



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İlköğretim Ana Bilim Dalı

İlköğretim Fen Bilgisi Eğitimi Programı

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ BİYOTEKNOLOJİ OKURYAZARLIK
DÜZEYLERİ

Naki ALKAYA

Doktora Tezi

Ankara, 2024

Liderlik, araştırma, inovasyon, kaliteli eğitim ve değişim ile

Daha ileriye ... En İyiyeye ...



İlköğretim Ana Bilim Dalı

İlköğretim Fen Bilgisi Eğitimi Programı

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ BİYOTEKNOLOJİ OKURYAZARLIK
DÜZEYLERİ

BIOTECHNOLOGICAL LITERACY LEVELS OF PROSPECTIVE SCIENCE TEACHERS

Naki ALKAYA

Doktora Tezi

Ankara, 2024

Kabul ve Onay

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Naki ALKAYA'nın hazırladığı "Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeyleri" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından **Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalında Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı Prof.Dr. Ergin HAMZAOĞLU

Jüri Üyesi (Danışman) Prof.Dr. Cemil AYDOĞDU

Jüri Üyesi Doç. Dr. Bilge GÖK

Jüri Üyesi Dr.Öğr. Üyesi Mustafa Bahadır AKTAN

Jüri Üyesi Dr.Öğr. Üyesi Hakkı İlker KOŞTUR

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından / / tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca / / tarihi itibarıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İsmail Hakkı MİRİCİ
Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Öz

Günümüzde bilimde en hızlı gelişen alanlardan biri biyoteknolojidir. Biyoteknoloji alanındaki yenilikleri öğrencilere tanıtmada en önemli öğenin öğretmenler olduğu düşünülmektedir. Bu durumda öğretmenlerin kendi biyoteknoloji okuryazarlıkları, öğrencilerde biyoteknoloji okuryazarlığı oluşturmada önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri ortaya çıkarılmak istenmiştir. Ayrıca araştırma ile fen bilimleri öğretmen adayların biyoteknolojideki değişim ve yenilikleri ne ölçüde takip ettikleri belirlenmek istenmiştir. Araştırmanın örneklem grubunu, uygun örnekleme metodu ile seçilen Türkiye'deki yedi üniversitenin fen bilimleri öğretmenliğinde öğrenim gören 4. sınıf fen bilimleri öğretmen adayları oluşturmaktadır. Araştırmada, nicel araştırma türlerinden tarama araştırma yöntemi tercih edilmiştir. Çalışmada, öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerini ortaya çıkarmak için test geliştirme sürecine uygun olarak hazırlanmış biyoteknoloji okuryazarlık testi kullanılmıştır. Araştırma kapsamında oluşturulan testin, 325 kişilik fen bilimleri öğretmen adaylarına uygulanması sonucu adayların biyoteknoloji okuryazarlık boyutları olan nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu okuryazarlıkların her birinde alt seviyede oldukları gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucunda fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojideki değişim ve yenilikleri yeterli oranda takip etmedikleri, biyoteknolojide kullanılan model organizmaları az tanıdıkları, insan yaşamını doğrudan etkileyen medikal biyoteknoloji uygulamaları hakkında çok az bilgi sahibi oldukları gözlemlenmiştir. Ayrıca fen bilimleri öğretmen adaylarında genetik ve biyoteknolojiye ait çok sayıda kavram yanılgısı da tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: biyoteknoloji okuryazarlığı, modern biyoteknoloji uygulamaları, fen bilimleri öğretmen adayları

Abstract

Nowadays, one of the fastest developing fields in science is biotechnology. Teachers are considered to be the most vital component in introducing pupils to biotechnology developments. In the present case, teachers' own biotechnology literacy is significant in creating biotechnology literacy in students. For this reason, it was aimed to reveal the biotechnology literacy levels of prospective science teachers through this study. In addition, it was targeted to determine to what extent prospective science teachers follow the changes and innovations in biotechnology via this study. The sample group of the research consists of 4th grade prospective science teachers studying in the science teaching department of seven universities in Turkey, selected by the convenient sampling method. Survey research method was preferred among quantitative research methods in this study. Biotechnology literacy test was prepared during research process in appropriate with test developing method to reveal the biotechnology literacy levels of the prospective science teachers. As a result of the application of biotechnology literacy test to 325 prospective science teachers, it was observed that the prospective science teachers have low level in each of the biotechnology literacy dimensions of nominal, functional, procedural and multidimensional literacy. The study's findings indicate that prospective science teachers do not follow the changes and innovations in biotechnology adequately, they insufficiently recognize the model organisms utilized in biotechnology, they have little knowledge about medical biotechnology applications that directly affect human life. In addition, many misconceptions about genetics and biotechnology were identified among prospective science teachers.

Keywords: biotechnology literacy, modern biotechnology applications, prospective science teachers

Teşekkür

Hacettepe Üniversitesi'nde doktora öğrenim süresi boyunca bana akademik danışmanlık yapan danışmanım Prof.Dr. Cemil Aydoğdu'ya teşekkür ederim.

Teze yönelik önerilerini belirten Prof. Dr. Ergin Hamzaoğlu, Doç.Dr. Bilge Gök, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Bahadır Aktan, Dr. Öğr. Üyesi Hakkı İlker Koştur'a teşekkür ederim.

Akademik dönemlerimde bana rehberlik eden Dr. Öğr. Üyesi Kader Reyhan, akademisyen Seda Bütün Çırakoğlu, Gazi Özdemir ve Erkan Reyhan'a teşekkür ederim.

Makale yazma sürecinde bana rehberlik eden Doç. Dr. İlke Çalışkan, Dr. Öğr. Üyesi Berna Gücüm ve Fatih Bayramoğlu'na teşekkür ederim.

Tez yazma sürecimde beni destekleyen kardeşlerim Fatma Alkaya, Yasemin Alkaya'ya ve değerli arkadaşım Sedat Kuş'a teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her döneminde beni koşulsuz şartsız destekleyen, beni bilimsel çalışmalara motive eden, bendeki katkıları tartışmasız olan rahmetli babam (Muhsin Alkaya) ve anneme (Nesibe Alkaya'ya) içtenlikle teşekkür ederim.

İçindekiler

Kabul ve Onay.....	ii
Öz	iii
Abstract.....	iv
Teşekkür	vi
Tablolar Dizini	ix
Şekiller Dizini.....	ix
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini.	xiii
Bölüm 1 Giriş.....	1
Problem Durumu	1
Araştırmanın Amacı ve Önemi	9
Araştırma Problemi	11
Sayıtlar	11
Sınırlılıklar	11
Tanımlar	12
Bölüm 2 Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar	13
Biyoteknolojinin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi	13
Biyoteknolojinin Uygulama Alanları	17
Biyoteknolojinin Eğitimdeki Yeri	32
Bölüm 3 Yöntem.....	44
Araştırmanın Türü	44
Araştırmanın Evreni ve Örneklemi	44
Veri Toplama Süreci.....	45
Veri Toplama Araçları	45
Verilerin Analizi	60
Bölüm 4 Bulgular, Yorumlar ve Tartışma.....	62
Bölüm 5 Sonuç ve Öneriler	113

Kaynaklar	118
EK-A: Veri Toplama Aracı.....	138
EK-B: Etik Komisyonu Onay Bildirimi	170
EK-C: Etik Beyanı	171
EK-Ç: Yüksek Lisans/Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu	172
EK-D Thesis/Dissertation Originality Report.....	173
EK-E: Yayımlama ve Fikrî Mülkiyet Hakları Beyanı.....	174

Tablolar Dizini

Tablo 1 27 Soruluk Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi	46
Tablo 2 Lawshe Tekniğinde (1975) Her Bir Maddenin Minimum Kapsam Geçerlilik Oranı.48	
Tablo 3 Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 5. ,12. , 23. , 25. ve 29. Sorularının Çıkarılmasından sonra Testte Geriye Kalan Soruların Bağımsız T Testi Sonuçları	57
Tablo 4 Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerini Belirleyen Maddeler.....	60
Tablo 5 Uygulama sonucu oluşan istatistiksel değerler.....	110
Tablo 6 Katılımcının Puan, Frekans ve Yüzdesini Gösterir Tablo	110
Tablo 7 Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde Bulunan Maddelerin İlişkili Olduğu Boyutlar.....	111

Şekiller Dizini

Şekil 1 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi 1. Sorusunu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	62
Şekil 2 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 1. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Frekansı</i>	63
Şekil 3 <i>RNA'nın Üç Çeşidi Olduğunu Gösteren Meb EBA Ders Kitabı Açıklaması</i>	63
Şekil 4 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 2. Soruya Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	64
Şekil 5 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 3. Soruya Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	65
Şekil 6 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 3. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	67
Şekil 7 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 4. Sorusuna Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	67
Şekil 8 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 4. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	68
Şekil 9 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 5. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	69
Şekil 10 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 5. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	70
Şekil 11 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 6. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	71
Şekil 12 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 7. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	72
Şekil 13 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 7. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	72

Şekil 14 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 8. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	73
Şekil 15 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 8. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	74
Şekil 16 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 9. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	76
Şekil 17 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 10. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	77
Şekil 18 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 11. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	78
Şekil 19 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 12. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	79
Şekil 20 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 12. Sorusuna Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	80
Şekil 21 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 13. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	82
Şekil 22 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 13. Soruya Seceneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	83
Şekil 23 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 14. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	84
Şekil 24 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 14. Soruya Seceneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	84
Şekil 25 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 15. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	86

Şekil 26 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 15. Soruya Seçeneklere göre Yanıt</i>	
<i>Verenlerin Yüzdesi</i>	87
Şekil 27 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 16. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların</i>	
<i>Yüzdesi</i>	88
Şekil 28 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 16. Soruya Seçeneklere göre Yanıt</i>	
<i>Verenlerin Yüzdesi</i>	89
Şekil 29 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 17. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların</i>	
<i>Yüzdesi</i>	90
Şekil 30 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 17. Soruya Seçeneklere göre Yanıt</i>	
<i>Verenlerin Yüzdesi</i>	91
Şekil 31 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 18. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların</i>	
<i>Yüzdesi</i>	92
Şekil 32 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 18. Soruya Seçeneklere göre Yanıt</i>	
<i>Verenlerin Yüzdesi</i>	93
Şekil 33 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 19. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların</i>	
<i>Yüzdesi</i>	94
Şekil 34 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 19. Soruya Seçeneklere göre Yanıt</i>	
<i>Verenlerin Yüzdesi</i>	95
Şekil 35 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 20. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların</i>	
<i>Yüzdesi</i>	95
Şekil 36 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 20. Soruya Seçeneklere göre Yanıt</i>	
<i>Verenlerin Yüzdesi</i>	97
Şekil 37 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 21. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların</i>	
<i>Yüzdesi</i>	97

Şekil 38 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 21. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	98
Şekil 39 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 22. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	99
Şekil 40 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 22. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	100
Şekil 41 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 23. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	100
Şekil 42 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 15. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	102
Şekil 43 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 24. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	103
Şekil 44 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 25. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	104
Şekil 45 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 25. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	105
Şekil 46 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 26. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	106
Şekil 47 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 26. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	106
Şekil 48 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 27. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi</i>	107
Şekil 49 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 27. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi</i>	108
Şekil 50 <i>Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinden Elde Edilen Puanlar ve Puanlara Denk Düşen Frekanslar</i>	109

Simgeler ve Kısaltmalar Dizini

PCR: Polimeraz Zincir Tepkimesi

FISH: Floresan İn Situ Hibridizasyonu

HDR: Homoloji Yönlendirmeli Tamir

MEOR: Mikrobial Geliştirilmiş Petrol Geri Kazanımı

CRISPR: Düzenli Aralıklı Palindromik Tekrar Kümeleri

NRC: Ulusal Araştırma Konseyi

NCBI: Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi

PISA: Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı

GFP: Yeşil Floresan Protein

UTR: Translasyonu Yapılmayan Bölge

RISC: RNA Aracılı Susturma Kompleksi

ZFN: Çinko Parmak Nükleaz

CRYGC: Kristalin Gama C

RFLP: Restriksiyon Parça Uzunluk Polimorfizmi

IPS: İndüklenmiş Pluripotent Kök Hücre

Bölüm 1

Giriş

Problem Durumu

Biyoteknoloji canlı organizmaların ya da onların ürünlerinin insanlık yararına kullanılmasıdır (Thieman & Palladino, 2014). Biyoteknoloji sağlık hizmetlerinden gıda ürünlerine, çevresel sorunlardan enerji kaynaklarına kadar insan hayatının birçok alanına etki etmektedir (Borgerding ve ark., 2013; Öztürk Akar, 2017). Günümüz dünyasında küresel krizler biyoteknoloji ile çözülebilmektedir. Korona salgını döneminde pandeminin üstesinden gelebilmek için biyoteknolojik ürün olan mRNA aşılı kullanılmıştır ve bu mRNA aşılılarının da hastalıkla mücadelede etkili olduğu belirtilmektedir (Muik ve ark., 2021). Tarımda bitkilerin de rekombinant DNA teknoloji sayesinde böceklere karşı direnç kazandığı ifade edilmektedir (Bates ve ark., 2005). Ayrıca çevre kirliliğine yol açan maddelerden kurtulabilmek için de genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalardan faydalanılmaktadır (Rafeeq ve ark., 2023). Bu bilgiler ışığında dünyadaki birçok problemin biyoteknolojik ürünler aracılığıyla çözüme kavuşabileceği düşünülmektedir.

Dünyadaki ülkeler biyoteknolojik buluş açısından incelendiğinde Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) biyoteknolojik buluşlarda dünyanın lideri konumunda olduğu görülmektedir (Korenblit, 2006). Yeung ve arkadaşları 2019 yılında dünyadaki ülkeleri, kurum ve kuruluşları biyoteknolojik üretkenlik bakımından incelemiştir (Yeung ve ark., 2019). Bu araştırmacılar, çalışmalarında 2017-2019 yılları arasında biyoteknolojiye katkıda bulunan 12.351 yayını incelemiştir. İnceleme neticesinde bu yayınlara dünya genelinde 8500 kuruluşun katkıda bulunduğunu tespit etmişlerdir. Bu kuruluşlardan da biyoteknolojiyle ilgili en fazla yayın üretenleri sırasıyla Fransa Ulusal Bilim Araştırma Merkezi, Çin Bilim Akademisi, Kaliforniya Sistem Üniversitesi, İspanya Ulusal Araştırma Kurumu ve Sao Paulo Üniversitesi olarak belirtmişlerdir. Ayrıca bu araştırmacılar biyoteknoloji alanyazınına yayın açısından en fazla katkı veren ülkeleri de ortaya çıkarmak istemişlerdir. Bu nedenle

araştırmacılar analizleri sonucunda biyoteknolojiyle ilgili yayın üreten 140'ın üzerinde ÷lke olduğunu tespit etmişlerdir. Sonrasında bu ÷lkeler yayın açısından sıralandıklarında en üretken olanların ABD, Çin, Almanya, Brezilya ve Hindistan olarak gör÷lmektedir (Yeung ve ark., 2019). Biyoteknolojiyle ilgili çok sayıda yayın üreten ABD, Çin ve Almanya gibi ÷lkelerin (Yeung ve ark., 2019) ortak yönlerinden biri de PISA 2018 sonuçlarına göre (Schleicher, 2019) fen okuryazarlığında da üst sıralarda yer almalarıdır. Yukarıdaki veriler dikkate alındığında Türkiye'nin biyoteknolojik yayın açısından kurum ve ÷lke bazında listeye girememesinin nedeni biyoteknolojiye dayalı ürün, buluş ve akademik yayın yönünden yeterli olmadığı şeklinde yorumlanmaktadır. Biyoteknolojik yayın, ürün, buluş eksikliği de Türkiye'deki biyoteknoloji okuryazarlığın gelişmiş olmamasından kaynaklı olabileceği varsayılmaktadır. Ayrıca, PISA 2018 sonuçlarına göre (Schleicher, 2019) de Türkiye fen okuryazarlığında üst sıralarda yer almamaktadır. Bu bilgiler ışığında biyoteknoloji okuryazarlığı ile fen okuryazarlığı arasında çift yönlü, birbirini besleyen bir ilişki mevcut olduğu düşün÷lmektedir.

Fen eğitimi, fen okuryazarlığın gelişmesinde ve ilerlemesinde önemli bir işleve sahiptir (Klop & Severiens, 2007). Genetik alanının uygulama ve bilgilerine dayalı olan biyoteknoloji okuryazarlığı da fen okuryazarlığının bir bileşenidir (De la Hoz ve ark., 2022). De la Hoz ve arkadaşları (2022) çalışmalarında öğretmenleri, öğrencilerin biyoteknolojik okuryazarlıklarını oluşturmada en önemli unsur olarak gördüklerinden öğretmenlerin biyoteknolojiye yönelik bilgilerinin ve tutumlarının ortaya çıkarılması gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca; bu araştırmacılar hizmet öncesi öğretmen eğitiminde kullanılan, öğretmenlerin biyoteknoloji okuryazarlığını etkileyecek biyoloji programının güncel biyoteknolojik gelişmeleri ve yenilikleri içerme durumu açısından irdelenmesi gerektiğini ifade etmektedir. İnceleme neticesinde de programın çağdaş biyoteknolojik uygulamaları kapsamadığı sonucuna varılırsa bu durumdan öğretmenlerin biyoteknolojik okuryazarlıkları olumsuz etkilenmemesi için programın yenilikleri içerecek şekilde yeniden organize edilmesi gerektiğini ifade etmektedirler (De la Hoz ve ark., 2022).

Fen bilimleri konularının özellikle biyoteknolojinin öğrenilmesi toplumların ekonomik gelişmesinde merkezi bir rol oynamaktadır (Alanazi, 2023). Biyoteknoloji toplumların ekonomik olarak kalkınmasına katkıda bulunduğundan yetkililer biyoteknoloji konularını okulların ulusal müfredatlarına dahil etmektedir (Australia Education Council, 1994; Hin ve ark., 2019). Ayrıca bazı araştırmacılar biyoteknoloji eğitiminin ortaokulda başlamasının geç olduğunu iddia etmekte biyoteknoloji eğitiminin ilkokuldan başlaması gerektiğini savunmaktadır (Rota & Izquierdo, 2003; Hin ve ark., 2019). Bireylerin biyoteknolojik kavramları, terimleri, açıklamaları algılayabilmeleri için biyoteknoloji alanında okuryazar olmaları gerekmektedir (Casanoves ve ark., 2015; De la Hoz ve ark., 2022). İlköğretim öğretmenleri, öğrencileri biyoteknoloji alanında okuryazar olarak yetiştirmede önemli bir role sahiptirler. Bu nedenle gelecek nesilleri yetiştirecek ve öğrencilerin biyoteknoloji okuryazarlıklarını oluşturmada kritik bir paydaş olan öğretmenlerin öncelikle kendilerinin biyoteknolojinin temel ilke, kavram ve uygulamaları hakkında bilgili ve donanımlı olması gerekmektedir (Casanoves ve ark., 2015; De la Hoz ve ark., 2022). Bu bilgiler ışığında; biyoteknoloji alanında iyi yetişmiş bir öğretmenin, öğrencilerine biyoteknoloji konularında daha iyi rehberlik edeceği düşünülmektedir (De la Hoz, 2015; Casanoves ve ark., 2015; De la Hoz ve ark., 2022).

Fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojiye karşı tutumları, onların biyoteknolojiyi kabul etme derecelerini etkilemektedir. Ayrıca, fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojiye karşı tutumları ileride rehberlik edecekleri öğrencilerin biyoteknolojiye ait farkındalık seviyesini etkileyecektir. Bir diğer ifadeyle; öğrencilerin biyoteknoloji konusunda yeterlilikleri, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojiye karşı olan yaklaşımlarına bağlıdır (Chabalengula ve ark., 2011a). Yukarıdaki düşünce yapısına benzer şekilde Turan ve Koç (2012) adlı araştırmacılar da fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji konusundaki tutumlarının ileride öğrencilerin biyoteknolojiyi anlama seviyesini etkileyeceğini ifade etmektedir (Turan & Koç, 2012). Bu nedenle Chabalengula ve arkadaşları (2011) fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojiye karşı tutumlarının,

üniversitede öğrenimleri sırasında ortaya çıkarılmasını savunmaktadır (Chabalengula ve ark., 2011a). Öğretmen adaylarının biyoteknoloji ve biyoteknolojinin uygulamalarına yönelik tutumlarını ortaya çıkarmak için de geçerliliği ve güvenilirliği kanıtlanmış tutum ölçekleri kullanılmalıdır (Erdoğan ve ark., 2009).

Öğrencilerin biyoteknoloji konusunda okuryazar olmalarında diğer önemli bir husus ise fen öğretim programlarıdır. Öğrencilerin biyoteknoloji konusunda okuryazar olmaları için fen öğretim programları biyoteknoloji konularını ihtiva etmelidir. Öğrencilerin ilerde yetişkin bir birey olarak toplum hayatına karıştıklarında biyoteknoloji kaynaklı sosyobilimsel konularda karar alma süreçlerini etkileyecek önemli bir değişken, öğrencilik yıllarında edindikleri biyoteknoloji eğitimidir. İnsan sağlığını, çevreyi, tarımı etkileyen biyoteknolojik uygulamalar hem sosyal hem de etik açıdan okullarda öğrencilere öğretilmelidir. Bu nedenle okullarda yapılan biyoteknoloji eğitimi, öğrencilere biyoteknoloji okuryazarlığı kazandırmada ve biyoteknoloji kaynaklı sosyobilimsel konuları öğretmede önemli bir rol oynamaktadır (Pas ve ark., 2019).

Okul programlarının doğrudan öğrencilerin biyoteknoloji bilgisini etkilediği düşünülmektedir. Chen ve Raffan (1999) çalışmalarında İngiltere ve Tayvan'daki okul programlarını biyoteknolojik yönden kıyaslamışlardır. Bu iki araştırmacı; çalışmalarında 16-19 yaş aralığındaki İngiliz öğrencilerin Tayvan'daki aynı yaş grubundaki öğrencilere göre biyoteknoloji hakkında daha bilgili olduğunu, ayrıca biyoteknolojideki sosyobilimsel konulara İngiliz öğrencilerin Tayvanlılara kıyasla daha fazla katılım gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Bununca nedenlerini şu şekilde sıralamışlardır:

✓ İngiltere'deki program biyoteknolojideki konular açısından Tayvan'daki programdan daha geniş ve detaylıdır.

✓ İngiltere'deki program Tayvan'daki programa kıyasla biyoteknolojideki sosyobilimsel konuları tartışmada öğrencilere daha çok imkan vermektedir.

✓ İngiltere’de bulunan biyoteknolojiyle ilgili kuruluşlar öğretmen ve öğrencilere biyoteknolojik uygulamaları gerçekleştirme imkanı sunmaktadır (Chen & Raffan, 1999).

İyi bir biyoteknoloji eğitiminin amacı, bireylerde biyoteknolojiye karşı olumlu tutum geliştirmek olmamalıdır. İyi bir biyoteknoloji eğitiminin amacı bireylere çağdaş biyoteknolojik uygulamalarını bütün yönleriyle göstermek olmalıdır. Bir diğer ifadeyle bu güncel biyoteknoloji uygulamaların avantajlarını, dezavantajlarını getireceği sosyal ve etik sorunları göz önüne sergilemektir (Chen & Raffan, 1999; Kidman, 2009).

Nitelikli bir biyoteknoloji eğitiminin amacı bireylerin kamuoyunu ilgilendiren biyoteknoloji kaynaklı sosyal sorunlara aktif katılmalarını, sosyal sorunlar hakkında fikir ileri sürmelerini ve mantıklı karar almalarını sağlamaktır (Kidman, 2009).

Türkiye’de; 2018 yılında Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK) tarafından hazırlanan Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı’nda genetik ve biyoteknoloji konuları fen bilgisi öğretmen adaylarına IV. Yarıyıldaki Biyoloji 3 dersi (haftalık 2 saat teorik, 2 saat uygulama) adı altında verilmektedir (Yüksek Öğretim Kurumu [YÖK], 2018). YÖK’ten alınan Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı’nda Biyoloji 3 dersinde anlatılması önerilen konular (YÖK, 2018) şunlardır: “*Genetik ve biyoteknolojinin anlamı, alanları, önemi ve tarihsel gelişimi; modern genetik biliminin doğuşu, Mendel yasaları, tam baskınlık, eksik baskınlık, eş baskınlık, çoklu aleller, mendel yasalarından sapmalar; sitoplazmik kalıtım, mutasyonlar, moleküler biyoloji, gen teknolojisi, moleküler genetik, insan genetiği ve genetik hastalıklar, populasyon genetiği, gen mühendisliğinin topluma bilime ve teknolojiye sağladığı olanaklar; biyoteknolojinin temel prensipleri, mikroorganizma metabolizması, bitki-hayvan hücre kültürleri, biyoteknolojide temel işlemler; biyoteknolojik uygulamalar, mikrobiyal biyokütle üretimi (ekmek mayası, tek hücre proteini), primer metabolitlerin üretimi (sitrik asit, fumarik asit, asetik asit, aminoasit, vitamin), mayalanmalar (alkol mayalanması, laktikasit üretimi, bütirik asit, bütanol, aseton), sekonder metabolit üretimi (antibiyotik), enzim üretimi, gen biyoteknolojisi, çevre biyoteknolojisi; evrimsel biyolojinin tarihi; evrimsel biyoloji kavramları;*

evrimin mekanizmaları: mutasyon, genetik sürüklenme, doğal seçim; makro evrim mekanizmaları: uyarlanım (adaptasyon), türleşme; canlılığın tarihi: soyağaçları, fosil araştırmaları; dünya'da canlılığın ilk evrimi, canlılığın tarihi, başlıca evrimsel değişimler; evrimsel biyolojinin uygulamaları: genetik ve tıp ve bu konulara yönelik açık ve kapalı uçlu deneyler” (YÖK, 2018). Bu bilgilerden hareketle YÖK fen bilimleri öğretmen adaylarının lisans eğitimleri sırasında biyoteknoloji konusunda okuryazar olmaları için öğretmen adaylarına biyoteknoloji, moleküler biyoloji ve genetik konu ve uygulamalarının verilmesi gerektiğini belirtmektedir. Bununla birlikte sorulması gereken asıl soru şudur: Nitelikli bir biyoteknoloji eğitimi gerçekleştirildiğinde yukarıda belirtilen tüm biyoteknoloji, genetik konu ve uygulamaların fen bilimleri öğretmen adaylarına sadece bir dönemde verilmesi mümkün müdür? YÖK'ün fen bilgisi öğretmenliği lisans programı incelendiğinde programın biyoteknoloji konusunda önemli konu ve uygulamalara değindiği, bunun yanında tüm konu ve uygulamalarının tek dönemde tek bir ders aracılığıyla verilmesinin rasyonel ve verimli olamayacağı düşünülmektedir.

Uşak ve arkadaşları (2009) çalışmalarında ilköğretim öğretmen adaylarıyla lisede eğitim gören öğrenciler arasında biyoteknoloji bilgileri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark görmediklerini iddia etmektedir (Uşak ve ark., 2009). Erdoğan ve arkadaşları (2012) çalışmalarında Lübnan, Litvanya, Slovakya ve Türkiye'deki öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgilerini değerlendirmişlerdir. Yaptıkları analiz sonucu dört farklı örneklem grubundaki öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgileri ortalamanın altında kalmaktadır (Erdoğan ve ark., 2012). Bu çalışmalardan hareketle biyoteknoloji bilgisi yeterli olmayan öğretmenlerin, öğrencilerin biyoteknoloji okuryazarlıklarına katkıda bulunması ihtimalinin düşük olacağı varsayılmaktadır.

Öztürk Akar (2017) çalışmasında üniversitede sayısal branşlarda öğrenim gören öğrencilerle (Fen Eğitimi ve Matematik) sayısal dışı branşlarda öğrenim gören (İngiliz Dili ve Beden Eğitimi) öğrencilerin biyoteknoloji bilgilerini kıyaslamıştır. Yapılan analizler sonucu sayısal branşlarda öğrenim gören üniversite öğrencilerinin sayısal dışı branşlara

oranla biyoteknoloji bilgisi daha fazla olmasına rağmen üniversitede sayısal branşlarda öğrenim görenlerin biyoteknoloji hakkında yeteri kadar okuryazar olmadığı ortaya çıkmıştır (Öztürk Akar, 2017). Bu bilgiler ışığında Türkiye'deki üniversite öğrencilerinin biyoteknoloji okuryazarlığının düşük olduğu algılanmaktadır.

Türkiye'de ve dünyadaki liselerde biyoteknoloji okuryazarlığı incelendiğinde: Özel ve arkadaşları (2009) çalışmalarında Türkiye'deki lise öğrencilerinin biyoteknoloji uygulamalarına karşı tutum ve bilgilerini ortaya çıkarmak istemişlerdir. Çalışma grubundaki 352 lise öğrencinin yarısından fazlası 16 soruluk Biyoteknoloji Bilgi Anketi'nin 9 sorusunu doğru yanıtladırabilmiştir. Bu durum Türkiye'deki lise öğrencilerinin biyoteknoloji uygulamalarına yönelik bilgilerinin yüksek olmadığı şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca bu araştırmacılar, kız ve erkek öğrenciler arasında biyoteknoloji ve biyoteknoloji uygulamalarına karşı tutum açısından anlamlı bir fark gözlemlediklerini, erkeklerin biyoteknolojik ürünlere kızlara göre daha olumlu yaklaştıklarını belirtmişlerdir (Özel ve ark., 2009).

Dawson ve Soames (2006) çalışmalarında biyoteknoloji eğitiminin Avustralya'da lise öğrencilerinin biyoteknolojiyi algılamalarına etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar örneklem grubu olarak Avustralya'dan üç liseden 10. sınıf düzeyinde 140 öğrenciyle çalışmışlardır. Başlangıçta katılımcıların biyoteknoloji bilgileri ön test ile ölçülmüştür. Ardından bu öğrenciler ile 10 haftalık biyoteknoloji eğitimi gerçekleştirilmiştir. Biyoteknoloji kursunun tamamlanmasından sonra da son test sonuçlarına göre öğrencilerin biyoteknolojiyi algılamalarında artışın gerçekleştiği tespit edilmiştir (Dawson & Soames, 2006). Bu bilgiler nitelikli biyoteknoloji eğitimi sayesinde öğrencilerin biyoteknoloji okuryazarlığında artış yaşanacağını göstermektedir.

Chen ve arkadaşları (2016) Tayvan'daki lise öğrencilerinin 1995 ve 2014 yılları arasında biyoteknoloji bilgilerinde ve tutumlarındaki değişim durumunu incelemek istemişlerdir. 1995 yılında Tayvan'daki lise öğrencilerinin genetik mühendisliği sorularına yönelik bilgilerinin aritmetik ortalaması 0.35 iken, 2014 te ise aritmetik ortalama 13.9

olmuştur. 2014 yılında Tayvan'daki lise öğrencilerinin genetik mühendisliği uygulamaları olan transformasyon, DNA fragmentlerinin birleştirilmesi, organizmaların özelliklerin değiştirilmesi, gen ve DNA rekombinant teknolojisi, hedef genlerin plazmidin içine eklenmesi ve bu plazmidlerin başka türlere nakledilmesi gibi sorulara detaylı yanıtlar verdikleri görülmüştür. Bu durum öğrencilerde zamanla genetik mühendisliğine yönelik farkındalığın arttığını işaret etmektedir. Ayrıca 2014 yılındaki Tayvanlı lise öğrencileri tarımsal biyoteknoloji ürünlerine 1995 yılındaki Tayvanlı lise öğrencilerine oranla çok daha fazla olumsuz tutum sergilemektedirler. Her iki örneklem grubundaki lise öğrencileri (1995 ve 2014 teki öğrenciler) medikal biyoteknoloji uygulamalarını savunmaktadır. Tayvan'daki lise öğrencileri genel olarak medikal biyoteknolojinin insan yararına olduğunu düşünmektedir (her iki grupta kanser çalışmaları için transgenik fare üretilmesini onaylamaktadır). 2014 yılındaki Tayvanlı lise öğrencileri 1995 yılındaki Tayvanlı lise öğrencilerine oranla biyoteknolojinin insan sağlığını ve çevreyi tehdit etme riskinin yüksek olduğunu belirtmektedir (Chen ve ark., 2016). Bu bilgiler ışığında Tayvan'da bu süreçte öğrencilerin biyoteknoloji uygulamalarına karşı farkındalıklarının arttığı gözlenmektedir. Lise öğrencilerindeki biyoteknoloji okuryazarlık seviyesinin artışı nitelikli biyoteknoloji eğitimiyle gerçekleştiği düşünülmektedir.

Yukarıdaki bilgiler dikkate alındığında Türkiye'nin biyoteknolojik buluş, ürün ve yayın açısından yeterli olmadığı (Yeung ve ark., 2019)., lise ve üniversitelerinde öğrenim gören öğrencilerinin biyoteknoloji okuryazarlık seviyesinin ortalama ve ortalama altı olduğu (Özel ve ark., 2009; Öztürk Akar, 2017), ayrıca eğitimin önemli bir paydaşı olan öğretmen adaylarının da biyoteknoloji okuryazarlık seviyesinin alt düzeyde olduğu gözlemlenmektedir (Uşak ve ark., 2009; Erdoğan ve ark., 2012). Eğitimin bütün kademelerinde öğrencilerin okuryazarlık seviyesini değiştirecek en önemli unsurun öğretmenler olduğu düşünülmektedir (Chabalengula ve ark., 2011a; Chabalengula ve ark., 2011b; Casanoves ve ark., 2015; De la Hoz ve ark., 2022). Türk eğitim sistemine göre biyoteknolojiyle öğrencileri ilk tanıştıracak olan öğretmenler fen bilimleri öğretmenleridir (Milli Eğitim

Bakanlığı, 2018a). Bu durumda da fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji okuryazarlık seviyeleri, öğrencilerin biyoteknoloji okuryazarlık seviyelerini etkilemede önemli bir faktör olarak algılanmaktadır (Kidman, 2009; Chabalengula ve ark., 2011a; Chabalengula ve ark., 2011b). Bu nedenle fen bilimleri öğretmen adaylarının üniversitelerde nitelikli bir biyoteknoloji eğitimi görmeleriyle, ileride bu öğretmenlerin öğrencilerinin biyoteknoloji okuryazarlık seviyelerinin doğal olarak artacağı öngörülmektedir. Biyoteknoloji okuryazarlığı artmış toplumdan da biyoteknoloji alanında buluş ve ürünlerde artış beklenecektir (Alanazi, 2023).

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada, uygun örnekleme ile seçilen Türkiye'deki fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Bu araştırma ile fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojinin temel ilke ve kavramlarını, güncel biyoteknoloji uygulamalarını bilme ve biyoteknolojiyle bağlantılı bilim tarihini takip etme durumları ortaya çıkarılmıştır. Araştırma kapsamında öğretmenlerinin biyoteknolojik okuryazarlıkları hakkında gerek yurtiçi (Darçın, 2007; Yüce, 2011; Açıkgül Fırat, 2015; Orhan, 2019; Konak & Hasancebi, 2021) gerek yurtdışı (Lamanauskas & Makarskaitė-Petkevičienė, 2008; Sorgo & Ambrozis-Dolinsek, 2009; De la Hoz, 2015; De la Hoz ve ark., 2015; De la Hoz ve ark., 2022) çok sayıda yayın taranmıştır. Bu yayınlardan Konak ve Hasancebi (2021) ile Orhan (2019) hariç öğretmenlerin biyoteknolojik okuryazarlıkları ölçülürken kullanılan biyoteknoloji okuryazarlık testleri medikal biyoteknoloji uygulamalarını içermemektedir. Down sendromlu bireylerin ve kromozom anormalliklerin tespitinde kullanılan Floresan İn Situ Hibridizasyonu (FISH) yöntemi (Wieacker & Steinhard, 2010), Hücrede proteinin lokasyonunu ve gen ekspresyon düzeyini belirlemede de kullanılan Yeşil Floresan Protein (GFP) (Zimmer, 2002; Zimmer, 2009), kanserli hücreleri elimine edebilmek için kullanılan Apoptoz (Elmore, 2007; Singh ve ark., 2017; Pfeffer & Singh, 2018), genin ifade edilmesini etkileyen promotör (Li & Zhang, 2014) ve Translasyonu Yapılmayan Bölge (UTR) (Kim ve ark., 2020), istenmeyen mRNA'ları parçalamak için kullanılan RNA Aracılı

Susturma Kompleksi (RISC) (Zhang, 2013), genin ifade edilme seviyesini ortaya çıkaran RNA sekanslama (Finotello & Di Camillo, 2015), genetiği değiştirilmiş organizma-transgenik canlı- üretiminde kullanılan ısı şoku tekniği (Cohen ve ark., 1972), insan genom projesinin önemli çıktılarından biri olan bir genden çok sayıda protein elde edilmesini sağlayan Alternatif Splicing mekanizması (Roy ve ark., 2013), biyoteknolojide model organizma olarak kullanılan E.coli'nin (Taj ve ark., 2014) hangi özelliğinden dolayı model olarak seçildiği hiçbir ulusal ya da uluslararası yayında fen bilimleri öğretmenlerine ve fen bilimleri öğretmen adaylarına sorulmamıştır. Bu durum da alanda bir açıklık oluşturmaktadır. Alandaki açıklığın giderilmesi için yukarıda belirtilen biyoteknolojik yöntem, teknik, bilgi ve uygulamalar ilk defa bu çalışma aracılığıyla fen bilimleri öğretmen adaylarına sorulmuştur. Yukarıda belirtilen biyoteknolojik yöntem, teknik, bilgi ve uygulamalar biyoteknoloji okuryazarlığının önemli unsurlarındandır.

Biyoteknoloji alanındaki değişimin hızlı olmasından biyoteknolojideki yenilikleri algılamakta, takip etmekte toplumlar geride kalmaktadır. Bu durumda toplumun halihazırda sahip olduğu biyoteknoloji okuryazarlık düzeyi ile biyoteknolojideki yenilikler sonucu toplumda olması gereken biyoteknoloji okuryazarlık düzeyi arasında ciddi bir uçurum bulunmaktadır. Bu durumda açıklığı gidermede en büyük aktörün biyoteknoloji okuryazarlığı yüksek, güncel biyoteknoloji uygulamaları takip edebilen öğretmenler olduğu düşünülmektedir (De la Hoz, 2015).

Saidi ve Sigauke (2017) çalışmalarında öğrencilerin hayatlarının erken evrelerinde bilim merkezi aracılığıyla nanobilim ve nanoteknolojiyle tanıştırdıklarında öğrencilerin bu fen alanlarına karşı ilgilerinin arttığını göstermişlerdir. Bu iki araştırmacı öğrencilerin fene karşı ilgilerinin de onların kariyer planlamalarını etkilediğini belirtmişlerdir (Saidi & Sigauke, 2017). Bu bilgiler ışığında; biyoteknolojik ilke, kavram ve metotlarıyla küçük yaşta tanışan öğrencilerin biyoteknoloji alanında okuryazarlıkları artacağından ileride bu öğrencilerin biyoteknoloji alanına yönelme ihtimalinin artması öngörülmektedir. Bütün bunların gerçekleşmesi de biyoteknoloji alanında okuryazarlığı yüksek, biyoteknolojideki değişimleri

takip edebilen ve kendini sürekli güncelleyebilen fen bilimleri ğretmenlerinin katkısıyla olabilecektir.

Araştırma Problemi

Fen bilimleri ğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlıkları hangi düzeydedir?

Sayıtlılar

Yapılan bu çalışmada;

1. Çalışmaya katılan fen bilimleri ğretmen adaylarının veri toplama araçlarına objektif cevap verdikleri,
2. Çalışmada kullanılan veri toplama araçlarının araştırmanın amacına ulaşmada yeterli ve geçerli olduğu,
3. Araştırma sonucunda elde edilen bulguların, rneklemi oluşturan fen bilimleri ğretmen adayları ile benzer özelliklere sahip diğer fen bilimleri ğretmen adaylarına genellenebileceği,
4. Araştırmaya katılan fen bilimleri ğretmen adaylarının uygulama süresince araştırmanın sonucunu etkileyecek bir etkileşimde bulunmadıkları,

varsayılmaktadır.

Sınırlılıklar

1. Bu alışma; Hacettepe Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Bartın Üniversitesi Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalında eğitim gören dördüncü sınıf fen bilimleri ğretmen adaylarıyla sınırlıdır.

2. Bu çalışmada çok sayıda fen bilimleri öğretmen adayına ulaşılmak istenmiştir. Ancak, çalışmanın pandemi dönemine denk gelmesi çalışmayı 325 kişilik fen bilimleri öğretmen adayının katılımıyla sınırlandırmıştır.
3. Bu çalışma 2021-2022 eğitim öğretim yılı ile sınırlıdır.
4. Bu çalışma fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlığı ile sınırlandırılmıştır.

Tanımlar

Biyoteknoloji: Biyoteknoloji bilimin ve teknolojinin canlı organizmalara, bu organizmaların ürünlerine uygulanmasıdır. Buradaki amaç canlı ve cansız nesnelere değiştirerek bilgi, eşya ve hizmet üretilmesini sağlamaktır (Woodward, 2009)

Fen okuryazarlığı: *“Genel bir tanım olarak; bireylerin araştırma-sorgulama, eleştirel düşünme, problem çözme ve karar verme becerileri geliştirmeleri, yaşam boyu öğrenen bireyler olmaları, çevreleri ve dünya hakkındaki merak duygusunu sürdürmeleri için gerekli olan fenle ilgili beceri, tutum, değer, anlayış ve bilgilerin bir bileşimidir”* (MEB, 2006).

Biyoteknoloji okuryazarlığı: Biyoteknolojideki temel kavramları bilme; bu kavramları doğru bir şekilde tanımlayabilme; biyoteknolojideki kavram haritalarını bilimsel sorgulama, prosedürel beceriler ve teknolojik tasarım süreçlerini kullanarak anlayabilme; biyoteknolojinin sosyal, tarihi, felsefi temellerine ait yeterliliğe sahip olma becerisidir (Açıkgül Fırat & Köksal, 2019).

Biyoteknoloji okuryazarlığı testi: Fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerini ortaya çıkarmak için hazırlanmış bir başarı testidir.

Bölüm 2

Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar

Biyoteknolojinin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

Verma ve arkadaşları (2011) biyoteknolojiyi : “İnsan sağlığını, çevresini iyileştirmek ve düzenlemek için canlı organizmaları ya da canlı organizmaların ürünlerinin kullanımı” olarak ifade etmektedirler.

Biyoteknoloji daha geniş bakış açısıyla irdelendiğinde insanın kullanım amacına hizmet etmek maksadıyla biyolojik organizmaların mühendislikle işlenmesidir (Bhatia & Goli, 2018; Winter & Bill, 2022). Tıp, endüstri, tarım ve denizsel alanlarda; yönlendirici pozisyonda olan sınırsız potansiyeliyle günlük yaşamın birçok alanına temas eden biyoteknolojidir (Bhatia & Goli, 2018; Winter & Bill, 2022).

Tarihsel gelişimi irdelendiğinde biyoteknoloji 3 döneme ayrılmaktadır: (Verma ve ark., 2011)

1-Antik biyoteknoloji (Milattan önceden - 1800 yılına kadar)

Antik biyoteknoloji, biyoteknolojinin en primitif (ilkel) şeklidir. Bu dönemdeki keşifler insanların doğayı gözlemlmelerine dayanmaktadır. O dönemlerde insanlar temel ihtiyaçları olan gıda, giysi ve barınma gereksinimlerini karşılamak için bitki ekimi ve hayvan yetiştiriciliğine geçmiştir. Bu dönem tarımın başladığı dönemdir (Verma ve ark., 2011; Bhatia & Goli, 2018; Winter & Bill, 2022). Tarımı yapılan ilk bitkiler pirinç, buğday ve arpadır (Bhatia & Goli, 2018; Winter & Bill, 2022).

İnsanlar yabani hayattan (wild type) alıp tarımını yaptıkları tohumlu bitkilerin gelişimini barınaklarının yanında bire bir gözlemler böylelikle bitki gelişimini etkileyen faktörleri (su, ışık ve diğer gereksinimleri) bire bir deneyimlediler. Bunun yanında insanlar soğuk mağaralarda besinlerin bozulmadan uzun süre saklanabildiğini, deri çantaları ve

kilden yapılmış kavanozların da besinleri bozulmadan korumada görev aldığını yaşayarak öğrenmişlerdir. Peynirin ilk yapımı, buzağının midesinden alınan rennet enziminin süte eklenmesiyle gerçekleştiğinden peynir biyoteknolojinin ilk ürünü olarak düşünülmektedir (Verma ve ark., 2011).

Maya da (yeast) insanoğlunun çok eskiden beri ekme, sirke ve alkol gibi diğer fermantasyon ürünlerinin yapımında kullandığı bir mikroorganizmadır. Sirke, kendisi düşük pH'a sahip olduğu için belli mikroorganizmaların üremesini engellemekte bu özelliğinden dolayı da gıdaların bozulmadan sağlıklı bir şekilde korunmasında yardımcı olmaktadır (Verma ve ark., 2011). İnsanların; traktörlerin kamyonların olmadığı dönemlerde, at ile eşiği çiftleştirip onların yavrusu olan katırları ağır eşya taşımaya ve çiftçilik için kullanması da antik biyoteknoloji uygulamaları kapsamında incelenmektedir (Verma ve ark., 2011). Bu dönemdeki insanlar fermantasyonu uygulamalarına rağmen, fermantasyon olgusunun ardındaki ilkeleri bilmemektedirler (Verma ve ark., 2011; Bhatia & Goli, 2018).

2-Klasik biyoteknoloji (1800'den - 20.yüzyıl ortalarına kadar)

Klasik biyoteknoloji, gelişen biyoteknolojinin ikinci safhasını oluşturmaktadır. Bu dönem 1800'lü yıllardan başlayarak 20. yüzyılın ortalarına kadar gelmektedir. Klasik biyoteknoloji döneminde gözlemler bilimsel araştırmalarla (kanıtlarla) desteklenmeye başlamıştır. Genetik bilginin bir nesilden diğer nesle aktarılabilirliğinin ispatlanması biyoteknolojinin özünü oluşturmaktadır. Genetik aktarımı ispatlayan Avusturyalı papaz Gregor John Mendel'dir (1822-1884). Robert Brown hücrenin içindeki çekirdeği keşfederken yakın tarihlerde 1868'de, Fredrich Miescher nükleik asidi akyuvarlardan çıkarmıştır. Bu iki keşif modern moleküler biyolojinin temelini oluşturmakta ve DNA çağının başlamasına yol açmaktadır (Verma ve ark., 2011; Bhatia & Goli, 2018).

1881'de Robert Koch bakterilerin çoğalma yöntemini ileri süren ilk kişidir. Bakteri kolonilerinin çoğalması için katı besi ortamı olarak patates dilimlerini kullanmıştır. Koch'un iş arkadaşı olan Walter Hesse de mikroorganizmaları çoğaltmak için en kullanışlı ortamın agar besiyeri olduğunu ispatlamıştır (Verma ve ark., 2011; Bhatia & Goli, 2018).

19. yüzyılda Alman bilim insanı Heinrich Wilhelm Gottfried Von Waldeyer-Hartz, hücrede DNA ve onunla organize olmuş protein yapısına kromozom ismini vermiştir. Bu dönemde biyolojik bilimlerde çok hızlı bir gelişim görülmüştür. Bu dönemin önemli gelişmeleri arasında Edward Jenner'in çiçek, Louis Pasteur'ün de kuduz aşısını bulması gösterilmektedir. Thomas Hunt Morgan meyve sineği (*Drosophila melanogaster*) ile yaptığı çalışmalarla kalıtımda kromozomların rolünü göstermiştir. 1928 yılında Alexander Fleming antibiyotiği keşfetmiştir. Fleming petri kabında küf bulunduğu zaman bütün staflikokların (bir bakteri çeşidi) öldüğünü belirtmiştir. İnsanlığın en büyük kurtarıcısı olan aşılardan ve antibiyotiklerin bulunması bu safhaya denk gelmektedir (Verma ve ark., 2011; Bhatia & Goli, 2018).

3-Modern biyoteknoloji (İkinci Dünya Savaşı'nda başlayıp hala devam ediyor)

İkinci Dünya Savaşı bilimsel buluşların önünde en büyük engeldi. Savaştan sonraki hayati buluşlar modern biyoteknolojinin doğmasına ve onun şimdiki statüsünü elde etmesine yol açtı. 1953 yılında Watson ve Crick DNA'nın çift sarmallı yapısal modelini göz önüne serdiler. Bu model DNA'nın kendini eşlemesi ile ilgili olguyu ve DNA'nın kalıtımdaki yerini açıklamaktadır (Verma ve ark., 2011).

1973 yılında Stahan Cohen ve Herbert Boyer laboratuvar ortamında farklı plazmidleri endonükleaz enzimi ile kesmiş sonrasında da oluşan DNