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 15. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

15. İki arkadaş konuşurken Ayşe Elif'e: "Ali'nin ailesinde kalıtsal bir hastalık olduğu için doğacak olan kardeşinin de Ali gibi hasta olacak olmasına çok üzülüyorum" diyor. Elif'te ona "Boşuna telaşlanma doğmadan hasta olacağını anlayamazsın. Bunun kesin olduğunu nereden biliyorsun, ispatla o zaman." diyor. Elif'in kanıt talep etmesinde, herhangi bir yanlış durum var mıdır? Varsa bu durum nedir? (Çok boyutlu)

A) Herhangi bir yanlış durum yoktur, böyle bir iddia, somut güçlü bir bilimsel kanıt gerektirir.

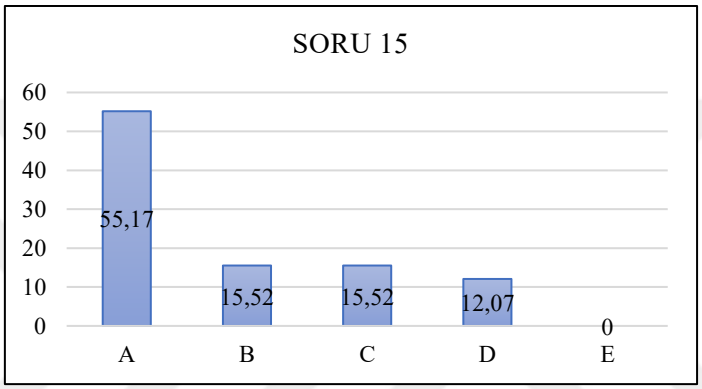
B) Herhangi bir ispat gerekmemelidir çünkü çok sınırlı kanıtlarla, genel bir durumu ispat etmek mümkün değildir

C) Herhangi bir ispat gerekmez çünkü daha önce de birçok insan böyle durumlarla karşılaşmıştır.

D) Bu tip iddialar asılsızdır, kanıt gerektirmez.

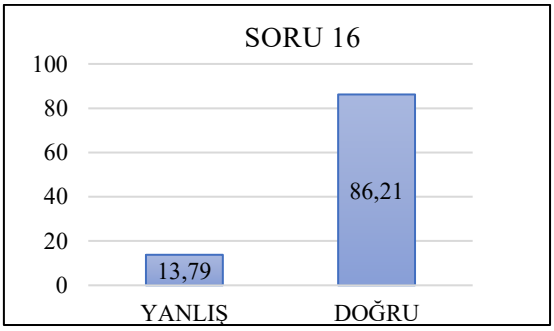
E) Bu tip iddialar için, kanıt imkânsızdır ve bu sebeple talep edilmemelidir.

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 15. sorusuna öğretmen adaylarının %55,17'si (N=32) doğru cevap verirken %'43.01' i (N=25) yanlış cevap vermiş, 1 öğretmen adayı ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 30. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 15. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Bu çok boyutlu soruda, öğretmen adaylarına bilimsel iddiaların geçerliliği ve kanıt temelli düşünme becerisi çerçevesinde bir durum senaryosu sunulmuştur. Öğretmen adaylarının %55'i, doğru cevap olan "A) Herhangi bir yanlış durum yoktur, böyle bir iddia somut güçlü bir bilimsel kanıt gerektirir." seçeneğini tercih etmiştir. Kalan katılımcılar ise B, C ve D seçeneklerini yakın oranlarda işaretlemiş, E seçeneği ise hiç tercih edilmemiştir. Bu dağılım, öğretmen adaylarının yarısından fazlasının bilimsel bilgi üretiminde kanıtın rolünü ve her iddianın gerekçelendirilmesi gerektiği anlayışını doğru biçimde kavradıklarını göstermektedir. Özellikle, genetik geçiş ve kalıtsal hastalıklar gibi bireysel öngörülerin bilimsel veriye dayandırılması gerektiğini ifade eden "A" seçeneğinin tercih edilmesi, adayların eleştirel düşünme, sorgulama ve kanıta dayalı akıl yürütme becerilerine sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Ancak, kalan %45'lik grubun "kanıt gerekmez" ya da "kanıt imkânsızdır" gibi seçeneklere yönelmesi, adayların bir kısmının bilimsel düşünmenin temel ilkeleri konusunda kavramsal eksikliklere sahip olabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, biyoloji eğitimi programlarında bilimsel düşünme, eleştirel sorgulama ve gerekçelendirme temelli öğretim yaklaşımlarına daha fazla yer verilmesi gerektiği söylenebilir.



Şekil 31. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 16. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

16. Bir bilim insanı, soğukta domates üretimini sağlamak istemektedir. Bunun için kutuplarda yaşayan bir tür balıktan gen almayı düşünmektedir. Hipotezi, kutuplarda yaşayan bir tür balıktan gen alınıp domatese aktarılırsa soğukta domates yetiştirilebileceğidir. Bilim insanı bu hipotezi nasıl sınar? (Prosedürel)

A) Farklı türlerden gen alarak domatesin yaprağının soğukta gelişimini gözlemler.

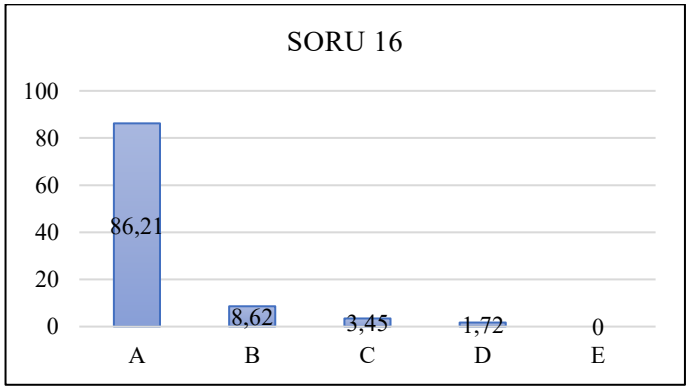
B) Her sulamadan bir gün sonra domates bitkisinin boyunu ölçer.

C) Farklı alanlardaki bitkilere verilen su miktarını ölçer.

D) Her alana ektiği tohum sayısına bakar.

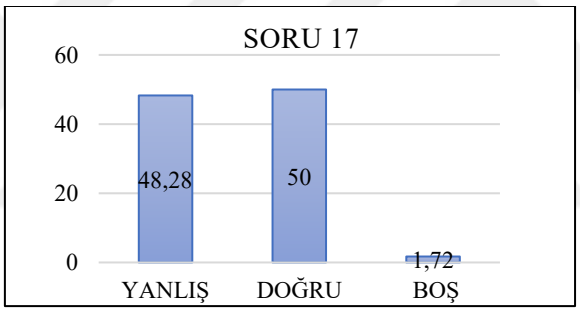
E) Her gün domatese farklı miktarlarda su verir.

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, prosedürel boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 16. sorusuna öğretmen adaylarının %86,21'i (N=50) doğru cevap verirken %'13,79' i (N=8) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 32. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 16. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

Öğretmen adaylarına yöneltilen ve bilimsel yöntemin işleyişine ilişkin prosedürel bilgilerini değerlendirmeyi amaçlayan bu soruda öğretmen adaylarının %86'sı, doğru cevap olan "Farklı türlerden gen alarak domatesin yaprağının soğukta gelişimini gözlemler." seçeneğini tercih etmiştir. Bu yüksek doğru cevap oranı, öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun hipotez test etmeye yönelik deneysel süreçleri tanıma ve uygulama konusunda yeterli düzeyde bilgiye sahip olduklarını göstermektedir. Doğru seçenek, hipotez test etmenin temel ilkelerine uygun olarak bağımsız değişkenin (balık geni) uygulanması ve bağımlı değişkenin (soğukta domatesin gelişimi) gözlemlenmesi esasına dayanmaktadır. Bulgular değerlendirildiğinde, öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun bilimsel hipotezleri test etmeye yönelik deneysel stratejileri doğru anlayıp yorumlayabildiği, ancak bir grup adayın deneysel kontrol ve değişken tanımlamaları konusunda hedef dışı düşünme eğiliminde olduğu söylenebilir.



Şekil 33. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 17. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

17. Bir biyoteknolog bir tütün bitkisinde ateş böceği genlerinin işlev görüp görmeyeceğini merak etmektedir. Ateş böceğindeki ışık saçmadan sorumlu geni alıp biyoteknolojik yollarla tütün bitkisine aktardıktan sonra benzer gelişim evresinde olan bir tütün bitkisiyle aynı ortamda büyütmüştür. Böyle bir uygulamanın başlangıcında biyoteknoloğun yapılandırdığı hipotez aşağıdakilerden hangisidir? (Prosedürel)

A) Gen aktarılan tütün bitkisi ışık saçacaktır.

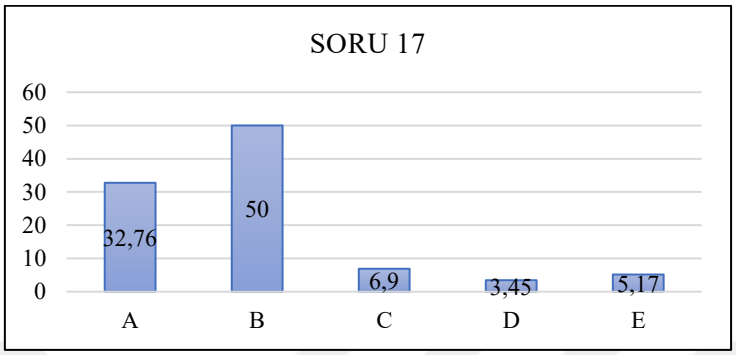
B) Gen aktarılan bitki ve aktarılamayan bitki arasında ışık saçma açısından farklılık olacaktır.

C) Her iki bitkinin de gelişimi yavaşlayacaktır.

D) İki bitkide de farklılık gözlenmeyecektir.

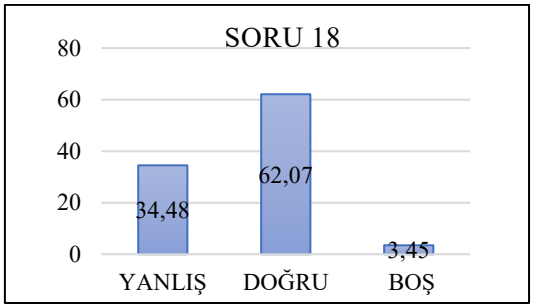
E) Gen aktarılan tütün bitkisinin yaprakları sararacaktır.

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, prosedürel boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 17. sorusuna öğretmen adaylarının %50'si (N=29) doğru cevap verirken %48,28'i (N=28) yanlış cevap vermiş, 1 öğretmen adayı ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 34. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 17. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerileri ve hipotez oluşturma düzeylerini değerlendirmeye yönelik olarak hazırlanan bu prosedürel bilgi sorusunda, katılımcıların %50'si doğru cevap olan "Gen aktarılan bitki ve aktarılmayan bitki arasında ışık saçma açısından farklılık olacaktır." seçeneğini işaretlemiştir. %32 oranında katılımcı ise "Gen aktarılan tütün bitkisi ışık saçacaktır." cevabını tercih etmiştir. Hipotez; test edilebilir, ölçülebilir ve bağımsız/bağımlı değişkenler arasında bir ilişki öne süren önermedir. Doğru seçenek olan B şıkkı, bilimsel bir hipotezin temel özelliği olan karşılaştırmaya dayalı, sınanabilir ve değişkenler arasında ilişki kurmaya yönelik bir önerme içermektedir. Bu, hipotezin bağımlı değişken (ışık saçma durumu) ile bağımsız değişken (gen aktarımı) arasındaki ilişkiyi ortaya koymaya dönük olarak yapılandırıldığını göstermektedir. Katılımcıların yarısının bu seçeneği doğru biçimde tercih etmesi, bilimsel hipotez oluşturma kriterlerini belirli ölçüde kavradığını göstermektedir. Öte yandan, "A" şıkkını tercih eden %32'lik grup, daha çok tahmin ya da doğrudan sonuç bildirimi içeren ifadeyi hipotez olarak değerlendirmiştir. A seçeneği deneyin olası sonucunu ifade etmekle birlikte, karşılaştırmalı ve sınanabilir bir yapıda olmadığı için bilimsel hipotez tanımına uygun değildir. Deneysel kontrol grubuyla ilişkili bir karşılık içermemektedir. Diğer seçeneklerin (C, D, E) düşük oranlarda tercih edilmesi, öğretmen adaylarının çoğunluğunun, sorunun bağlamına uygun olmayan ifadeleri ayırt edebildiğini göstermektedir.



Şekil 35. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 18. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

18.

1. Her yıl soğuğa daha dayanıklı bitkilerin tohumlarını seçerek kullandığımızda giderek bu özelliği gelişmiş bir nesil elde ederiz.

2. Bir bakteriye insan insülini geni aktarıldığında ticari olarak çok fazla sayıda insülin üretebiliriz.

3. Böceklere karşı dirençli bir bitkinin geni mısıra aktarılarak böceğe karşı dirençli mısır elde edebiliriz.

4. Atık sulardaki petrol ürünleriyle etkileşen bakterilerin bu ortamlara ekilmesiyle atık temizleme işlemi yapılabilir.

Yukarıdakilerden hangisi bir biyoteknoloğun kurabileceği hipotezlerdendir? (Çok boyutlu)

A) Yalnız I

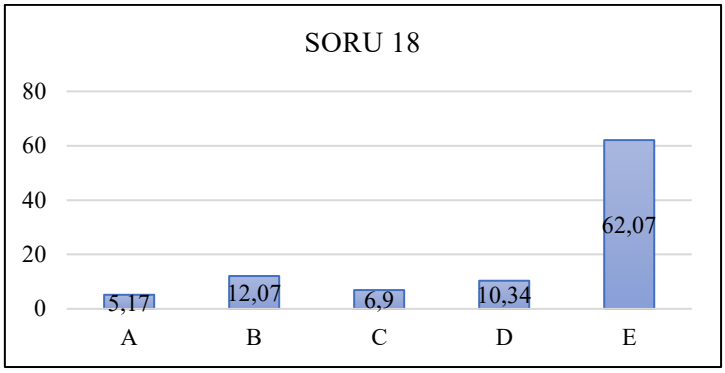
B) II ve III

C) II ve IV

D) I, II, IV

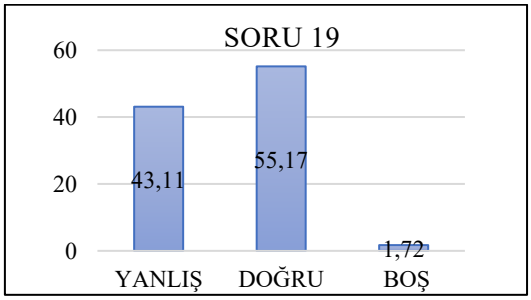
E) II, III, IV

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 18. sorusuna öğretmen adaylarının %62,07'si (N=36 kişi) doğru cevap verirken %34,48'i (N=20) yanlış cevap vermiş, %3,45'i (N=2) ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 36. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 18. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Bu çok boyutlu soru, öğretmen adaylarının bilimsel hipotez kurma becerilerini ve biyoteknolojik uygulamalara dair örnekleri hipotez bağlamında değerlendirme yeterliklerini ölçmeye yöneliktir. Doğru cevap olan "E) II, III, IV" seçeneği, öğretmen adaylarının %62'si tarafından doğru olarak işaretlenmiştir. Bu oran, öğretmen adaylarının önemli bir kısmının hipotezin temel özellikleri olan test edilebilirlik, gözlemlenebilirlik, deneysel olarak sınanabilirlik kriterlerini ayırt edebildiğini göstermektedir. II, III ve IV. maddelerde, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi nedensel ve test edilebilir biçimde ifade edilmiştir. Bu yönüyle, bilimsel bir hipotezde olması gereken yapısal özellikleri taşımaktadırlar. Buna karşılık, I. madde belirli bir deneysel değişkenin belirli bir sonuç üzerindeki etkisini test etmeye dönük sınanabilir bir önerme olmadığından, hipotez olarak değerlendirilmesi uygun değildir. Bu nedenle A, D gibi I. maddeyi içeren seçenekleri işaretleyen katılımcıların, hipotez ile gözlem veya bilimsel açıklama arasındaki farkı yeterince ayırt edemedikleri söylenebilir. Bu bağlamda biyoloji eğitimi programlarında, bu tür metin-yorum temelli analizlere ve hipotez yazımı uygulamalarına yer verilmesi, öğretmen adaylarının bilimsel araştırma temelli düşünme becerilerini geliştirmelerine katkı sağlayacaktır.



Şekil 37. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 19. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

19. Çabuk yaprak dökmeyen bir ağacın yaprak dökmemeden sorumlu genlerinin çabuk yaprak döken bir bitkiye aktarılması sonucu daha uzun süre yapraklarını koruyan bir bitki elde etmek isteniyor. Bu amaçla kontrol ve deney grupları tasarlanmış ve yapılan deneyler sonucunda kontrol grubundaki bitkinin yapraklar deney grubundaki gen aktarılan bitkinin yapraklarından 1,5 hafta önce dökülmüştür. Bu deneysel araştırmadaki bağımlı değişken aşağıdakilerden hangisidir? (Prosedürel)

A) Yaprak döküp dökmeme durumu

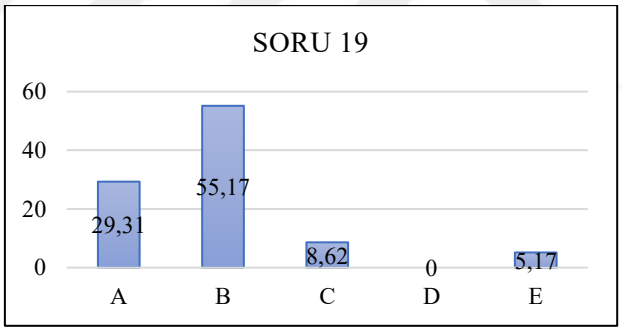
B) Yaprağını dökmeme süresi

C) Aktarılan gen sayısı

D) Dökülmeyen yaprak büyüklüğü

E) Bitki türlerinin farklılığı

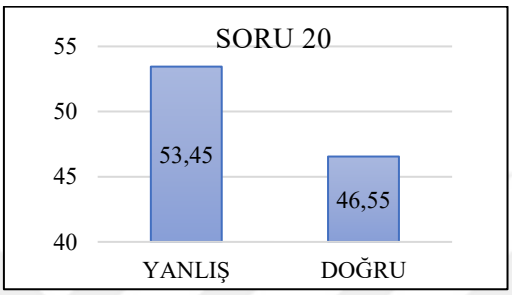
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, prosedürel boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 19. sorusuna öğretmen adaylarının %55,17'si (N=32) doğru cevap verirken %43,11'i (N=25) yanlış cevap vermiş, 1 öğretmen adayı ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 38. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 19. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Bu soruda öğretmen adaylarının bilimsel bir deney tasarımında bağımlı değişkeni doğru bir şekilde tanıyıp tanıyamadıkları ölçülmek istenmiştir. Doğru cevap olan "yaprağını dökmeme süresi" seçeneği, öğretmen adaylarının %55'i tarafından işaretlenmiştir. Buna karşın %29'u "yaprak döküp dökmeme durumu" şıkkını tercih etmiştir. Katılımcıların yaklaşık yarısının deneydeki ölçülen değişkenin nicel ve süreye bağlı bir özellik olduğunu kavradığını göstermektedir. Deneyin amacı, gen aktarımıyla yaprak dökme sürecinde bir değişim olup olmadığını belirlemektir. Burada bağımlı değişken, yani ölçülen ve gözlenen etki, bitkinin yaprağını ne kadar süreyle tutabildiğidir. "A" seçeneğini (%29) tercih eden adaylar, deneysel süreci daha nitel bir yaklaşımla değerlendirmiş ve sonucu sadece "döküldü/dökülmedi" gibi

ikili bir durum üzerinden düşünmüşlerdir. Diğer seçeneklerin (C, D, E) daha düşük oranlarda tercih edilmiş olması, katılımcıların büyük ölçüde konu dışı ya da doğrudan ilişkisiz değişkenleri eleyebildiklerini göstermekte, bu da sorunun genel olarak anlaşıldığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, öğretmen adaylarının yarıdan fazlasının bağımlı değişkeni deneysel bağlamda doğru biçimde tanımlayabildiğini, ancak önemli bir kısmının hâlâ deneysel değişkenleri ayırt etme ve tanıma konusunda karışıklık yaşadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 39. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 20. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

20. İnsan genetik yapısının incelenmesi sonucunda bazı genlerin suça eğilimi artırdığı düşünülmektedir. Bir biyoteknolog genleri farelere aktararak farelerin davranışlarındaki değişimleri izlemiş ve suça eğilime neden olan genleri tespit etmiştir. Bu bilimsel araştırma sürecindeki bağımlı değişken nedir? Prosedürel

A) İnsanlarda yer alan genler

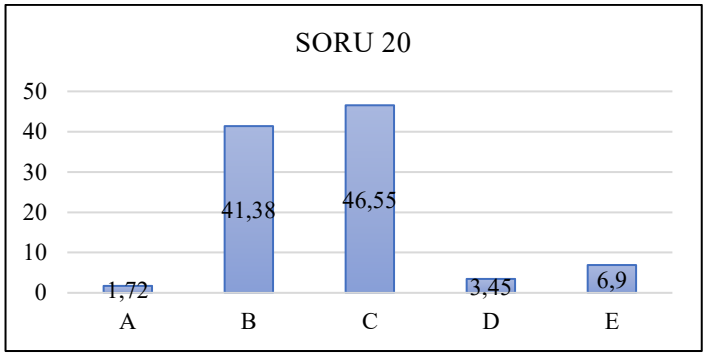
B) Suça eğilime neden olan genler

C) Farelerin davranışları

D) Farede yer alan genler

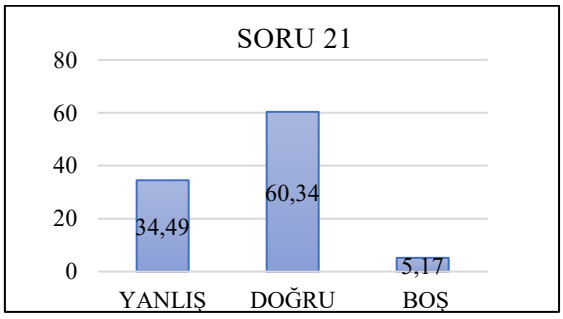
E) Farelere aktarılan genler

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, prosedürel boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 20. sorusuna öğretmen adaylarının %46,55'si (N=27) doğru cevap verirken %53,45'i (N=31) yanlış cevap vermiştir.



Şekil 40. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 20. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Bu soruda öğretmen adaylarından, verilen bilimsel araştırma senaryosundaki bağımlı değişkeni belirlemeleri beklenmiştir. Doğru cevap olan "farelerin davranışları" seçeneği, katılımcıların %46'sı tarafından işaretlenmiştir. Buna karşılık, %41'lik bir grup "suça eğilime neden olan genler" cevabını tercih etmiştir. Bu dağılım, öğretmen adaylarının önemli bir bölümünün deneysel değişkenleri ayırt etmede kavramsal karışıklık yaşadığını göstermektedir. Bağımlı değişken, deneyde ölçülen ve gözlenen değişkendir, yani bağımsız değişkene bağlı olarak değişen sonuç niteliğindedir. Gen aktarımı müdahalesinin ardından farelerin davranışlarında bir farklılık olup olmadığını gözlemlemek, araştırmanın esas amacıdır. Dolayısıyla, "farelerin davranışları" bağımlı değişken olarak tanımlanmalıdır. Öte yandan, "suça eğilime neden olan genler" (B şıkkı), bağımsız değişken niteliği taşımaktadır. Bu sonuçlar, öğretmen adaylarının yaklaşık yarısının bağımlı değişkeni doğru biçimde belirleyebildiğini, ancak benzer orandaki diğer bir grubun neden–sonuç ilişkisi içinde bağımsız değişkeni bağımlı değişken olarak değerlendirdiğini göstermektedir. Bu durum, biyoloji eğitimi süreçlerinde deney tasarımında değişken tanımlama, değişken türlerini ayırt etme ilkelerine odaklanan öğretim uygulamalarının artırılması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 41. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 21. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

21. Bir biyoteknolog yapay bir rahim oluşturularak prematüre bebeklerin yaşayıp gelişecekleri bir ortam hazırlanır hipotezini kurdu. Hipotezini sınamak için yapay bir rahim oluşturarak gebelik süresi ortalama 20 hafta olan bir keçi yavrusunu 17. haftada anne keçinin rahminden aldı. Bu yavruyu hazırladığı yapay rahme koyarak 3 haftada gelişmesini tamamladı. Biyoteknolog bu süreçte hangi bilimsel süreci kullanılmaktadır? Prosedürel

A) Grupları karşılaştırarak sonuca ulaşmıştır.

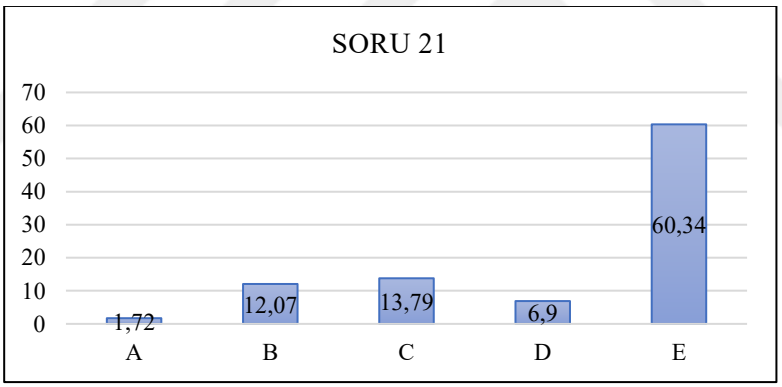
B) İki değişken arasındaki ilişkiyi gözlemlemiştir.

C) Gözlem yaparak sonuca ulaşmıştır.

D) Betimleme yaparak sonuca ulaşmıştır.

E) Deneysel bir yöntemle sonuca ulaşmıştır.

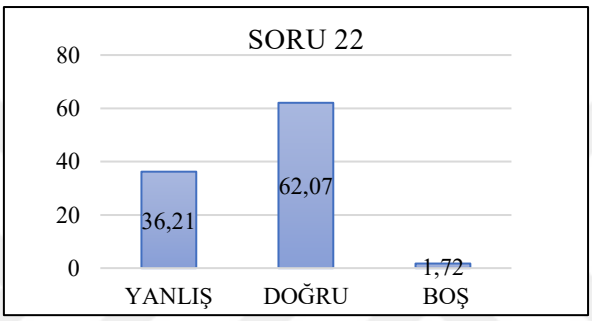
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, prosedürel boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 21. sorusuna öğretmen adaylarının %60,34'si (N=35) doğru cevap verirken %34,49'u (N=20) yanlış cevap vermiş, %5,17'si (N=3) ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 42. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 21. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Bu soruda öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerileri kapsamında bir araştırma senaryosunu değerlendirerek, kullanılan yöntemin niteliğini tanımlamaları beklenmiştir. Yapay rahim geliştirme süreci üzerinden oluşturulan senaryo, deneysel bir araştırma yaklaşımını yansıtmaktadır. Katılımcıların %60'ı doğru cevap olan "E) Deneysel bir yöntemle sonuca ulaşmıştır" seçeneğini işaretlemiştir. Bu oran, öğretmen adaylarının çoğunluğunun deneysel araştırmanın temel niteliklerini ayırt edebildiğini göstermektedir. Dikkat çekici bir diğer bulgu, öğretmen adaylarının yaklaşık %25'lik bir kısmının "B) İki değişken arasındaki ilişkiyi gözlemleme" ve "C) Gözlem yaparak sonuca ulaşma" gibi daha pasif araştırma yöntemlerini tercih etmiş olmasıdır. Deneysel yöntemler aktif müdahale ve

neden-sonuç ilişkisi kurma amacı taşırken, gözlemsel yöntemlerde doğrudan bir müdahale yapılmadan sadece var olan durumlar izlenir. Bu tercihler, bazı öğretmen adaylarının deneysel yöntem ile gözlemsel yöntemler arasındaki temel farkları tam olarak kavrayamadıklarını göstermektedir. Bazı katılımcıların soruyu boş bırakması da bu senaryonun bazı öğretmen adayları için belirsizlik yarattığını düşündürmektedir. Bu bulgular, öğretim sürecinde özellikle senaryo temelli durumlarda deneysel değişkenleri ayırt etme ve bilimsel süreci doğru kavrama becerilerinin gelişmesi için daha fazla uygulamalı ve tartışmaya dayalı öğretim etkinliklerine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.



Şekil 43. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 22. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

22. Penicilin'i keşfeden biyoteknolog kimdir? (Çok boyutlu)

A) Francis Crick

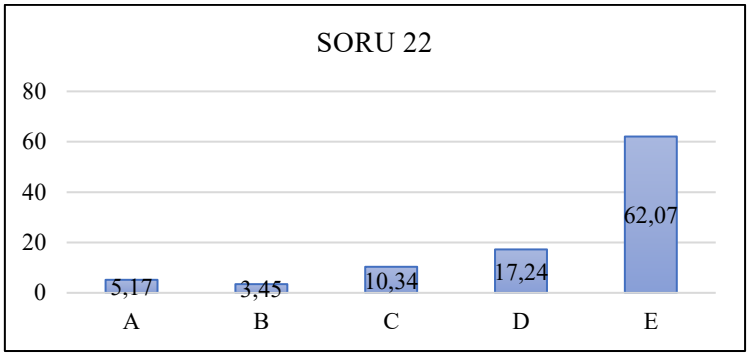
B) Gregor Mendel

C) James Watson

D) Chaim Weizmann

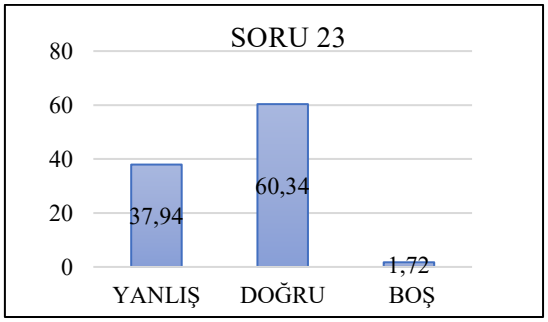
E) Alexander Fleming

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 22. sorusuna öğretmen adaylarının %62.07'si (N=36) doğru cevap verirken %36,21'i (N=21) yanlış cevap vermiş, 1 öğretmen adayı ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 44. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 22. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Bu çok boyutlu bilgi sorusu, öğretmen adaylarının biyoteknoloji tarihi ve bilim insanlarının katkılarına ilişkin bilgi düzeylerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Sorunun doğru cevabı "E) Alexander Fleming" olup, katılımcıların %62'si bu seçeneği doğru olarak işaretlemiştir. Alexander Fleming, 1928 yılında *Penicillium notatum* adlı küf mantarından elde ettiği madde ile ilk antibiyotik olan penisilini keşfetmiş ve bu buluş modern tıpta antibiyotik tedavisinin başlangıcı olmuştur. Dolayısıyla, bu buluş biyoteknolojinin ilaç geliştirme ve mikrobiyoloji temelli uygulama alanlarında çığır açıcı bir etkiye sahiptir. Ancak cevapların %38'lik kısmının yanlış seçeneklere yönelmiş olması, bazı öğretmen adaylarının biyoteknolojik kavramlarla tarihsel figürleri eşleştirme konusunda karışıklık yaşadığını göstermektedir. Bu bulgu, öğretmen adaylarının yarısından fazlasının biyoteknolojinin tarihsel gelişimi ve temel buluşlarına ilişkin farkındalığa sahip olduklarını, ancak bazı adaylarda biyografik bilgiler ile bilimsel katkıların eşleştirilmesi konusunda eksiklikler bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, biyoloji eğitimi programlarında biyoteknoloji tarihinin ve öncü bilim insanlarının çalışmalarının daha bütüncül olarak sunulmasının önemini ortaya koymaktadır. Öğretmen adaylarının yalnızca güncel uygulamalarla değil, aynı zamanda tarihi bilimsel gelişmelerle bütünleşmiş biçimde bilgi edinmeleri, kavramların derinlemesine anlaşılması açısından kritik öneme sahiptir.



Şekil 45. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 23. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

23. Biyoteknologlar böbrek yetmezliği hastalarının tedavisinde kullanılan eritroproteinin sentezlenmesini sağlayan bir mikroorganizma geliştirmişlerdir. Bu süreçte kullanılan biyoteknolojik işlem hangisidir? (Prosedürel)

A) Fermantasyon

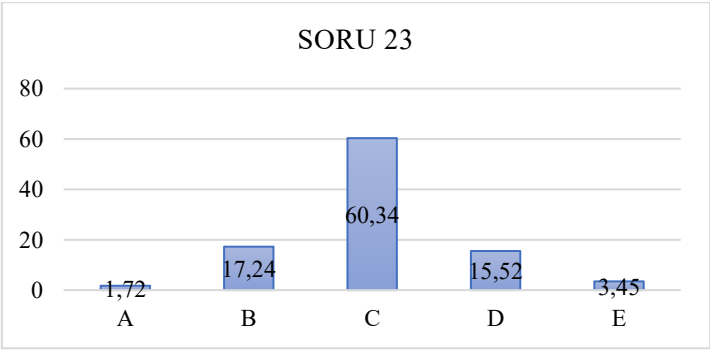
B) Gen Klonlama

C) Rekombinant DNA

D) İlaç üretimi

E) Arıtma

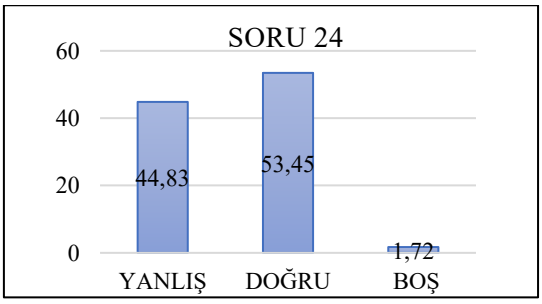
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, prosedürel boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 23. sorusuna öğretmen adaylarının %60,34'si (N=35) doğru cevap verirken %37,94'i (N=22) yanlış cevap vermiş, 1 öğretmen adayı ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 46. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 23. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Bu prosedürel soru, öğretmen adaylarının biyoteknolojik süreçlerin sınıflandırılması ve uygun teknolojik uygulama ile eşleştirilmesi becerilerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Doğru cevap "C) Rekombinant DNA" teknolojisidir ve katılımcıların %60'ı bu seçeneği doğru

olarak işaretlemiştir. Rekombinant DNA teknolojisi, bir organizmanın DNA'sına başka bir organizmadan genetik materyal eklenmesini sağlayan temel biyoteknolojik yöntemlerden biridir. Eritroprotein'in sentezlenmesini sağlayan gen, genellikle bir bakteri ya da maya hücresi gibi hızlı üreyen bir mikroorganizmaya aktarılır. Bu şekilde, insan proteini olan EPO rekombinant yollarla üretilmiş olur. Öğretmen adaylarının %60'lık bir kısmının bu süreci doğru bir biçimde tanımlayabilmesi, temel biyoteknolojik kavramları işlevsel düzeyde tanıma konusunda orta düzeyde bir yeterliliğe işaret etmektedir. Bununla birlikte, %17 oranında "B) Gen Klonlama" ve %15 oranında "D) İlaç üretimi" seçeneklerinin tercih edilmesi, bazı adayların biyoteknolojik süreçler arasındaki ilişkileri karıştırdığını göstermektedir. Gen klonlama, rekombinant DNA sürecinin bir alt aşaması olmakla birlikte, bu senaryodaki temel işlem bir proteini ürettirme amacıyla genetik materyalin başka bir canlıya aktarılmasıdır. "İlaç üretimi" ise sonuçtur, süreç değil; bu nedenle prosedürel düzeyde doğru cevap olarak değerlendirilemez. Bu bulgular, öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun rekombinant DNA teknolojisini uygulama yönünden tanımlayabildiğini, ancak önemli bir kısmının hâlâ biyoteknolojik süreçleri (gen klonlama, rekombinasyon, ürün sentezi vb.) birbirinden ayırmada kavramsal düzeyde zorlandığını göstermektedir.



Şekil 47. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 24. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

24. Biyoteknologlar, kelebek larvalarına dirençli domates, tütün ve pamuk gibi bitkiler elde etmişlerdir. Bu ürünler hangi biyoteknolojik işlemle elde edilmiştir? (Prosedürel)

A) Fermantasyon

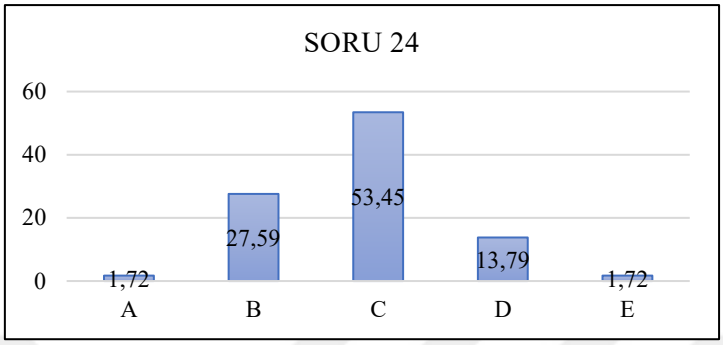
B) Gen Klonlama

C) Rekombinant DNA

D) İlaç üretimi

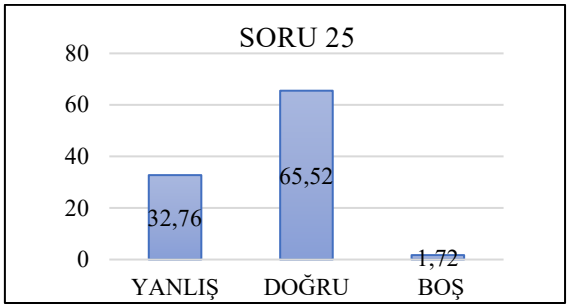
E) Arıtma

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 24. sorusuna öğretmen adaylarının %53,45'i (N=31) doğru cevap verirken %44,83'ü (N=26) yanlış cevap vermiş, 1 öğretmen adayı ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 48. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 24. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Bu soruda öğretmen adaylarından, biyoteknolojik yollarla böceklere dirençli bitkilerin geliştirilmesi sürecinde kullanılan teknolojik yöntemi tanımlamaları beklenmiştir. Doğru cevap olan "C) Rekombinant DNA", öğretmen adaylarının %53'ü tarafından doğru olarak işaretlenmiştir. Bu teknoloji, Bt geni (*Bacillus thuringiensis*) gibi böceklere karşı toksin üreten bir genin, hedef bitki genomuna aktarılmasıyla gerçekleştirilir. Böylece bitki doğal olarak haşerelere karşı dirençli hale gelir. Bu durum, rekombinant DNA teknolojisinin tarımsal biyoteknolojideki en tipik uygulamalarından biri olarak literatürde yaygın biçimde tanımlanmaktadır. Katılımcıların %27'sinin "B) Gen klonlama" seçeneğine yönelmesi, bazı öğretmen adaylarının biyoteknolojik alt kavramları birbirine karıştırdığını göstermektedir. Gen klonlama, genellikle bir genin kopyalanarak çoğaltılması sürecini ifade ederken; bu senaryoda olduğu gibi, genin başka bir canlıya aktarılması ve orada işlev kazanması rekombinant DNA teknolojisinin temel özelliğidir. Bu bağlamda, biyoloji eğitimi sürecinde, öğretmen adaylarının biyoteknolojik kavramlar arasında ayrım yapabilme, teknik süreçleri doğru şekilde eşleştirme ve özellikle rekombinant DNA–gen klonlama ayrımını yapabilme becerilerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir.



Şekil 49. Biyoteknoloji okuryazarlık testi 25. sorusunu doğru ve yanlış cevaplayanların yüzdesi

25. Aktif çamur mikroorganizmaları aşağıdaki biyoteknolojik işlemlerin hangisinde kullanılmaktadır? (Prosedürel)

A) Fermantasyon

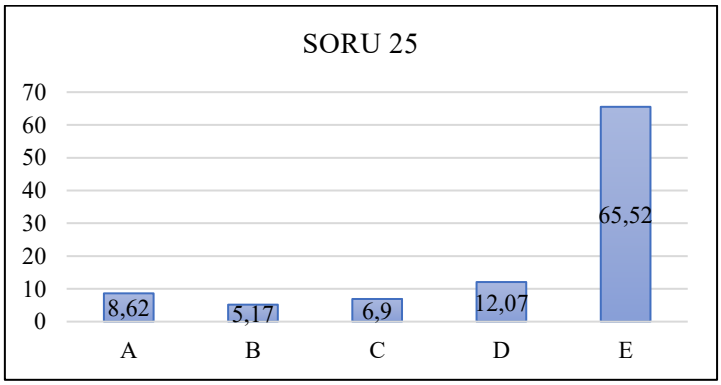
B) Gen Klonlama

C) Rekombinant DNA

D) İlaç üretimi

E) Arıtma

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 25. sorusuna öğretmen adaylarının %65,52'si (N=38) doğru cevap verirken %32,76'i (N=21) yanlış cevap vermiş, 1 öğretmen adayı ise soruyu boş bırakmıştır.



Şekil 50. Biyoteknoloji okuryazarlık testinde 25. soruya seçeneklere göre cevap verenlerin yüzdesi

Bu soruda öğretmen adaylarından, aktif çamur mikroorganizmalarının kullanıldığı biyoteknolojik işlemi tanımlamaları beklenmiştir. Doğru cevap, "E) Arıtma" seçeneğidir ve katılımcıların %65'i bu cevabı doğru biçimde işaretlemiştir. Aktif çamur, atık su arıtma

sistemlerinde kullanılan, içinde yoğun miktarda mikroorganizma barındıran biyolojik bir yığın olup, bu mikroorganizmalar organik maddeleri ayrıştırarak suyu biyolojik olarak temizler. Bu süreç, biyoteknolojinin çevresel uygulama alanları arasında yer alır ve özellikle atık su arıtımında mikrobiyal temelli biyolojik arıtım tekniklerinin en yaygın biçimlerinden biridir. Öğretmen adaylarının çoğunluğunun doğru seçeneği işaretlemiş olması, biyoteknolojinin çevre temelli uygulamaları hakkında temel bir farkındalığa sahip olduklarını göstermektedir. Ancak öğretmen adaylarının yaklaşık %35'lik bir kesimi farklı seçeneklere yönelmiştir. Bu da özellikle bazı adayların ilaç üretimi, fermantasyon ya da genetik mühendisliği gibi biyoteknoloji alanları arasında kavramsal sınırları ayırt etmede güçlük yaşayabildiğine işaret etmektedir. Bu durum, öğretmen adaylarının yalnızca genetik temelli uygulamalara değil, aynı zamanda çevresel biyoteknoloji ve endüstriyel biyoteknoloji gibi uygulama alanlarına da dengeli biçimde maruz kalmaları gerektiğini göstermektedir.

4.2. Araştırmanın Nitel Verilerine Ait Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın beşinci alt problemi doğrultusunda biyoloji öğretmen adaylarının 8 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formuna verdikleri cevaplardan içerik analizi ile kodlar oluşturulmuş, oluşturulan kodlar ortak temalar altında birleştirilerek elde edilen veriler tablo şeklinde sunulmuştur.

Tablo 7

1.Soru: Rekombinant DNA Teknolojisi Nedir? Günlük Hayattaki Uygulamalarına Örnek Verebilir Misiniz? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı

Temalar	Kodlar	Frekans (f)	Yüzde (%)
Bilimsel Doğru Tanım	DNA Parçalarının Kesilip Birleştirilmesi	3	3,8
Eksik Yetersiz Tanım	Yapay DNA	6	7,59
	DNA'yı Konak Hücrede Çoğaltma	4	5,06
	Gen Aktarılması	9	11,39
	DNA Parçalarının Birleştirilmesi	6	7,59
	Protein Üretme	3	3,8
	DNA Değiştirme/Yenileme	3	3,8
Kavram Yanılgısı	Yanlış Tanım	5	6,33
	Canlı Klonlama ile Karıştırma	1	1,27
	GDO ile Karıştırma	1	1,27
Doğru Uygulamalar	İnsülin Hormonu Üretimi	13	16,46
	Dirençli Tarım Ürünleri	3	3,8
	İlaç/Aşı	3	3,8
Yanlış Uygulamalar	Koyun Dolly	3	3,8
Bilgi Eksikliği	Cevaplanmadı	16	20,25

Tablo 7'de sunulan "Rekombinant DNA teknolojisi nedir? Günlük hayattaki uygulamalarına örnek verebilir misiniz?" sorusuna verilen açık uçlu cevapların içerik analizi, öğretmen adaylarının rekombinant DNA teknolojisine ilişkin bilgi düzeylerini ve kavramsal hâkimiyetlerini ortaya koymaya çalışmıştır. Cevaplar tanımın doğruluğu ve günlük yaşam örneği içerip içermediğine göre tematik olarak sınıflandırılmıştır. Araştırmaya katılan 58 öğretmen adayından 3'ü rekombinant DNA teknolojisini "farklı canlılara ait genlerin enzimler yardımıyla birleştirilmesi" şeklinde tanımlamış ve buna uygun örnek vererek günlük yaşam uygulamasıyla pekiştirmiştir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

A50: Bir organizmadan bir gen parçasının restriksiyon enzimleri ile kesilip ardından yerine istenen genin aktarılması ve ligaz enzimleri ile yapıştırılması sürecine rekombinant DNA

teknolojisi denir. Bu teknoloji ile soğuğa karşı dirençli bir organizmadan alınan bir gen bir bitkiye aktarılarak soğuğa dirençli bitkiler elde edilebilir.

31 öğretmen adayı Rekombinant DNA teknolojisi hakkına eksik, yüzeysel veya genel tanımlamalar yapmıştır. Bu öğretmen adayları kavramın bir yönüne hâkimdir ancak tanımı örnekle destekleme ya da uygulamadan yola çıkarak tanım yapma becerileri sınırlıdır.

A3: Bir canlıya başka bir canlıdan alınan DNA parçasının aktarılması. İnsülin üretimi örnektir.

A21: Yeni ve farklı kombinasyondaki genlerden oluşan DNA sentezlenmesi sürecidir.

A37: Faydalı bir genin başka bir canlıya ya da mikroorganizmaya aktarılma süreci. Dirençli tarım ürünleri eldesi örnektir.

A55: Farklı türlerden genlerin birleştirilmesiyle yeni DNA oluşturmadır. Gen tedavisi, aşı örnek verilebilir.

A58: Bakterilerin plazmit DNA'sında daha kolay ve hızlı bir şekilde gen üretimi yapmak. Örneğin bakteriden insülin üretimi.

7 öğretmen adayının cevapları "kavram yanılgısı" olarak değerlendirilmiştir. Bu hataların doğası aşağıdaki alt türlerde ortaya çıkmıştır:

Klonlama ile karıştırma: Rekombinant DNA teknolojisi, birebir kopyalama olarak tanımlanmış ve "Dolly koyunu" örneği verilmiştir.

GDO ile karıştırma: Rekombinant DNA teknolojisi doğrudan GDO ile bağdaştırılmış, süreç tanımı ihmal edilmiştir.

Teknik süreç hataları: DNA'nın tümünün aktarılması gibi gerçek dışı, bilimsel temelden uzak ifadeler yer almıştır.

Bu kavram yanılgıları, sadece bilgi eksikliği değil, aynı zamanda kavramlar arası sınırların belirsizliğine de eksikliğine işaret etmektedir.

16 öğretmen adayı soruya cevap vermemiştir. Bu oran, kavrama dair bilgi eksikliği olduğunun doğrudan göstergesi sayılabilir. Rekombinant DNA teknolojisi, modern biyoteknolojinin temel taşlarından biridir. Ancak bu analiz, öğretmen adaylarının yalnızca %3,8'inin bu kavramı tam anlamıyla doğru tanımlayıp örneklendirebildiğini ortaya koymuştur. Bu sonuç, biyoteknoloji eğitiminin kavramsal derinlikten yoksun kaldığını ve

öğretmen adaylarının biyoteknolojiyi gerçek yaşam uygulamalarıyla tanımlamakta zorlandığını düşündürmektedir.

Tablo 8

2.Soru: Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların (GDO) Avantajlarını ve Dezavantajlarını Nasıl Değerlendirirsiniz? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı

Temalar	Kodlar	Frekans (f)	Yüzde (%)
Avantaj	Verim Artışı	17	13,39
	Bitki Kalitesinde İyileşme	8	6,3
	Ekonomik Avantaj	4	3,15
	Açlıkla Mücadele	4	3,15
	Dirençli/Dayanıklı Bitki	12	9,45
	Hızlı/Kolay Büyüme	10	7,87
	Uzun Raf Ömrü	9	7,09
	Her Mevsim Üretim	2	1,57
	Daha Az Tarım İlacı	1	0,79
Dezavantaj	İnsan Sağlığına Olası Zarar	24	18,9
	Alerjik Reaksiyon	6	4,72
	Çevreye Olumsuz Etki	8	6,3
	Bitkinin Doğal Yapısında Bozulma	10	7,87
	Ekonomik Dezavantaj	1	0,79
	Besin Kalitesinde Düşme	2	1,57
Bilgi Eksikliği	Bitkide İlaç Birikmesi	2	1,57
	Yetersiz Cevap	5	3,94
	Cevaplanmadı	2	1,57

Tablo 8'de sunulan, "Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) avantajlarını ve dezavantajlarını nasıl değerlendirirsiniz?" sorusuna verilen açık uçlu cevapların içerik analizi, öğretmen adaylarının GDO (Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar) kavramına ilişkin avantaj-dezavantaj algılarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bulgular, öğretmen adaylarının GDO konusunda kısmen farkındalık sahibi olduğunu, ancak kavramı dar bir alana indirgediğini göstermektedir. Öğretmen adayları GDO'yu daha çok tarımsal üretimi artıran bir teknoloji olarak algılamış, sağlık, hayvancılık, endüstriyel biyoteknoloji gibi diğer alanlardaki kullanımlara neredeyse hiç değinmemiştir. Bu durum, GDO kavramının tarıma indirgenmiş şekilde kavrandığını, dolayısıyla kavram kapsamı konusunda bir dar görüş ve kavram yanılgısı olduğunu göstermektedir. En sık vurgulanan dezavantaj "sağlık riski"dir.

Ancak bu riskler çoğu zaman kanıta dayalı değil, medyatik kaygılara dayanmaktadır. Sağlık endişelerinin yanında, genetik müdahalenin "doğaya karşı" olduğu fikri de sıkça dile getirilmiştir. Bu ifadeler, bilimsel verilerden ziyade toplumsal algı ve önyargılarla şekillenmiştir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

A5: Besini istediğimiz hale getirebiliriz fakat bu durum onun doğal yapısını bozacağı için sağlığa da zararlı hale gelebilir.

A6: Daha verimli hızlı bir şekilde bitkileri üretebiliriz ama buna karşın o bitkiler doğallığını kaybetmiş ilaç dolu olurlar.

A7: Ürünler daha uzun süre bozulmadan kalır fakat sağlıklı değildir. Uzun süreli kullanımlarda kanser yapma riski vardır.

A12: Ürünlerin daha çok ve hızlı gelişmesini sağlar. Bu sayede besin çoğalır. Dezavantajı sağlığa zararlıdır.

A20: Daha uzun raf süreli, büyük ekonomik ürünler yetiştirilebilir. Fakat insan sağlığına zarar verebilir.

A33: Besin kalitesi yüksek gıdalara erişebiliriz. Bunun yanı sıra alerjik etkileri de olabilir.

A45: Avantajı tarımda verim artırılabilir, dayanıklı türler geliştirilebilir. Dezavantaj, doğal denge bozulabilir.

A55: Avantaj, daha az tarım ilacı kullanmak. Dezavantaj, doğal türler bu şekilde yok olur.

A56: Verim artışı ve hastalıklara direnç sağlar. Ancak biyoçeşitliliğe zarar verir.

9 öğretmen adayında bilgi eksikliği belirtilmesi, GDO gibi önemli bir biyoteknolojik kavramın öğretmen adaylarının bir kısmında yeterince anlaşılmadığını göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A21: Avantajları hakkında pek bilgi sahibi değilim. Dezavantajlarının yoğunlukta olduğunu söyleyebilirim.

A28: Dezavantaj: Tarımsal ürünlerde ilaç birikimi. Avantaj: Bazı ilaçlar ekonomik şekilde üretilir.

A39: Genetiği değiştirilmiş organizmaların avantajı hakkında bir fikrim yok.

Tüm verilen avantaj ve dezavantaj örnekleri yalnızca bitkisel üretim üzerine odaklanmıştır. Hayvansal, endüstriyel, tıbbi GDO örnekleri gibi alanlara hiç değinilmemiştir. GDO, sadece "genetiği değiştirilmiş tarım ürünleri" ile sınırlandırılmamalı; çok disiplinli bir

biyoteknolojik unsur olarak ele alınmalıdır. Bu sınırlı algı, öğretmen adaylarının biyoteknolojinin uygulama alanlarına dair geniş bir farkındalık geliştiremediklerini göstermektedir. Bu içerik analizine göre öğretmen adayları, GDO kavramına ilişkin temel avantaj-dezavantaj değerlendirmelerinde kısmi farkındalık sergilemişlerdir. Değerlendirmeler bilimsel değil, ön yargısal endişelere dayalıdır, sağlıkla ilgili riskler sıkça dile getirilmiş ama somut gerekçelerle desteklenmemiştir.

Tablo 9

3.Soru: Biyoteknoloji ile Yapılan Gen Transferi Gibi Uygulamalar, Doğal Dengeyi Bozabilir Mi? Sizce Bu Konuda Nasıl Önlemler Alınmalı? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı

Temalar	Kodlar	Frekans (f)	Yüzde (%)
Zarar Riskine Yönelik Görüş	Doğal Dengeyi Bozabilir/Önlem Belirtilmiş	29	31,52
	Doğal Dengeyi Bozabilir/Önlem Belirtilmemiş	15	16,3
Zarar Riskini Reddeden Görüş	Doğal Dengeyi Bozmaz	2	2,17
Önlem Önerisi	Yasal Kontrol Mekanizması	10	10,87
	Denetim/Test	7	7,61
	Etik İzin	5	5,43
	Toplumun Bilinçlendirilmesi	1	1,09
	Biyogüvenlik Yasası	1	1,09
	Her Gen Aktarılmamalı	2	2,17
	Uzman Kişilerce Yapılmalı	3	3,26
	Yapılmamalı	2	2,17
	Yaptırım Olmalı	2	2,17
Bilgi Eksikliği	Yetersiz Cevap	7	7,61
	Ata Tohum Korunmalı	2	2,17
	Cevaplanmadı	4	4,35

Tablo 9'da sunulan, "Biyoteknoloji ile yapılan gen transferi gibi uygulamalar, doğal dengeyi bozabilir mi? Sizce bu konuda nasıl önlemler alınmalı?" sorusuna verilen açık uçlu cevapların içerik analizi, öğretmen adaylarının biyoteknolojik uygulamaların çevresel etkilerine yönelik farkındalıklarını ve bu uygulamalara karşı geliştirdikleri çözüm önerilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplara göre

oluşturulan kodlar; risk algısı, önlem önerileri ve bilgi eksikliği olmak üzere üç ana temada toplanmıştır.

Öğretmen adayları çoğunlukla, biyoteknolojik müdahalelerin ekosisteme zarar verebileceğini düşündüklerini açıkça ifade etmiştir. En yaygın vurgulanan olası zararlar arasında; ekolojik dengeye müdahale, türler arası genetik karışım, biyolojik çeşitlilikte azalma gibi ifadeler yer almıştır. Bu riskleri belirten 15 öğretmen adayı herhangi bir önlem ya da çözüm önerisinde bulunmamıştır. Bu durum, bazı öğretmen adaylarının risk farkındalığı taşıdığını fakat çözüm üretme becerilerinde yetersiz kaldığını göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A1: Tabi ki evet sonuçta yapay.

A8: Doğal dengeye müdahale olduğunu düşünüyorum fakat fazla bir bilgiye sahip değilim.

A15: Evet bozulabilir ama bu transfer bir hastalığın iyileşmesinde kullanılacaksa bu bozulmaya tolerans gösterilebilir.

A23: Yapılan her yapay şey doğal dengeyi bozar, teknoloji durmuyor.

A30: Normalde olmayan özellikteki canlılar olacağı için doğal dengeyi bozar.

A39: Bir gen transferinin doğal dengeyi bozabileceğini düşünüyorum nasıl önlem alınması hakkında bir fikrim yok.

A47: Doğal dengeyi bozabilir. Bir türü koruyalım ve verimliliği artıralım derken başka canlıların yaşamını bitirmek dengeyi bozabilir.

2 öğretmen adayı, biyoteknolojik uygulamaların doğal dengeyi bozmayacağına inanmakta ve biyoteknolojiyi zararsız bir uygulama olarak görmektedir. Bu azınlık görüş, teknolojiye karşı daha olumlu bir tutum sergileyen adayların bulunduğunu, ancak bu bakış açısının yaygın olmadığını göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A42: Eğer ölçülü ve gözetim altında yapılırsa doğal dengeyi bozmayacağını düşünürüm. Biyoteknoloji kullanılacaksa bunlar sıkı ölçülü kurallar altında yapılmalıdır.

A54: Hayır bence bozmaz aksine bu gibi çalışmalar hastalıkların teşhisinde tedavisinde kullanılabilir. Gen transferi sırasında yapılan çalışmalarda transfer edilen gen ve organizmaya dikkat edilmelidir. Çalışmalar hassasiyetle yapılmalıdır.

Öğretmen adaylarının yaklaşık yarısı, doğrudan ya da dolaylı olarak biyoteknolojik uygulamalara yönelik çeşitli önlemler sunmuştur. Bu cevaplar, öğretmen adaylarının

yalnızca çevresel farkındalık değil, aynı zamanda etik, hukuki ve bilimsel denetim mekanizmaları konusunda da temel bir farkındalığa sahip olduğunu göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A3: Doğal dengeyi bozabilir. GDO'lar doğaya salınmadan önce uzun süreli testlerden geçirilmelidir.

A9: GDO'lar yerli türlerle rekabete girer. Bazı böcek türleri GDO'dan dolayı zarar görebilir. Önlem: Sıkı denetim ve kontrolü laboratuvar ortamında sağlanmalı izolasyona uyulmalı.

A11: Doğal denge bozulabilir. Uygun şartlar ve kontrollü şekilde yapılmalı.

A20: Doğal denge bozulabilir daha çok önlem ve uzun süreli çalışmalar yapılabilir.

A45: Ekosistem dengesini bozabilir, etik önlemler içerisinde denetlenerek kullanılmalıdır.

A51: Bazı predatör türler veya parazit türlere sebep olur. Ekolojik çeşitliliği tehlikeye atabilir. Kontrollü yapılması ve denetlenmesi bunu engelleyebilir.

A56: Evet bozabilir. Kurallar konulmalı ve sıkı denetimler yapılmalı.

Öğretmen adaylarının bir kısmı ya doğrudan soruya cevap vermemiş ya da konu dışı cevaplar vermiştir. Bu durum, bazı adayların gen transferi ve çevresel risk ilişkisi üzerine yeterli bilimsel bilgiye sahip olmadığını ya da bu bilgileri ifade edemediğini göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A29: Alerji, toksik birikimi gibi etkiler olabilir.

A58: Ata tohum yok olmadığı sürece bir sıkıntı olmaz.

Elde edilen bulgulara göre, öğretmen adaylarının çoğu biyoteknolojik uygulamaların çevreye zarar verebileceğini belirtmiş, ancak bu adaylardan bir kısmı çözüm önerisi geliştirebilmiştir. Çözüm önerisi sunan adayların önerileri genellikle denetim, etik kurul ve yasal düzenleme gibi konular üzerine odaklanmıştır. Cevapların birçoğu olumsuz görüşler içerdiğinden, biyoteknolojik uygulamalara karşı bir tür tedirginlik ya da teknolojiye mesafe olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum öğretmen adaylarının teknolojinin olumlu etkilerini görmezden gelmesi gibi tek taraflı bir teknoloji algısına sahip olduğunu göstermektedir.

Bu durumun önüne geçmek adına, biyoteknoloji okuryazarlığı öğretiminde gen aktarımı ve çevre ilişkisi vaka temelli öğretim yöntemleriyle tartışılmalıdır. Biyoteknolojinin hem fayda hem risk barındıran yapısı dengeli şekilde öğretilmelidir. Öğretmen adaylarına yalnızca

“zarar olabilir” yerine “zarar olursa nasıl denetlenir?” gibi senaryo temelli çözüm üretme becerileri kazandırılmalıdır. Biyogüvenlik yasaları, etik kurullar gibi konular eğitim programlarına dahil edilmelidir.

Tablo 10

4. Soru: Bilim İnsanlarının Laboratuvarda Geliştirdiği Organların Gelecekte Sağlık Sistemine Etkileri Neler Olabilir? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı

Temalar	Kodlar	Frekans (f)	Yüzde (%)
Olumlu Etki	Organ Bekleme Süresinde Azalma	18	26,47
	Organ Yetmezliğine Çare	18	26,47
	Yaşam Süresinde Artma	10	14,71
	Sağlık Harcamalarında Azalma	2	2,94
	Yaşam Kalitesinde Artış	3	4,41
	Tedavisi Olamayan Hastalıklara Çözüm	2	2,94
	Kolay Tedavi	3	4,41
Olumsuz Etki	Yapaylık/Doğallık Endişesi	2	2,94
	Komplikasyon Yaratabileceği Endişesi	2	2,94
	İşe Yaramayacağı Endişesi	1	1,47
Bilgi Eksikliği	Yetersiz Cevap	5	7,35
	Cevaplanmadı	2	2,94

Tablo 10’da sunulan, “Bilim insanlarının laboratuvarda geliştirdiği organların gelecekte sağlık sistemine etkileri neler olabilir?” sorusuna verilen açık uçlu cevapların içerik analizi, biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknolojinin sağlık alanındaki ileri düzey uygulamalarına yönelik farkındalık düzeyini, doku mühendisliği ve yapay organ üretimi gibi konulara dair bakış açılarını değerlendirmeye yöneliktir. İçerik analizine göre oluşturulan temalar, öğretmen adaylarının bu konuyu büyük ölçüde olumlu etkiler üzerinden değerlendirdiklerini, ancak bazı adayların endişeler taşıdığını ve bir kısmının da konuya dair bilgi eksikliği yaşadığını göstermektedir.

Katılımcıların büyük çoğunluğu, laboratuvarda üretilen organların sağlık sistemi üzerindeki etkilerini olumlu yönde değerlendirmiştir. Öğretmen adayları laboratuvar ortamında geliştirilen organları sağlık hizmetlerinin etkililiğini artıran, yaşam kalitesini yükselten ve

tedavi süreçlerini kolaylaştıran bir yenilik olarak görmektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A2: Daha kolay tedavi. Hızlı organ nakli. İnsan yaşam süresi artabilir.

A6: Organ naklinde sıra beklerken yaşanabilecek olumsuz durumların önüne geçebilecek olumlu bir teknoloji olacağını düşünüyorum.

A42: İnsanlar kolayca organ bulabileceği için daha fazla hastanede kalmaz ve ilaç kullanmazlar.

A48: Geliştirilen organlar sayesinde organ bağışı bekleyen hastalar daha hızlı iyileştirilebilir.

A51: Organ bağışı bekleyen ve bu yüzden ölen insanların hayatını kurtarabilir. Ölüm riski olmayan ama hayat kalitesini etkileyen durumlarda giderilebilir.

A53: Daha kolay tedavilere fırsat olur. Organ yetmezliğinde organ bekleyen kişiye uyumlu organ bulmak zorluk yaratabiliyor. Ancak laboratuvar koşullarında organ geliştirilirse bu sorun ortadan kalkabilir.

A54: Oldukça önemli çalışmalardır organ yetmezliği, tedavi edilemeyen hastalıklar, işlevsiz organlar gibi sorunlara çözüm getirecektir. Sağlık sistemine olumlu etkileri vardır. Uyumlu organ bulma sıkıntısını da minimuma indirebilir.

A56: Organ nakli bekleme süresini azaltır. Tedavi imkanlarını geliştirir ve sağlık harcamaları azalabilir.

Öğretmen adaylarının bir kısmı bu teknolojinin olumsuz yönlerine odaklanmıştır. Bu adaylar daha çok etik sınırlar, biyolojik uyumluluk ya da teknolojinin başarısız olabileceği ihtimali üzerinde durmuştur. Bu bakış açısı, teknolojik gelişmelere karşı eleştirel bir bakış açısı taşıyan bireylerin de var olduğunu gösterir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A13: Bence işe yaramaz ya da çabuk tükenir.

A35: Gerçeğinin yerini tutmaz uyum sağlamak zor olabilir.

A37: İnsan vücudunda komplikasyonlara neden olabilir.

Adayların bir kısmı ya soruyu doğrudan boş bırakmış ya da "bilmiyorum, emin değilim" gibi ifadelerle cevap vermiştir. Bu durum, bazı öğretmen adaylarının konuyla ilgili yetersiz

bilgiye sahip olduğunu veya teknolojiye dair yeterince güncel bilgiye sahip olmadığını göstermektedir.

Bu içerik analizine göre öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu, laboratuvar ortamında geliştirilen yapay organların sağlık sistemine pozitif katkı sunacağı yönünde bir görüş bildirmiştir. En çok vurgulanan kazanım "organ bekleme süresinin azalması" ve "organ yetmezliğine çözüm" olmuştur. Bu bulgu, öğretmen adaylarının sağlık sisteminin sorunlarını fark ettiğini ve biyoteknolojik yeniliklerin bu sorunlara çözüm sunabileceğini düşündüğünü göstermektedir. Ancak bir grup aday, teknolojik uygulamaların doğallığı bozabileceği veya işe yaramayabileceği gibi kaygılar da taşımaktadır. Bu durum adayların farklı bakış açılarıyla değerlendirme becerilerinin geliştiğini göstermesi açısından olumludur. Öte yandan bazı öğretmen adaylarının soruya cevap verememesi bilgi eksikliği yaşadıklarını göstermektedir. Bu durumun önüne geçmek adına öğretmen adaylarına bu teknolojilerin avantaj ve sınırlılıklarını birlikte tartışabilecekleri tartışma temelli öğretim etkinlikleri sunulmalıdır. Biyoteknolojik sağlık uygulamalarına dair güncel literatür, öğretmen yetiştirme programlarına entegre edilmelidir.

Tablo 11

5. Soru: Bir Biyoteknolog, Deneylerinde Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri Nasıl Belirler? Örnek Bir Uygulama Üzerinden Açıklayabilir Misiniz?' Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı

Temalar	Kodlar	Frekans (f)	Yüzde (%)
Bilimsel Doğru Bilgi	Değişkenleri Tanımlama ve Uygulama Bilgisi	3	5,17
Kısmen Cevaplama	Yalnızca Değişkenleri Tanımlama	9	15,52
	Yalnızca Bağımlı Değişken Tanımlama	3	5,17
	Yalnızca Uygulama Bilgisi	12	20,69
Kavram Yanılgısı	Değişkenler Birbirine Karıştırma	2	3,45
Bilgi Eksikliği	Yanlış Cevap	13	22,41
	Cevaplanmadı	16	27,59

Tablo 11'de sunulan, 'Bir biyoteknolog, deneylerinde bağımlı ve bağımsız değişkenleri nasıl belirler? Örnek bir uygulama üzerinden açıklayabilir misiniz?' sorusuna verilen açık uçlu

cevapların içerik analizi, öğretmen adaylarının deneysel tasarım sürecine ilişkin bilimsel araştırma basamaklarını ne derece anladığını ve değişken kavramı hakkında ne kadar doğru bir bilgiye sahip olduklarını belirlemeyi amaçlamıştır.

Analiz sonuçları, adayların büyük bir kısmının bu kavramı ya eksik bildiğini ya da yanlış kullandığını göstermektedir. Bilimsel anlamda doğru, hem değişkenleri tanımlayan hem de uygulama örneği sunan sadece 3 aday (%5,2) bulunmaktadır. Bu oran, öğretmen adaylarının deneysel süreçte bağımlı ve bağımsız değişkenleri ayırt etmekte ve tanımlamakta zorlandığını göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A21: Bağımlı değişken esas olarak araştırılmak istenen değişkendir. Bağımsız değişken ise bağımlı değişkenin özelliğini sonucunu etkileyebilecek değişkendir. Örnek olarak ışık renginin fotosentez hızına etkisi ölçülmek istendiğinde ışık rengi bağımsız, fotosentez hızı ise bağımlı yani etkilenen değişken olarak karşımıza geliyor.

A56: Bağımsız değişken deneyde değiştirilen değişkendir. Bundan etkilenen ise bağımlı değişkendir. Örneğin sıcaklık enzim aktivitesi.

Kısmen cevaplama kategorisinde yer alan 24 aday ya sadece değişkenlerin tanımını yapmış ya da yalnızca örnekle açıklama yapmıştır. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A4: Bağımlı değişken: Bağımsız değişkenden etkilenen. Bağımsız değişken: Artırıp azaltabildiğimiz değişkendir.

A5: Bir kek yapımında un, süt sabitken şeker miktarının artırılıp azaltılması. Tat: Bağımlı değişken, Şeker: Bağımsız değişken.

A10: Bağımsız değişken benim kendi elimle değiştirebildiğim. Bağımlı ise bağımsız değişkene göre değişir.

A16: Örneğin aynı tür iki bitki var. İkisine de aynı miktarda su veriliyor. Ama aynı miktarda ışık verilmiyor. Buradaki ışık miktarı bağımsız, bitkinini boyunun uzunluğu araştırılıyor, bitkinin boyu da bağımlı değişken.

A40: Bağımsız değişken: Araştırmacının kontrol ettiği değişken. Bağımlı değişken: Bağımsız değişkenin etkisi ile değişen değişkendir.

Bilgi eksikliği kategorisinde 13 katılımcı soruya yanlış cevaplar verirken 16 katılımcı soruyu hiç cevaplamamıştır. Toplam 29 kişilik bu grup, örneklem içinde %50 gibi yüksek bir orana

sahiptir ve bu durum belirgin bir öğrenme eksikliğini göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A2: Bir bitkiye iki farklı gübre verip uzama miktarı ölçsün. Bağımlı değişken: Gübre miktarı Bağımsız değişken: ortam

A11: Bağımlı değişken olayın kendisidir. Bağımsız ise sabit tutulan.

A28: Bağımlı, o deneydeki değişkenlere göre değer alırken, bağımsız değişkenler dışında farklılık gösterir.

A34: Deneyin yapılışına bağımlı ve deneyden bağımsız değişkenlerdir. Gen klonlama uygulaması sayılabilir.

A38: Bir pestisitin toprak üzerindeki etkileri nelerdir.

Soruya verilen cevapların analizinden elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının deneysel düşünmeye ilişkin temel bir bilimsel kavram olan "bağımlı ve bağımsız değişken" konusunda önemli ölçüde kavram yanılgısına sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Bu durum, öğretmen adaylarının ileride öğrencilerine araştırma temelli bir öğretim kazandırmada sınırlı kalabileceği anlamına gelir. Sadece 3 katılımcının doğru tanım yapabilmesi ve uygulama örneği vermesi, bu kavramların biyoloji eğitimi programlarında yeterince pekiştirilmediğini düşündürmektedir. Bu bağlamda, öğretmen adaylarına yönelik araştırma temelli öğrenme etkinliklerinde değişken belirleme uygulamaları sıklıkla yapılmalıdır. Deney tasarlama, değişkenleri belirleme ve hipotez oluşturma gibi uygulamalı etkinliklerin artırılması, aynı zamanda örnek olay ve laboratuvar temelli öğrenme ortamlarının kullanılması önerilmektedir.

Tablo 12

6. Soru: Biyoteknolojik Deneylerde Kontrol Gruplarının Önemini Nasıl Açıklarsınız? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı

Temalar	Kodlar	Frekans (f)	Yüzde (%)
Bilimsel Doğru Bilgi	Değişkenlerin Etkilerini Ayırt Etme	12	17,39
	Karşılaştırma/Kıyas Yapma	12	17,39
	Sabit Tutulan Değişken	10	14,49
Kısmen Cevaplama	Deneyin Doğruluğunu Sınama	8	11,59
	Deneyin Sonucunu Belirleme	5	7,25
	Güvenilirlik Vurgusu	2	2,9
Kavram Yanılgısı	Kontrol Etme Kavramı ile Karıştırma	2	2,9
	Bağımsız Değişken ile Karıştırma	1	1,45
Bilgi Eksikliği	Anlamsız Cevaplar	2	2,9
	Yetersiz Cevaplar	4	5,8
	Cevaplanmadı	11	15,94

Tablo 12'de sunulan, "Biyoteknolojik deneylerde kontrol gruplarının önemini nasıl açıklarsınız?" sorusuna verilen açık uçlu cevapların içerik analizi, öğretmen adaylarının deneysel araştırma süreçlerine ilişkin bilgi düzeylerini ve özellikle kontrol grubu kavramına dair bilgilerini ölçmeyi hedeflemektedir. Kod ve temalar incelendiğinde, katılımcıların önemli bir kısmının, kontrol grubunun deneyde değişkenlerin etkisini izole etmek, karşılaştırmalı analiz yapmak ve deney koşullarında sabit bir belirleyici oluşturmak için gerekli olduğunu doğru biçimde ifade ettiklerini göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A3: Hiç değişim uygulayamadığımız değişkenler kontrol gruplarıdır. Diğer değişkenlerin anlaşılabilmesi için çok önemlidir.

A6: Kontrol grupları deney esnasında sabit kalarak deneyin kontrolünü sağlar.

A16: Kontrol grubu sabit tutulduğu için değişkenleri fark edebiliriz.

A46: Kontrol grupları deneyde kullanılan değişkenin etkisini doğru şekilde ölçebilmek için gereklidir.

A53: Kontrol grupları bize deney hakkında fikir verir. Çünkü deneyde kontrol grubuna bir etki yapılmaz diğer bağımlı ve bağımsız değişkene göre kontrol grubu bize stabil bir kaynak olacaktır.

A58: Örneğin bir şeyin bir şey üzerindeki etkisini merak ediyoruz. Eğer tüm koşullar farklı olursa tüm deney düzeneklerinde merak ettiğimiz konu hakkında net sonuçlar alamayız. Ama bakmak istediğimiz şeyi farklı tutup diğer şeyleri sabit tutarsak daha net sonuçlar alırız.

Kısmen cevaplama teması altında cevaplar veren katılımcılar kontrol grubunun önemini genel anlamda fark etmiş ancak kavramı yüzeysel ifadelerle açıklamışlardır. Örneğin "kontrol grubu güvenilirlik sağlar" gibi açıklamalar, doğru bir yöne işaret etse de işlevi teknik olarak açıklayamamaktadır. Bu tür cevaplar, kavrama dair farkındalığın olduğunu ancak yeterli olmadığını göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A8: Kontrol grupları deneyin seyrini anlamak için vardır. Doğru ve yanlışlığını test etmek için önemlidir.

A24: Deneyi analiz edip raporlamada kolaylık sağlayabilir incelemeyi kolaylaştırır.

A44: Deneyin doğru çalışıp çalışmadığına bakmak için önemli.

A48: Deneyin sağlıklı sonuçlar vermesi için kontrol grubu önemlidir.

Kavram yanılgısı temasında öğretmen adayları, kontrol grubu kavramını ya "deneyin başındaki kontrol" gibi genel bir kavramla karıştırmış ya da kontrol grubu ile bağımsız değişkeni eşleştirmiştir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A5: Yapılan deney kontrolden geçmezse büyük olasılıkla hata payı ortaya çıkar bu nedenle her aşamada kontroller sağlanmalıdır.

A15: Kontrol her deneyde uygulanması gerekir. Kontrole göre daha iyi ve verimli sonuçlar elde edilir.

A22: Kontrol grupları bizim değiştirebildiğimiz şeylerdir.

Bilgi eksikliği temasında 6 öğretmen adayı, konu hakkında ya doğrudan hatalı ya da konu dışı cevaplar vermiştir. Özellikle “cevaplanmadı” ifadesiyle kodlanan 11 aday, bu kavrama dair hiçbir ifade kullanmamıştır. Bu oran, bazı öğretmen adaylarının kontrol grubu kavramına dair temel bilgi eksikliğine sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu içerik analizine göre, öğretmen adaylarının yaklaşık yarısı kontrol grubu kavramını bilimsel açıdan doğru biçimde tanımlayabilmiştir. Ancak kalan yarıya yakın bir kesim ya kavramı yüzeysel bilmekte ya yanlış anlamakta ya da hiç bilmemektedir. Bu durum, öğretmen adaylarının deneysel düşünme ve bilimsel araştırma süreçlerine dair okuryazarlık düzeylerinin farklılık gösterdiğini ve önemli bir kısmının bu konuda geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu durumun önüne geçmek adına, kontrol grubu kavramı, yalnızca tanım düzeyinde değil; deney tasarımı içinde örnek olay, senaryo ve karşılaştırmalı uygulamalar yoluyla öğretilmelidir. Öğretmen adaylarına "kontrol grubu olmayan deney tasarımı" örnekleri verilip, eksikliği fark ettirilmeli sağlanmalıdır. Bu kavramların biyoteknolojik örneklerle bağdaştırılması da öğretmen adaylarının disiplinler arası düşünme becerilerini geliştirebilir.

Tablo 13

7. Soru: Biyoteknolojik Gelişmeler Hakkındaki Yanlış Bilgilerin ve Önyargıların Önlenmesi için Neler Yapılabilir? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı

Temalar	Kodlar	Frekans (f)	Yüzde (%)
Eğitsel Çözüm Önerisi	Okullar/Dersler	8	11,43
	Doğru Bilgiler Aktarma	9	12,86
	Konferans/Seminer/Kongre	14	20
	Bilimsel Okuryazarlığı Artırma	2	2,86
	Öğretmenlerin Eğitilmesi	1	1,43
Toplumsal Bilgilendirme	Toplumu Bilinçlendirme	10	14,29
	Kitle İletişim Araçları	7	10
	Deneylerin Halka Açık Sunumu	6	8,57
	İnsanların Araştırma Yapması	5	7,14
Bilgi Eksikliği	Anlamsız/Yetersiz Cevap	3	4,29
	Cevaplanmadı	5	7,14

Tablo 13'te sunulan, 'Biyoteknolojik gelişmeler hakkındaki yanlış bilgilerin ve önyargıların önlenmesi için neler yapılabilir?' sorusuna verilen açık uçlu cevapların içerik analizi, öğretmen adaylarının biyoteknolojiye ilişkin toplumsal yanlış bilgilerin ve önyargıların nasıl giderilebileceği konusundaki farkındalıklarını, çözüm önerisi geliştirme becerilerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Cevaplar tematik olarak üç ana grupta toplanmıştır; eğitsel çözüm önerileri,

toplumsal bilgilendirme ve bilgi eksikliği. Eğitsel çözüm önerileri temasında öğretmen adaylarının çoğunluğu, biyoteknolojik yanlış bilgilerin düzeltilmesi için eğitim temelli çözümler önermiştir. En sık tekrar eden öneri, konferans/seminer gibi akademik ortamlar yoluyla doğru bilginin yaygınlaştırılmasıdır. Bu cevaplar, öğretmen adaylarının bir kısmının bilimsel bilgi aktarımının eğitim yoluyla yapılması gerektiğine inandıklarını göstermektedir. Ayrıca "bilimsel okuryazarlık" vurgusu yapan öğrenciler, sadece bilgi aktarımını değil, bireyin bilgiye ulaşma, değerlendirme ve ayırt etme becerilerini de geliştirme yönünde farkındalık sergilemiştir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A6: Daha detaylı ve açıklayıcı yayınlar yapılarak insanların şüpheleri kaldırılabilir.

A24: Konferanslar ya da küçük bilgilendirici dersler, anketler, konuşmalar düzenlenebilir.

A30: Bilgi verici nitelikte konferanslar yapılabilir.

A35: Seminer ve konferans düzenleyip yanlış bilinenleri değiştirebiliriz.

A42: Bence küçük yaştan itibaren okullarda eğitim verilmeye başlanmalıdır ve halk da aynı şekilde bilgilendirilmelidir.

A45: Bilimsel okuryazarlığı toplum içerisinde artırmak için çalışmalar yapılmalı.

A47: Seminer veya derslerde doğru kavram öğretimleri ile ilgili çalışmalar yapılabilir.

A57: Seminerler, çalışmalar, projeler, çalıştaylar ile bilgilendirme ve farkındalıklar artırılabilir.

A58: Derslerde bu konular hakkında daha detaylı bilgiler verilebilir. Seminerler verilebilir.

Toplumsal bilgilendirme temasındaki adaylar biyoteknolojiye dair yanlış bilgilerin sadece okul ortamlarında değil; toplumun tüm kesimlerine hitap edecek şekilde yaygınlaştırılması gerektiğini ifade etmiştir. Özellikle kitle iletişim araçları (TV, sosyal medya, basın) üzerinden doğru bilgiye ulaşımın kolaylaştırılması gerektiği vurgulanmıştır. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A8: Medyada bu konuda birçok doğru yanlış görüş bulunmakta ve medya okuryazarlığı olmayan kişilerin her bilgiye inanacakları düşünecek olursak daha doğru bilgilendirmeler yaparak doğru bilgiye ulaşabilir insan sayısını artırmak iyi olabilir.

A25: Haber kaynakları doğru bilgi vermeli.

A40: Medyada bu çalışmaların görünürlüğü artırılabilir.

A55: Seminerler, yayınlar, makaleler ve sosyal medya kullanımı daha fazla yapılabilir.

Deneylerin halka açık sunulması önerisi, bilimsel süreçlerin daha şeffaf ve anlaşılır hâle getirilmesi gerektiğini düşündüren yenilikçi bir öneri olarak dikkat çekmektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A12: Yapıldığı ortamlar gösterilebilir.

A18: Biyoteknolojik gelişmelerin halka sunulması ve halkla beraber yaşatılması gerekiyordur.

A20: Deneyler bizzat gösterilerek yapılmalı.

A44: Çalışmaları halka açık bir şekilde yapıp, bir gizlilik olmazsa bu önyargılar biraz daha kırılabilir.

Bilgi eksikliği temasındaki adaylar ya soruyu hiç cevaplamamış ya da sorunun bağlamından uzak, yüzeysel ifadeler kullanmıştır. Bu durum, öğretmen adaylarının bir kısmının bilimsel bilgi ile sosyal önyargılar arasındaki ilişkiyi yeterince kuramadığını ya da bu tür sorulara çözüm üretme kapasitesinin gelişmemiş olduğunu göstermektedir. Genel olarak öğretmen adayları, biyoteknolojik yanlış bilgilerin düzeltilmesi konusunda en etkili yolun eğitim olduğunu vurgulamışlardır. Eğitim yoluyla bireysel ve toplumsal farkındalığın artırılabileceğine yönelik güçlü bir inanç söz konusudur. Ancak eğitsel bakış açısının yanı sıra kamusal bilgilendirme vurgusu yapan katılımcılar da azımsanmayacak düzeydedir. Önyargıların sadece bilgi eksikliğinden değil, sosyal ve kültürel faktörlerden de kaynaklandığına dair bir bakış açısının ise çoğunluk tarafından geliştirilmediği söylenebilir.

Tablo 14

8. Soru: Biyoteknoloji ile İlgili Bilgi Alabileceğiniz En Güvenilir Kaynaklar Sizce Hangileridir? Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı

Temalar	Kodlar	Frekans (f)	Yüzde (%)
Akademik Yayınlar	Makaleler	28	27,18
	Tezler	10	9,71
	Araştırma Yayınları	9	8,74
	Bilimsel Çalışmalar	4	3,88
Yazılı Kaynaklar	Campbell Biyoloji/Brock Mikro. Biyo.	7	6,8
	Uluslararası Kitaplar	7	6,8
	Genel Kitaplar	8	7,77
	Bilimsel Dergiler	10	9,71
Akademik/Bilimsel Kuruluşlar	Üniversiteler	3	2,91
	TÜBİTAK	5	4,85
	WHO	1	0,97
	Bilimsel Kuruluşlar	1	0,97
İnternet	Sosyal Medya	1	0,97
	Akademik Veri Tabanları	4	3,88
Bilgi Eksikliği	Güvenilir Kaynak Yoktur	1	0,97
	Cevaplanmadı	4	3,88

Tablo 14'te sunulan, 'Biyoteknoloji ile ilgili bilgi alabileceğiniz en güvenilir kaynaklar sizce hangileridir? sorusuna verilen açık uçlu cevapların içerik analizi, bilimsel bilgiye ulaşma yolları, bilgi kaynağı tercihlerindeki güven algısı ve biyoteknolojiye özgü bilgi arama yöntemleri hakkında fikir edinmeyi amaçlamaktadır. Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar tematik olarak 5 ana grupta sınıflandırılmıştır: Akademik yayınlar, yazılı kaynaklar, bilimsel/akademik kurumlar, internet ve bilgi eksikliği. Öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu, biyoteknolojiyle ilgili bilgi edinme konusunda hakemli bilimsel makalelere ve akademik çalışmalara yöneldiğini belirtmiştir. Bu durum, öğretmen adaylarının bilgiye ulaşma konusunda bilimsel ve geçerli kaynakları tercih etme eğiliminde olduklarını göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A2: Akademik araştırmalar. Bilimsel deney ve makaleler.

A9: Güvenilir makale, araştırma yazıları olabilir.

A10: Makaleler, tezler, araştırma yazıları olabilir.

A20: Makaleler, tezler, bilimsel dergiler.

A43: Makale ve tezler olabilir. Çünkü araştırma sonucunda bilgi doğru ve güvenilene ulaşmayı amaçlar.

Öğretmen adaylarının bir bölümü ise biyoteknolojiye dair bilgi edinmede basılı ve güvenilir kaynaklara yönelmiştir. Özellikle Campbell Biyoloji ve Brock Mikroorganizma Biyolojisi gibi uluslararası biyoloji ders kitaplarının adıyla anılması, adayların belirli referanslara hâkim olduğunu ve literatür farkındalıklarının geliştiğini ortaya koymaktadır. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A21: Campbell, Mikroorganizmaların biyolojisi.

A33: Popüler bilim kitapları, dergiler ve makaleler.

A36: Campbell, Brock Mikroorganizma Biyolojisi.

A44: Uluslararası kitaplardan, güvenilir sitelerdeki makalelerden bilgi alınabilir.

A58: Biyoteknoloji ile ilgili dünya kitapları, makaleler.

Bir grup öğretmen adayı güvenilir bilgiye erişmek için resmî bilim kurumlarına ve üniversitelere yönelmiştir. Özellikle TÜBİTAK'ın ismen belirtilmiş olması, yerel düzeyde bilimsel otoriteye duyulan güveni göstermektedir. Öğretmen adaylarının cevaplarından bazıları verilmiştir.

A45: TÜBİTAK dergi ve makaleleri, uluslararası dergiler, akademik veri tabanları.

A46: TÜBİTAK gibi resmi bilim kurumları ve akademik dergiler.

A54: Akademik dergiler, üniversiteler, bilimsel kuruluşlar.

A55: Bilimsel makale, akademik yayınlar, üniversiteler, TÜBİTAK, WHO.

Bir kısım öğretmen adayı bilgiye internet üzerinden ulaşmayı tercih ettiğini belirtmiş; yalnızca bir aday "sosyal medya"yı doğrudan bilgi kaynağı olarak göstermiştir.

Bazı adaylar herhangi bir kaynak belirtmemiş, bazı adaylar ise "Güvenilir kaynak yoktur" ifadesini kullanmıştır. Bu durum, bilgiye erişim konusunda farkındalık eksikliği, dijital okuryazarlık yetersizliği ya da biyoteknolojiyle ilgili güvenilir bilgi kaynakları hakkında bilgi sahibi olmama ile ilişkili olabilir.

Bu içerik analizi, öğretmen adaylarının biyoteknolojik bilgiye ulaşmak için çoğunlukla bilimsel yayınlara ve akademik kaynaklara yöneldiğini ortaya koymaktadır. Özellikle

makaleler, tezler, araştırma yayınları ve uluslararası ders kitaplarının öne çıkması, adayların bilimsel geçerlilik ilkesine önem verdiğini göstermektedir. Bu durum, öğretmen adaylarının bilgiye ulaşma yolları açısından daha geleneksel, metne dayalı ve akademik içerikli kaynaklara bağlı kaldığını göstermektedir.

BÖLÜM V

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri hem 25 maddelik çoktan seçmeli bir test hem de 8 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla değerlendirilmiştir. Uygulanan karma desen sayesinde, adayların sadece bilgi düzeyleri değil, aynı zamanda bu bilgileri nasıl tanımladıkları, yorumladıkları ve günlük yaşamla ilişkilendirdikleri de analiz edilmiştir. Test soruları Bybee (1997)'nin kategorize ettiği bilimsel okuryazarlık seviyelerini içeren dört temel boyutta sınıflandırılmıştır; nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı. Elde edilen nicel ve nitel verilerin karşılaştırmalı analizi, adayların güçlü ve zayıf yönlerine dair kapsamlı bir çerçeve sunmuştur.

Nominal biyoteknoloji okuryazarlığına ilişkin nicel ölçme sonuçları, test başarı oranının orta düzeyde olduğunu ve "rekombinant DNA", "fermantasyon" ile "GDO" gibi temel kavramların büyük oranda doğru yanıtlandığını göstermektedir. Ancak nitel görüşme verilerinde bu kavramlara yönelik tanımlar incelendiğinde, katılımcıların büyük çoğunluğunun yüzeysel ve eksik açıklamalar yaptığı belirlenmiştir. Bu durum, testte elde edilen başarıların ağırlıklı olarak ezber bilgiye dayandığını ve kavramsal derinliğin sınırlı kaldığını düşündürmektedir. Dolayısıyla, nominal düzeyde bilgi sahibi olunduğu izlenimi oluşsa da bu bilginin kapsamının dar ve yüzeysel olduğu değerlendirilmektedir.

Fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığına yönelik nicel ölçme sonuçları, test başarı oranının orta düzeyde olduğunu ortaya koymuştur. Bulgular, katılımcıların sağlık, tarım ve gıda üretimi gibi farklı alanlardaki biyoteknolojik uygulamaları doğru biçimde tanımlayabildiklerini göstermektedir. Nitel görüşme verileri de bu sonuçlarla örtüşmektedir. Katılımcılar, yapay organ üretiminin sağlık sistemine katkıları, genetik hastalıkların tedavi olanakları ve tarımsal verimliliğin artırılması gibi konulardan örnekler vererek fonksiyonel

bilgi düzeylerini ortaya koymuşlardır. Ancak bazı katılımcıların yalnızca olumlu yönlere odaklandıkları, potansiyel etik ve ekolojik riskleri yeterince dikkate almadıkları görülmüştür. Genel olarak, bu boyutta elde edilen nicel ve nitel bulgular birbiriyle tutarlı ve karşılıklı olarak destekleyici niteliktedir.

Prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığına ilişkin nicel ölçme sonuçları, test başarı oranının orta düzeyde olduğunu ve katılımcıların özellikle "bağımlı değişken", "bağımsız değişken" ve "kontrol grubu" gibi temel bilimsel kavramlar arasında kavram yanılgılarına sahip olduklarını göstermektedir. Nitel görüşme verileri bu durumu daha belirgin biçimde ortaya koymuş; prosedürel boyuttaki başarı düzeyi nicel verilerden daha düşük bulunmuştur. Özellikle 5. ve 6. sorularda katılımcıların büyük bölümü ya hiç yanıt vermemiş ya da kavramları yanlış tanımlamıştır. Az sayıda katılımcı deneysel kavramlara ilişkin doğru tanımlamalar ve örneklendirmeler yapabilmiştir. Bu bulgular, prosedürel düzeyde belirgin bilgi eksiklikleri bulunduğuna ve adayların bilimsel araştırma sürecini anlama ve uygulama konusunda yetersiz olduklarına işaret etmektedir.

Çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığına ilişkin nicel ölçme sonuçları, test başarı oranının orta düzeyde olduğunu ve özellikle etik karar verme ile bilim–toplum ilişkisini anlama konularında güçlü eğilimler bulunduğunu ortaya koymaktadır. Nitel verilerde bu durumu desteklemektedir. Görüşme yanıtlarında katılımcılar, toplumun biyoteknolojiye ilişkin doğru bilgiye ulaşabilmesi için seminerler, sosyal medya etkinlikleri ve eğitici programlar gibi çeşitli stratejiler önermiş; etik açıdan tartışmalı konularda ise farklı bakış açıları sunarak konuyu çok yönlü değerlendirme eğilimi göstermişlerdir. Bu bulgular, öğretmen adaylarının biyoteknolojiyi yalnızca teknik bir alan olarak değil, aynı zamanda sosyal, etik ve kültürel boyutlarıyla birlikte ele almaya başladıklarını göstermektedir. Buna karşın, çok boyutlu okuryazarlığın tarihsel süreç değerlendirme boyutuna ilişkin nicel veriler, özellikle bilimsel buluşların kronolojik sırası ile öncü bilim insanlarının çalışmalarına dair sorularda doğru yanıt oranlarının düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Adaylar, çoğunlukla tekil olayları hatırlayabilmekte ancak bunları kronolojik ve bağlamsal bir bütünlük içinde ilişkilendirmede güçlük yaşamaktadır. Biyoteknolojik gelişmelerin hangi bilimsel, toplumsal ve kültürel koşullar altında ortaya çıktığını kavramanın, alanın dinamiklerini ve ilerleyişini anlamada önemli bir katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak, bulgular biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlığının tüm boyutlarda nicel olarak orta düzeyde olduğunu, ancak nitel verilerin boyutlar arasında farklılıklar ortaya koyduğunu göstermektedir. Nominal boyutta, temel kavramların testlerde

büyük oranda doğru yanıtlanması, yüzeysel de olsa kavram bilgisine sahip olunduğunu ortaya koymakta; ancak görüşme verileri, bu bilginin çoğunlukla ezbere dayalı ve sınırlı içerikte olduğuna işaret etmektedir. Fonksiyonel boyutta, adaylar biyoteknolojik uygulamaları tanımlayabilmiş ve günlük yaşamdan örnekler sunabilmiş, ancak çoğunlukla yalnızca olumlu yönlere odaklanarak etik ve ekolojik riskleri göz ardı etmişlerdir. Prosedürel boyutta, temel deneysel kavramlarda belirgin yanılgılar saptanmış ve bilimsel araştırma sürecini anlama ile uygulama yeterliklerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Çok boyutlu boyutta ise etik karar verme ve bilim–toplum ilişkisini anlama konularında güçlü eğilimler gözlenmiş, ancak tarihsel süreç bilgisi bağlamında bilimsel buluşların kronolojik sırası ile öncü bilim insanlarının katkılarını bütüncül biçimde ilişkilendirmede yetersizlikler dikkat çekmiştir. Bu durum, kavramsal derinlik, prosedürel beceriler ve tarihsel bağlam bilgisini geliştirmeye yönelik öğretim yaklaşımlarına ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Bu bulgular, alan yazında yer alan çeşitli ulusal ve uluslararası araştırmalarla karşılaştırıldığında hem destekleyici hem de açıklayıcı yönler ortaya koymaktadır.

Alkaya (2024) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri incelenmiş ve nominal, fonksiyonel, prosedürel ile çok boyutlu okuryazarlığın her birinde alt seviyede oldukları belirlenmiştir. Bu çalışmada ise, biyoloji öğretmen adaylarının tüm boyutlarda nicel olarak orta düzeyde bir yeterlik sergiledikleri, ancak nitel bulguların boyutlar arasında farklılıklar ortaya koyduğu görülmüştür. Karşılaştırıldığında, biyoloji öğretmen adaylarının özellikle fonksiyonel ve çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı açısından fen bilgisi öğretmen adaylarına göre daha yüksek yeterlik düzeyine sahip oldukları söylenebilir. Bu durum, alan eğitiminin derinliği, biyoteknolojiye yönelik müfredat kapsamı ve ders içeriklerinin farklılığı ile ilişkilendirilebilir. Sonuç olarak her iki çalışmanın bulguları da öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin genel olarak yetersiz olduğuna işaret etmekte ancak alan farklılıklarına bağlı olarak belirli boyutlarda kısmi düzeyde farklılıklar gözlendiği anlaşılmaktadır.

Mutlu (2023), lise öğrencilerinin biyoteknolojiye yönelik tutumlarını değerlendirdiği çalışmasında, öğrencilerin biyoteknoloji hakkında bilgi sahibi olsa da biyoteknolojinin kullanımı hakkında bilinçli kararlar alabilmek için daha fazla eğitim ve bilgiye ihtiyaç duyabileceklerini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, bu çalışmada elde edilen nitel bulgular incelendiğinde, biyoloji öğretmen adaylarının da biyoteknolojiye dair temel kavramları bildikleri, ancak özellikle etik, toplumsal ve çevresel boyutları bütüncül olarak

değerlendirmede ve bilimsel süreç becerilerini kullanmada yetersiz oldukları görülmektedir. Adayların bir kısmı, biyoteknolojiye karşı olumlu bir tutum sergilese de karar verme süreçlerinde yeterince derinlikli bilgiye sahip olmadıklarını ve konuya dair kendilerini geliştirmeleri gerektiğini ifade etmişlerdir. Dolayısıyla, öğretmen adaylarında tespit edilen bu eksikliklerin, ileride görev alacakları ortaöğretim düzeyinde öğrencilere biyoteknolojik okuryazarlık kazandırma süreçlerini de olumsuz etkileyebileceği söylenebilir. Bu bağlamda, her iki çalışmanın bulguları bir araya getirildiğinde, lise düzeyinde öğrencilerin bilinçli karar alma becerilerini geliştirebilmek için öncelikle öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin artırılması gerektiği sonucuna ulaşılabilir.

Konak ve Hasançebi (2021) tarafından yapılan araştırmada, uygulanan tutum ölçeğinden elde edilen sonuçlara göre biyoloji öğretmenlerinin biyoteknoloji ve uygulamalarına yönelik tutumları proje sonrasında artmış; öntest–sontest puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Araştırma, teorik ve uygulamalı biyoteknoloji etkinliklerinin biyoloji öğretmenlerinin biyoteknolojiye ilişkin bilgi düzeylerini ve tutumlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada da benzer bir eğilim gözlenmiş; biyoteknoloji eğitimi almış öğretmen adaylarının başarı ortalaması ($\bar{x}$ = 15,7), eğitim almamış adayların ortalamasına ($\bar{x}$ = 13,4) göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Her iki çalışmanın bulguları birlikte değerlendirildiğinde, biyoteknoloji okuryazarlığının geliştirilmesinde teorik ve uygulamalı eğitimin önemli bir rol oynadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Sıcaker ve Aydın (2015) tarafından yapılan araştırmada, ortaöğretim öğrencilerinin DNA analizi, DNA parmak izi, rekombinant DNA teknolojisi, genom projesi, kök hücre tedavisi gibi biyoteknolojik kavramları öğrenmede ciddi zorluklar yaşadıkları ve bu zorlukların temel nedenlerinden birinin öğretmenin sınıf içinde uyguladığı yöntemler olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, öğretmenin konuya hâkimiyet düzeyinin ve kullandığı öğretim stratejilerinin, öğrencilerin kavramsal öğrenme süreçlerini doğrudan etkilediğini göstermektedir. Benzer şekilde, bu çalışmada elde edilen bulgular da biyoloji öğretmen adaylarının özellikle prosedürel ve nominal düzeyde yetersizlikler taşıdığını ortaya koymuştur. Katılımcıların önemli bir bölümü, rekombinant DNA, gen transferi, kök hücre gibi temel biyoteknolojik kavramlara yüzeysel düzeyde hâkim olmakla birlikte, bu kavramların bilimsel içeriğini derinlemesine açıklamakta ve farklı bağlamlarla ilişkilendirmekte zorlanmıştır. Her iki çalışmanın bulguları birlikte değerlendirildiğinde, öğretmende var olan bilgi eksikliklerinin doğrudan öğrencilerin biyoteknolojiye ilişkin kavramları öğrenmesinde bir engel

oluşturabileceği sonucuna varılabilir. Öğrencilerin öğrenme güçlükleri yalnızca bireysel yetersizliklere değil, öğretmenin konuya yönelik bilgisi ve öğretim yaklaşımına da bağlıdır. Bu bağlamda, öğretmen adaylarının kavramsal yeterliliklerinin artırılması, öğrencilerin biyoteknoloji alanında daha sağlam ve anlamlı öğrenmeler gerçekleştirebilmeleri için önemlidir.

De la Hoz ve arkadaşları (2022) tarafından yürütülen çalışma, İsveç'te öğrenim gören ilköğretim öğretmen adaylarının biyoteknoloji uygulamalarına ilişkin farkındalıklarının yüksek olmasına karşın, temel genetik kavramlar konusunda belirgin bilgi eksikliklerine sahip olduklarını ortaya koymuştur. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular da benzer bir eğilim göstermektedir. Araştırmaya katılan biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknolojiye yönelik görüşlerinin genel olarak olumlu olduğu ve biyoteknolojik uygulamalara dair farkındalık düzeylerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, bazı temel biyoteknolojik kavramlar ile genetikle ilişkili bilgi alanlarında çeşitli eksikliklerin bulunduğu belirlenmiştir.

Fonseca ve arkadaşları (2012) tarafından Portekiz'de gerçekleştirilen araştırmada, biyoloji öğretmenlerinin biyoteknolojiye ve biyoteknoloji eğitimine yönelik inançları arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bulgular, öğretmenlerin biyoteknolojiye genel olarak olumlu yaklaştıklarını, bu alanın toplumsal faydalarını kabul ettiklerini ancak aynı zamanda etik kaygılar taşıdıklarını, bazı biyoteknolojik uygulamaların risk oluşturabileceğini düşündüklerini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, bu çalışmada da biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknolojiye yönelik olumlu bir görüşe sahip oldukları, ancak etik, sosyal ve çevresel boyutlara ilişkin bilgi düzeylerinin sınırlı olduğu ve bu alanlarda kaygılar taşıdıkları belirlenmiştir. Nitel verilerde bazı katılımcıların genetik müdahalelerin insan sağlığı ve doğal denge üzerindeki olası etkilerine ilişkin çekincelerini dile getirdikleri, etik tartışmalara yer verdikleri ve biyoteknolojik uygulamaların gelecekte ne gibi sonuçlar doğurabileceği konusunda endişeler taşıdıkları görülmüştür. Her iki çalışmanın bulguları birlikte değerlendirildiğinde, öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının biyoteknolojiye olumlu yaklaşsalar da etik sorunlar ve bilgi eksiklikleri nedeniyle kaygı yaşadıkları görülmüştür.

Chabalengula ve arkadaşları (2011) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, Amerika'da öğrenim gören ilköğretim öğretmen adaylarının birçoğunun biyoteknoloji, genetik mühendisliği ve genetiği değiştirilmiş gıdalar hakkında bilgi düzeyinin yetersiz olduğu, güncel bilimsel gelişmelere yeterince hâkim olmadıkları sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada

da benzer şekilde biyoloji öğretmen adaylarının bazı biyoteknolojik kavramlara (örneğin gen transferi, kök hücre, rekombinant DNA teknolojisi, GDO) ilişkin temel bilgilere sahip oldukları ancak bu bilgilerin büyük ölçüde yüzeysel düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca bazı adayların verdikleri örneklerin genellikle eski bilgilerle sınırlı kaldığı, adayların cevaplarında çağdaş biyoteknolojik yaklaşımlara yeterince yer verilmediği saptanmıştır. Her iki çalışmanın bulguları birlikte değerlendirildiğinde, farklı coğrafi ve eğitim sistemlerine sahip ülkelerde bile öğretmen adaylarının biyoteknolojiye dair yeterli donanıma sahip olmamalarının ortak bir sorun olduğu görülmektedir. Bu durum, biyoteknolojinin öğretmen yetiştirme programlarında daha kapsamlı ve güncel içeriklerle ele alınmasının gerekliliğine işaret etmektedir.

Sonuç olarak, yürütülen tez çalışmasında elde edilen bulgular, ulusal ve uluslararası literatürde yer alan birçok çalışmayla örtüşmekte ve öğretmen adaylarının biyoteknolojiye yönelik okuryazarlık düzeylerinin geliştirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Eğitim içerikleri ve pedagojik yaklaşımlar biyoteknoloji okuryazarlığında belirleyici faktörler olarak öne çıkmakta özellikle nominal ve prosedürel boyutlarda ve etik konularda yetersizliklerin yaygın olduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarının bu eksiklikleri, doğrudan öğrencilerin öğrenmelerine ve biyoteknolojik gelişmelere karşı görüşlerine yansımakta, öğretmen yeterlikleri ile öğrenci başarısı arasında güçlü bir ilişki bulunduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, biyoteknoloji eğitiminin öğretmen yetiştirme programlarında daha yapılandırılmış, güncel, uygulama temelli ve çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınması, hem öğretmen adaylarının bilimsel yeterliklerini artıracak hem de toplumun biyoteknoloji okuryazarlık düzeyinin yükselmesine katkı sağlayacaktır. Bu sonuçlar doğrultusunda birtakım öneriler geliştirilmiştir.

5.2. Öneriler

Araştırmanın sonuçlar doğrultusunda bazı öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Öncelikle, biyoteknoloji eğitimi üniversitelerde tüm biyoloji öğretmen adayları için zorunlu ders olarak sunulmalıdır. Hâlen birçok öğretim programında seçmeli ders olarak yer alan biyoteknoloji dersi, tüm adaylara eşit düzeyde erişim sunmamakta ve bu durum adaylar arasında bilgi düzeyi farklarına yol açabilmektedir. Ders içerikleri sadece teknik bilgiyle sınırlı kalmamalı, aynı zamanda uygulamalı laboratuvar etkinlikleri, vaka analizleri, güncel haber tartışmaları ve proje tabanlı öğrenme

uygulamalarıyla desteklenmelidir.

- Araştırmada özellikle prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığı alanında belirgin eksiklikler gözlenmiştir. Bu nedenle, adayların deney tasarımı, kontrol grubu kullanımı, değişken tanımlama gibi bilimsel süreç becerilerini geliştirmeye yönelik olarak, öğretim programlarına "Deneysel Biyoteknoloji Modülleri" eklenmelidir. Bu modüller kapsamında öğretmen adayları, özgün deney senaryoları tasarlamalı, araştırma sorusu oluşturmalı ve hipotez kurarak raporlamalıdır. Ayrıca sanal laboratuvar uygulamaları ve simülasyon yazılımları (örneğin Labster, PhET) kullanılarak adaylara dijital uygulama ortamları sunulmalıdır.
- Öğretmen adaylarına bilimsel bilgiye ulaşma yolları, veri tabanı kullanımı, kaynak güvenilirliğini değerlendirme gibi beceriler kazandırılmalıdır. Biyoteknolojiye dair ulusal ve uluslararası dijital kaynaklar tanıtılmalıdır (örneğin: PubMed, NCBI, ScienceDirect, Nature Biotechnology, TÜBİTAK, Ulakbim). Akademik yazılı kaynaklara ek olarak, bilimsel doğrulanmış video içerikler, belgeseller, açık erişimli ders platformları (Coursera, edX vb.) da öğretim materyali olarak sunulmalıdır. Dijital çağın gereği olarak sosyal medyada bilim iletişimi yapan güvenilir hesaplar da öğrencilerle paylaşılmalı; böylece eleştirel medya okuryazarlığı becerileri desteklenmelidir.
- Biyoteknolojiye ilişkin yanlış bilgilerin ve önyargıların nasıl giderilebileceği konusunda çözüm önerisi olarak, öğretmen adayları için bilim iletişimi, halkla bilim ve medya okuryazarlığı gibi konular eğitim programlarına entegre edilmelidir. Okul dışı öğrenme ortamları (bilim fuarları, bilim şenlikleri vb.) gibi yaygın eğitim araçlarıyla doğru bilgi aktarımı desteklenmelidir. Sosyal medya platformlarında biyoteknolojiye dair doğru bilgi veren içerikler üretmeleri teşvik edilmelidir. Ayrıca, öğretmen adaylarına bilimsel bilgi ile toplumsal önyargılar arasındaki ilişkiyi analiz edebilecek çözümleyici düşünme becerileri kazandırılmalıdır.
- Nominal ve kavramsal bilgi düzeylerinde görülen eksikliklerin azaltılması için kavram öğretiminde yapılandırmacı yöntemler tercih edilmelidir. Kavram haritaları, kavramsal değişim metinleri, örnek–karşı örnek teknikleri gibi öğretim yöntemleri aracılığıyla adayların biyoteknolojik kavramları anlamaları ve kavram yanılgılarını fark etmeleri sağlanmalıdır. Özellikle "rekombinant DNA", "gen terapisi", "transgenik organizma" gibi yanlış anlaşılmaya açık terimlerin öğretiminde çoklu sunum teknikleri (video, infografik, vaka örneği) kullanılmalıdır.

- Fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığı düzeyinde öğretmen adayları yaşamla ilişki kurabilme açısından kısmen başarılı olsalar da bu bilgiler çoğu zaman yüzeysel kalmakta ve eleştirel düşünme eksikliği barındırmaktadır. Bu nedenle adaylara yönelik "Sosyo-Bilimsel Münazara Etkinlikleri" ve etkileşimli grup tartışmaları düzenlenmelidir. Örneğin, "GDO kullanımı yasaklanmalı mı?", "İnsan embriyosuna müdahale etik midir?" gibi sorular üzerinden öğrencilerin fikir üretmesi ve etik, toplumsal, çevresel yönleri birlikte değerlendirmesi teşvik edilmelidir.
- Çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı açısından adayların toplumsal farkındalıklarının desteklenmesi amacıyla, öğretmen adayları için toplum temelli biyoteknoloji iletişimi projeleri teşvik edilmelidir. Bu kapsamda adaylar sosyal medya kampanyaları, halk eğitimi seminerleri, afiş ve broşür tasarımı, kısa bilgilendirici videolar gibi araçlarla toplumun biyoteknoloji konusunda bilinçlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütebilir. Böylelikle öğretmen adayları hem öğrenmelerini toplumsal sorumlulukla bütünleştirir hem de bilimsel bilgiyi halka aktarma becerisi kazanır.
- Araştırma bulgularına göre biyoteknoloji eğitimi alan adayların başarı düzeyleri belirgin biçimde daha yüksektir. Bu nedenle biyoteknoloji eğitimine sadece lisans döneminde değil, mezuniyet sonrası da devam edilmelidir. Millî Eğitim Bakanlığı ve üniversiteler iş birliğiyle "Hizmet İçi Biyoteknoloji Eğitim Programları" geliştirilmeli, öğretmenlerin alandaki güncel gelişmeleri takip etmeleri desteklenmelidir. Ayrıca öğretmen yetiştirme sürecinde güncel gelişmelerin izlendiği bir platform veya dijital içerik kitaplığı oluşturularak adayların sürekli erişebileceği açık kaynak materyaller sağlanmalıdır.
- Biyoteknoloji okuryazarlığı yüksek düzeyde olan öğretmenlerin yetiştirilmesi, yalnızca öğrencilerin bu alandaki bilgi ve becerilerini geliştirmekle kalmayıp, aynı zamanda toplumun biyoteknoloji temelli ürünlere ve yenilikçi uygulamalara yönelik farkındalığını ve benimseme düzeyini artırarak, uzun vadede bilimsel gelişmelere öncülük edecek ve ülkenin ekonomik kalkınmasına stratejik düzeyde katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Açıkgül Fırat, E. (2015). *Web 2.0 araçlarıyla desteklenen öğretimin öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlıklarına etkisi.* İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Malatya.

Açıkgül Fırat, E., & Köksal, M. S. (2019). Development and validation of the biotechnology literacy test. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *47*(2), 179-188.

Akçay, S. (2016). Öğretmen adaylarının biyoteknoloji algısının metaforlar yoluyla analizi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 17*(3), 139-151.

Aksoy, Z. B., & Soydemir, E. (2017). Polimorfizm. *Güncel Gastroenteroloji, 21*(1), 9–13.

Alkaya, N. (2024). *Fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Arslankara, V. (2019). *Fen bilgisi eğitiminde biyoteknolojinin önemine yönelik fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri: Konya örneği.* Yüksek Lisans Tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimler Enstitüsü, Konya.

Bahadır, E. (2011). *İlköğretim 8. sınıf "maddenin halleri ve ısı ünitesi"nin öğretiminde işbirlikli öğrenme temelli bilimsel mektupların kullanılmasının öğrencilerin tutum, başarı ve bilimsel-okuryazarlıklarına etkisinin incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.

Bahri, N. M., Suryawati, E., & Osman, K. (2014). Students' biotechnology literacy: The pillars of STEM education in Malaysia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 10*(3), 195–207. https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1074a

Bhatia, S., & Goli, D. (2018). *Introduction to pharmaceutical biotechnology: Volume 1 – Basic techniques and concepts*. Bristol, UK: IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/978-0-7503-1299-8

Büyüköztürk, Ş. (2018). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Ankara: Pegem Akademi.

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2022). *Eğitimde Bilimsel Araştırma Yöntemleri.* Ankara: Pegem Akademi.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Casanoves, M., González, Á., Salvadó, Z., Haro, J., & Novo, M. (2015). Knowledge and attitudes towards biotechnology of elementary education preservice teachers: The first Spanish experience. *International Journal of Science Education, 37*(17), 2923–2941. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1116718

Chabalengula, V. M., Mumba, F., & Chitiyo, J. (2011). Elementary education preservice teachers' understanding of biotechnology and its related processes. *Biochemistry and Molecular Biology Education, 39*(4), 321–325. https://doi.org/10.1002/bmb.20505

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2015). *Karma yöntem araştırmaları tasarımı ve yürütülmesi* (2. baskı). Ankara: Anı Yayıncılık.

Çamur, E. (2016). *Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji uygulamalarına yönelik tutumları ile bilimsel epistemolojik inançları arasındaki ilişki.* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çaycı, N. B., & Doğru, A. (2024). Fen bilimleri eğitimi alanında genetik, genetik mühendisliği ve biyoteknoloji konusunda yapılmış lisansüstü tez ve makalelerin incelenmesi. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, *8*(1), 50-69.

Çelik, O. (2009). *Ortaöğretim düzeyinde biyoteknoloji öğretiminin etkililiğinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Çelik-Akdur, E. (2012). *BYM613: Genetik mühendisliği* [Ders notları]. Hacettepe Üniversitesi, Biyomühendislik Bölümü. Erişim adresi: https://yunus.hacettepe.edu.tr/~edacelik/613-web/notes/BYM613-1-Intro.pdf

Çerci, E., & Erdost, H. (2019). Kök hücre. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 14*(2), 221-228.

Çetinkaya, P. G., Soyer, Ö. U., & Şahiner, Ü. M. (2015). Genetiği değiştirilmiş organizmalar ve alerji arasındaki ilişki. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 58*, 166–170.

Darçın, E. S. (2007). *Fen-teknoloji ve biyoloji öğretmen adayları için biyoteknoloji*

eğitiminin deneysel planlanması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

De la Hoz, M. C., Solé-Llussà, A., Haro, J., Gericke, N., & Valls, C. (2022). Student primary teachers' knowledge and attitudes towards biotechnology-are they prepared to teach biotechnological literacy. *Journal of Science Education and Technology, 31*(2), 203-216.

Demir, A. (2018). Ölümsüzlük ve yapay zekâ bağlamında trans-hümanizm. *AJIT-e: Bilişim Teknolojileri Online Dergisi*, *9*(31), 95-104.

Demir, A., & Pala, A. (2007). Genetiği değiştirilmiş organizmalara toplumun bakış açısı. *Hayvansal Üretim*, *48*(1), 33-43.

Doğan Alakoç, Y. (2010). Adli bilimlerde DNA analizleri. *Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, 9*(2), 1–8.

Fonseca, M. J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. *Teaching and Teacher Education, 28*(3), 368–381. https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.11.026

George, D., & Mallery, P. (2010). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference, 17.0 update* (10th ed.). Boston, MA: Pearson Education, Inc.

Gürkan, G., & Kahraman, S. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknoloji ve genetik mühendisliği bilgi düzeyleri. *Karaelmas Journal of Educational Sciences, 6,* 25-39.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Harlow, England: Pearson Education Limited.

İskender, B., & Canatan, H. (2013). İndüklenmiş pluripotent kök hücreler ve hücre tedavisi. *Journal of Clinical and Experimental Investigations, 4*(4), 550-561. https://doi.org/10.5799/ahinjs.01.2013.04.0346

Karaşahin, T. (2012). Embriyonik Kök Hücreler. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 9*(1), 65-71.

Kaya, H. (2015). *Fen bilgisi öğretmenlerinin gözüyle biyoteknoloji öğretimi.* Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

Kıvanç, Z., & Görgülü Arı, A. (2019). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji ve

Genetiği Değiştirilmiş Organizma (GDO) Konularında Tutumlarının Değerlendirilmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, *10*(1), 37-57.

Koçdor, H., Sezer, E., Erbayraktar, Z., Pabuççuoğlu, A., Onat, T., Oktay, G., & others. (2017). The report of the 1st Turkey in vitro diagnostic symposium results. *Turkish Journal of Biochemistry, 42*(1). https://doi.org/10.1515/tjb-2016-0286

Koçdor, H. (2022). Geçmişten günümüze biyoteknoloji. In H. Koçdor, A. Pabuççuoğlu, F. Zihnioğlu, & F. Sağın (Eds.), *Sağlık biyoteknolojisi* (1st ed., pp. 1-10). Ankara: Türkiye Klinikleri.

Koçoğlu, T., & Yalçınkaya, T. (1992). Rekombinant DNA teknolojisi. *Mikrobiyoloji Bülteni, 26*(2), 177–188.

Konak, M. A., & Hasancebi, S. (2021). Biyoloji öğretmenlerinin biyoteknoloji ve uygulamalarına yönelik bilgi ve tutumlarının değerlendirilmesi. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education, 10*(1), 1-15.

Konak, M. A., & Sürmeli, H. (2021). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknolojiye Yönelik Tutumları ve Biyoetik Değerleri: Biyoteknolojinin Renkleri Projesi. *Türkiye Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, *6*(2), 378-399.

Miles, M, B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook.* (2nd ed). Thousand Oaks, CA: Sage.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı.* Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı. Erişim adresi: https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937-FEN%20BİLİMLERİ%20ÖĞRETİM%20PROGRAMI2018.pdf

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024a). *Fen bilimleri dersi öğretim programı.* Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı. Erişim adresi: https://tymm.meb.gov.tr/ogretim-programlari/fen-bilimleri-dersi

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024b). *Biyoloji dersi öğretim programı.* Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı. Erişim adresi: https://tymm.meb.gov.tr/ogretim-programlari/biyoloji-dersi

Mutlu, Y. (2023). *Lise öğrencilerinin biyoteknolojiye yönelik tutumlarının değerlendirilmesi: Ağrı ili örneği.* Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Iğdır.

Öcal, E. (2012). *İlköğretim fen bilgisi öğretmenlerinin biyoteknoloji (genetik mühendisliği) farkındalık düzeyleri.* Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Malatya.

Özen, A., Gül, İ., Ceylan, A. & Özgenç, Ö., (2016). Isolation of adipose tissue- derived stem cells. *Turkish J Vet Anim Sci*, *40*, 137–141.

Öztaş, F., Yel, M., & Öztaş, H. (2005). Biyoloji eğitiminin diğer canlılar ve çevreye karşı insan etik değerlerinin oluşumu üzerine etkileri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 25*(3), 295–306.

Pas, M., Vogrinc, J., Raspor, P., Udovč Kneževič, N., & Čehovin Zajc, J. (2019). Biotechnology learning in Slovenian upper-secondary education: Gaining knowledge and forming attitudes. *Research in Science & Technological Education*, *37*(1), 110-125.

Pham, P. V. (2018). Medical biotechnology: Techniques and applications. In V. K. Gupta & M. G. Tuohy (Eds.), *Omics technologies and bio-engineering* (pp. 449–469). Cambridge, MA: Academic Press

Salman Ünver, S., & Aksan Kurnaz, I. (2020). *Biyoteknoloji çağına hoş geldiniz*. Aba Yayın. Erişim adresi: https://books.google.com.tr/books?id=30ILEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Sevim, H., & Gürpınar, Ö. (2015). İndüklenmiş Pluripotent Kök Hücreler ve Uygulamaları. *Marmara Medical Journal, 25*(1), 5-9.

Sevimli Gür, C. & Öz, A. (2022). Türkiye'de farklı eğitim düzeylerinde biyoteknoloji eğitiminin önemi. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi/Karaelmas Journal of Educational Sciences, 10*, 62-68.

Sıcaker, A., & Aydın, S. Ö. (2015). Ortaöğretim biyoteknoloji ve gen mühendisliği kavramlarının öğrenciler tarafından değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *34*(2), 51-67.

Simon, E. J., Dickey, J.L., Hogan, K. A. & Reece, J. B. (2017). *Campbell Temel Biyoloji.* Gündüz, E., & Türkkan, İ. (Ed.). Ankara: Palme.

Sinan, O. (2015). Öğrencilerin biyoteknoloji ile ilgili bilgi ve tutumların farklı değişkenlere göre incelenmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 12*(1), 183-

201.

Soğukpınar, R. (2019). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının genetik ve biyoteknolojiye yönelik tutumlarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

Soğukpınar, R., & Karışan, D. (2020). Genetik ve biyoteknolojiye yönelik bilgi ve tutumlar: bir derleme çalışması. *Çağdaş Yönetim Bilimleri Dergisi*, *7*(1), 19-50.

Sönmez, V., & Alacapınar, F. G. (2019). *Örneklendirilmiş Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Anı.

Sürmeli, H., & Şahin, F. (2010). Üniversite öğrencilerinin biyoteknoloji çalışmalarına yönelik tutumları. *Eğitim ve Bilim*, *35*(155).

Şahin, B. (2022). *Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji öğretimi konusundaki görüşlerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Şahin, B., & Ünaldı Coral, M. N. (2023). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Öğretimi Konusundaki Görüşlerinin İncelenmesi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, *11* (2), 327-355.

Tashakkori, A. & Creswell, J. (2007). The new era of mixed methods. *Journal of Mixed Methods Research*, *1*(1), 3-8.

Turan, M., & Koç, İ. (2012). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Uygulamalarına Yönelik Tutumları. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *2*(2), 74-83.

Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2015). *Türkiye biyoteknoloji stratejisi ve eylem planı (2015–2018).* Ankara: Yazar. Erişim adresi: http://www.sanayi.gov.tr/DokumanGetHandler.ashx?dokumanId=017882b9-01fe-4b8c-86dd-b5d9ca996e60 (Erişim tarihi: 20.05.2023)

Verma, A. S., Agrahari, S., Rastogi, S., & Singh, A. (2011). Biotechnology in the realm of history. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences, 3*(3), 321.

Winter, S., & Bill, T. (2022). The future of genetic engineering in biotechnology. *Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering, 9*(1), 1–3. https://doi.org/10.15406/jabb.2022.09.00276

Yeung, A. W. K., Tzvetkov, N. T., Gupta, V. K., Gupta, S. C., Orive, G., Bonn, G. K., Fiebich, B., Bishayee, A., Efferth, T. & Atanasov, A. G. (2019). Current research in biotechnology: exploring the biotech forefront. *Current Research in Biotechnology, 1*, 34-40.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin.

Yılmaz, B., Üner, A. K., & Ercan, A. (2015). Üniversite öğrencilerinin biyoteknoloji ve genetiği değiştirilmiş gıdalar ile ilgili tutumları. *Akademik Gastroenteroloji Dergisi*, *14*(2), 64-71.

Yüce, Z. (2011). *Fen bilgisi öğretmenliği öğrencilerinin biyoteknoloji konusundaki bilgileri ve biyoteknoloji uygulamalarına yönelik biyoetik yaklaşımları: Tutum, görüş ve değer yargıları.* Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yüce, Z., & Yalçın, N. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknoloji konusundaki bilgi düzeyleri. *X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 27-30.

EKLER

EK 1: Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi

1. "Rekombinant gen" kavramı aşağıdaki disiplinlerden hangisiyle ilişkilidir? (Nominal)
A) Moleküler Biyoloji
B) Hücre Biyolojisi
C) Mikrobiyoloji
D) Kimya Mühendisliği
E) Genetik Mühendisliği

2. Süt ürünlerinin üretimi aşağıdaki biyoteknolojik uygulama alanlarından hangisine aittir? (Nominal)
A) Rekombinant gen teknolojisi
B) Enzim teknolojisi
C) Çevre teknolojisi
D) Fermantasyon teknolojisi
E) Yenilenebilir kaynak teknolojisi

3. GDO aşağıdaki alanlardan hangisiyle en çok ilişkilidir? (Nominal)
A) Moleküler Biyoloji
B) Genetik Mühendisliği
C) Mikrobiyoloji
D) Biyokimya
E) Hücre Biyolojisi

4. "Rekombinant DNA moleküllerinin uygun bir konak hücreye sokularak orada çoğaltılması işlemine verilen addır." tanımı hangi kavrama aittir? (Nominal)
A) Transgenik Organizma
B) Genetiği Değiştirilmiş Organizma
C) Gen Klonlama
D) Fermentasyon
E) Rekombinant Gen

5. "Endüstriyel uygulamalarda kullanma amacıyla genetiği değiştirilmiş organizmaların belirli kimyasal işlemleri yürütmek üzere kullanılması" tanımı hangi bilim dalına aittir? (Nominal)
A) Biyoteknoloji
B) Biyokimya
C) Moleküler Biyoloji
D) Genetik Mühendisliği
E) Mikrobiyoloji

6. Aşağıdaki tanımlardan hangisi DNA parmak izini ifade eder? (Nominal)
A) Bir DNA parçasının izole edilmesi ve replike olabileceği bir vektörün içine sokulması.
B) Fonksiyonunu yapamayan bir genin neden olduğu bir hastalığın, bu genin normal fonksiyona sahip bir kopyasının kullanılması ile tedavi edilmesi.
C) Genetik mühendisliği tekniklerini kullanarak bir doku örneğindeki DNA'nın kökenini belirleme.
D) Kendine eklenen klonlanmış DNA'yı kararlı bir şekilde barındıran bitki ve hayvan.
E) Belirlenmesi kolay bir ürün kodladığı için bir vektör içine dahil edilen bir gen.

7. Aşağıda verilen biyoteknolojik gelişmelerden hangisi daha önce gerçekleşmiştir? (Çok boyutlu)
A) İnsan genleri haritası
B) Genetik parmak izi
C) İnsan genom projesi
D) Genetik müh. ile geliştirilmiş domates
E) Başarıyla klonlanan ilk memeli Dolly

8. Genetik yapısı değiştirilen koli basili (e. coli) bakterisi, şekeri, mazota çok yakın bir yakıta dönüştürdü. Bu işlemin kapsamı büyütülebilirse, sentetik yakıtın fosil yakıt enerjisine alternatif olabileceği düşünülüyor. Sonuçları 'Proceedings of the National Academy of Sciences' dergisinde yayınlanan araştırmayı yürüten ekipte yer alan Prof. John Love, "Biyoyakıtlar gibi ikame yakıtlar yerine, yedek bir fosil yakıt geliştirdik. Amaç; araba üreticilerinin, tüketicilerin ve akaryakıt bayilerinin değişikliği fark etmemesidir" yorumunu yaptı. Yukarıdaki haberde geçen "genetik yapısı değiştirilen koli basili bakterisi" ile anlatılmak istenen nedir? (Fonksiyonel)
A) Bakterinin kalıtsal materyalini değiştirme
B) Bakterinin hücre mekanizmasını değiştirme
C) Bakterinin toplam protein sayısını değiştirme
D) Bakterinin çoğalma hızını değiştirme
E) Bakterinin kromozomlarını değiştirme

9. Bilim insanları, laboratuvar ortamında gerçeğinden farksız olarak çalışan böbrek geliştirmeyi başardı. Fare hücrelerinden geliştirilen böbrek, canlı bir hayvana başarıyla nakledildi. Elde edilen başarı, uzun dönemde böbrek yetmezliği çeken insanlara kendi dokularına uyumlu organ geliştirilmesini sağlayabilir. Yukarıda geçen haberde belirtilen böbrek geliştirme süreci aşağıdaki biyoteknolojik uygulamalardan hangisine örnektir? (Fonksiyonel)
A) Fermantasyon
B) GDO
C) DNA parmak izi
D) Kök Hücre
E) Transgenik organizma

10. Bilim insanları, vahşi doğada en son 1979'da görülen ve 1983'te nesli yok olduğu kabul edilen midede üreyen kurbağanın (Rheobatrachus), yeniden hayata dönmesi adına önemli bir adım attı. Nesli tükenen canlılara ait örnekleri 30 yıl boyunca donmuş halde saklayan Avustralyalı kurbağa araştırmacısı Mike Tyler, tarihi deney için gereken DNA'yı sağlayan kişi oldu. New South Wales Üniversitesi'nden paleontolog Michael Archer, yumurtalarını gelişme safhasında karnında taşıyan kurbağanın DNA'sını kullanarak yeni embriyolar geliştirmeyi başardı.Yukarıda verilen haberde "kurbağanın DNA'sını kullanarak yeni embriyolar geliştirme" ile anlatılmak istenen biyoteknolojik uygulama hangisidir? (Fonksiyonel)
A) Fermantasyon
B) GDO
C) DNA parmak izi
D) Kök Hücre
E) Klonlama

11. Biyoteknolojik çalışmalarda virüsler hangi uygulamalarla ilişkili olarak kullanılmaktadır? (Nominal)
A) Fermantasyon
B) Tanı kitleri
C) İlaç üretimi (antibiyotik, aşı)
D)Gen transferi
E) Atık suların arıtımı

12. DNA'yı oluşturan nükleotit dizisinin RNA polimeraz enzimi tarafından bir RNA dizisi olarak kopyalanması sürecine ne denir? (Nominal)
A) Transkripsiyon
B) Translasyon
C) Transformasyon
D)Replikasyon
E) Transdüksiyon

13. Bilim insanları yaptıkları çalışmalar sonucunda GDO (genetiği değiştirilmiş organizma)'nun insan sağlığına zararlı olduğu sonucuna varmışlar ve bugün Fen ve Teknoloji kitaplarında GDO'nun insan sağlığına zararlarının tartışıldığı bilgisi yer almaktadır. Sizce bu bilgiler gelecekte değişebilir mi? (Çok boyutlu)
A) Bu bilimsel bir bilgidir ve ispatlanmış gerçek olduğu için hiçbir zaman gelişmez.
B) Bilim insanları birçok deney yaparak bu bilgilere ulaşmışlardır, bu nedenle bu bilgi her zaman doğrudur, değişmez.
C) Bilimsel bilgi değişir gibi görünür ama aslında değişmez; çünkü eski bilgiye yeni bilgiler eklenir, eski bilgiler aynen kalır.
D) Eski bilgiler yeni buluşların ışığında yeniden yorumlanır; dolayısıyla hiçbir bilgi kalıcı değildir.
E) Yeni bilgiler eski bilginin yerini alır.

14. Sirke sineğinin genlerini değiştirerek ömürlerini uzatmayı başaran biyoteknolog kimdir? (Çok boyutlu)
A. Dolly Patron
B. Ian Wilmut
C. Neal First
D. Steen Willadsen
E. Walter Gehring

15. İki arkadaş konuşurken Ayşe Elif'e: "Ali'nin ailesinde kalıtsal bir hastalık olduğu için doğacak olan kardeşinin de Ali gibi hasta olacak olmasına çok üzülüyorum" diyor. Elif'te ona "Boşuna telaşlanma doğmadan hasta olacağını anlayamazsın. Bunun kesin olduğunu nereden biliyorsun, ispatla o zaman." diyor. Elif'in kanıt talep etmesinde, herhangi bir yanlış durum var mıdır? Varsa bu durum nedir? (Çok boyutlu)
A) Herhangi bir yanlış durum yoktur, böyle bir iddia, somut güçlü bir bilimsel kanıt gerektirir.
B) Herhangi bir ispat gerekmemelidir çünkü çok sınırlı kanıtlarla, genel bir durumu ispat etmek mümkün değildir
C) Herhangi bir ispat gerekmez çünkü daha önce de birçok insan böyle durumlarla karşılaşmıştır.
D) Bu tip iddialar asılsızdır, kanıt gerektirmez.
E) Bu tip iddialar için, kanıt imkânsızdır ve bu sebeple talep edilmemelidir.

16. Bir bilim insanı, soğukta domates üretimini sağlamak istemektedir. Bunun için kutuplarda yaşayan bir tür balıktan gen almayı düşünmektedir. Hipotezi, kutuplarda yaşayan bir tür balıktan gen alınıp domatese aktarılırsa soğukta domates yetiştirilebileceğidir. Bilim insanı bu hipotezi nasıl sınar? (Prosedürel)
A) Farklı türlerden gen alarak domatesin yaprağının soğukta gelişimini gözlemler.
B) Her sulamadan bir gün sonra domates bitkisinin boyunu ölçer.
C) Farklı alanlardaki bitkilere verilen su miktarını ölçer.
D) Her alana ektiği tohum sayısına bakar.
E) Her gün domatese farklı miktarlarda su verir.

17. Bir biyoteknolog bir tütün bitkisinde ateş böceği genlerinin işlev görüp görmeyeceğini merak etmektedir. Ateş böceğindeki ışık saçmadan sorumlu geni alıp biyoteknolojik yollarla tütün bitkisine aktardıktan sonra benzer gelişim evresinde olan bir tütün bitkisiyle aynı ortamda büyütmüştür. Böyle bir uygulamanın başlangıcında biyoteknoloğun yapılandırdığı hipotez aşağıdakilerden hangisidir? (Prosedürel)
A) Gen aktarılan tütün bitkisi ışık saçacaktır.
B) Gen aktarılan bitki ve aktarılamayan bitki arasında ışık saçma açısından farklılık olacaktır.
C) Her iki bitkinin de gelişimi yavaşlayacaktır.
D) İki bitkide de farklılık gözlenmeyecektir.
E) Gen aktarılan tütün bitkisinin yaprakları sararacaktır.

18.
1. Her yıl soğuğa daha dayanıklı bitkilerin tohumlarını seçerek kullandığımızda giderek bu özelliği gelişmiş bir nesil elde ederiz.
2. Bir bakteriye insan insülini geni aktarıldığında ticari olarak çok fazla sayıda insülin üretebiliriz.
3. Böceklere karşı dirençli bir bitkinin geni mısıra aktarılarak böceğe karşı dirençli mısır elde edebiliriz.
4. Atık sulardaki petrol ürünleriyle etkileşen bakterilerin bu ortamlara ekilmesiyle atık temizleme işlemi yapılabilir.
Yukarıdakilerden hangisi bir biyoteknoloğun kurabileceği hipotezlerdendir? (Çok boyutlu)
A) Yalnız I B) II ve III C) II ve IV D) I, II, IV E) II, III, IV

19. Çabuk yaprak dökmeyen bir ağacın yaprak dökmemeden sorumlu genlerinin çabuk yaprak döken bir bitkiye aktarılması sonucu daha uzun süre yapraklarını koruyan bir bitki elde etmek isteniyor. Bu amaçla kontrol ve deney grupları tasarlanmış ve yapılan deneyler sonucunda kontrol grubundaki bitkinin yapraklar deney grubundaki gen aktarılan bitkinin yapraklarından 1.5 hafta önce dökülmüştür. Bu deneysel araştırmadaki bağımlı değişken aşağıdakilerden hangisidir? (Prosedürel)
A) Yaprak döküp dökmeme durumu
B) Yaprağını dökmeme Süresi
C) Aktarılan gen sayısı
D) Dökülmeyen yaprak büyüklüğü
E) Bitki türlerinin farklılığı

20. İnsan genetik yapısının incelenmesi sonucunda bazı genlerin suça eğilimi artırdığı düşünülmektedir. Bir biyoteknolog genleri farelere aktararak farelerin davranışlarındaki değişimleri izlemiş ve suça eğilime neden olan genleri tespit etmiştir. Bu bilimsel araştırma sürecindeki bağımlı değişken nedir? (Prosedürel)

A) İnsanlarda yer alan genler
B) Suça eğilime neden olan genler
C) Farelerin davranışları
D) Farede yer alan genler
E) Farelere aktarılan genler

21. Bir biyoteknolog yapay bir rahim oluşturularak prematu re bebeklerin yaşayıp gelişecekleri bir ortam hazırlanır hipotezini kurdu. Hipotezini sınamak için yapay bir rahim oluşturarak gebelik su resi ortalama 20 hafta olan bir keçi yavrusunu 17. haftada anne keçinin rahminden aldı. Bu yavruyu hazırladıg ı yapay rahme koyarak 3 haftada gelişmesini tamamladı. Biyoteknolog bu süreçte hangi bilimsel süreci kullanılmaktadır? (Prosedürel)
A) Grupları karşılaştırarak sonuca ulaşmıştır.
B) İki değişken arasındaki ilişkiyi gözlemlemiştir.
C) Gözlem yaparak sonuca ulaşmıştır.
D) Betimleme yaparak sonuca ulaşmıştır.
E) Deneysel bir yöntemle sonuca ulaşmıştır.

22. Penicilin'i keşfeden biyoteknolog kimdir? (Çok boyutlu)
A) Francis Crick
B) Gregor Mendel
C) James Watson
D) Chaim Weizmann
E) Alexander Fleming

23. Biyoteknologlar böbrek yetmezliği hastalarının tedavisinde kullanılan eritroproteinin sentezlenmesini sağlayan bir mikroorganizma geliştirmişlerdir. Bu süreçte kullanılan biyoteknolojik işlem hangisidir? (Prosedürel)
A) Fermantasyon
B) Gen Klonlama
C) Rekombinant DNA
D) İlaç üretimi
E) Arıtma

24. Biyoteknologlar, kelebek larvalarına dirençli domates, tütün ve pamuk gibi bitkiler elde etmişlerdir. Bu ürünler hangi biyoteknolojik işlemle elde edilmiştir? (Prosedürel)
A) Fermantasyon
B) Gen Klonlama
C) Rekombinant DNA
D) İlaç üretimi
E) Arıtma

25. Aktif çamur mikroorganizmaları aşağıdaki biyoteknolojik işlemlerin hangisinde kullanılmaktadır? (Prosedürel)
A) Fermantasyon
B) Gen Klonlama
C) Rekombinant DNA
D) İlaç üretimi
E) Arıtma

EK 2. “Biyoteknoloji Okuryazarlığı Testi” Kullanım İzin Belgesi

Re: ''Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi'' Yasal İzin 12 Ekim 2024 9:55

Kimden: Doç. Dr. ESRA AÇIKGÜL FIRAT

Kime: ŞEBNEM BAHTİYAR GÜRBÜZ

Merhaba, tabiki kullanabilirsiniz. İyi çalışmalar.

iOS için Outlook uygulamasını edinin

Gönderen: ŞEBNEM BAHTİYAR GÜRBÜZ
Gönderildi: Friday, October 11, 2024 10:57:00 PM
Kime: Doç. Dr. ESRA AÇIKGÜL FIRAT
Konu: "Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi" Yasal İzin

Sayın Esra Açıkgül Fırat hocam ‘’Web 2.0 Araçlarıyla Desteklenen Öğretimin Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlıklarına Etkisi’’ doktora tezinizde kullanılan “Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi’ni ‘’Biyoloji Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeyleri’’ konu başlıklı yüksek lisans tezimde sizi kaynak göstererek, ölçme aracı olarak kullanabilmek için izninizi rica ediyorum. Saygılar.
Şebnem Bahtiyar Gürbüz (Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Eğitimi - Yüksek lisans öğrencisi)

EK 3. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Değerli Öğretmen Adayı,

Bu çalışmada, **BİYOLOJİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ BİYOTEKNOLOJİ OKURYAZARLIK DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ** amaçlanmaktadır. Vereceğiz cevaplar gizli kalacağından lütfen adınız ve soyadınız da dahil hiçbir kişisel bilgiye yer vermeyiniz. Sizlerden istenilen veri toplama araçlarındaki her bir soruyu dikkatlice okuyarak, kendi durumunuzu en iyi yansıtan seçeneği (x) işareti koyarak belirtmeniz ve açık uçlu sorulara samimi cevaplar vermenizdir. Lütfen tüm soruları cevaplayınız. Çalışmaya vermiş olduğunuz kıymetli katkılarınız için çok teşekkür ediyoruz.

Şebnem Bahtiyar GÜRBÜZ, Yüksek Lisans Öğrencisi
Dr. Öğr. Üyesi Sultan ÇIKRIK, Tez Danışmanı

Tarih:

Cinsiyet: E □ K □

Sınıf: 1 □ 2 □ 3 □ 4 □

Biyoteknoloji ile ilgili aldığınız bir ders ya da eğitim varsa belirtiniz: ……
…….

Sorular:

1. Rekombinant DNA teknolojisi nedir? Günlük hayattaki uygulamalarına örnek verebilir misiniz?

2. Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) avantajlarını ve dezavantajlarını nasıl değerlendirirsiniz?

3. Biyoteknoloji ile yapılan gen transferi gibi uygulamalar, doğal dengeyi bozabilir mi? Sizce bu konuda nasıl önlemler alınmalı?

4. Bilim insanlarının laboratuvarda geliştirdiği organların gelecekte sağlık sistemine etkileri neler olabilir?

5. Bir biyoteknolog, deneylerinde bağımlı ve bağımsız değişkenleri nasıl belirler? Örnek bir uygulama üzerinden açıklayabilir misiniz?

6. Biyoteknolojik deneylerde kontrol gruplarının önemini nasıl açıklarsınız?

7. Biyoteknolojik gelişmeler hakkındaki yanlış bilgilerin ve önyargıların önlenmesi için neler yapılabilir?

8. Biyoteknoloji ile ilgili bilgi alabileceğiniz en güvenilir kaynaklar sizce hangileridir?

EK 4. Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu Kararı

Evrak Tarih ve Sayısı: 27.12.2024-E.1128764

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu

Sayı : E-77082166-302.08.01-1128764 27.12.2024
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

DAĞITIM YERLERİNE

Üniversitemiz Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Ana Bilim Dalı **Yüksek Lisans Öğrencisi Şebnem BAHTİYAR GÜRBÜZ'ün, Dr. Öğr.Üyesi Sultan ÇIKRIK'ın** danışmanlığında yürüttüğü ***"Biyoloji Öğretmen Adaylarinin Biyoteknoloji Okuryazarlik Düzeylerinin İncelenmesi"*** adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **10.12.2024** tarih ve **20** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2024 - 1931

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

DAĞITIM
Gereği:
Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sultan ÇIKRIK

Bilgi:
Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR...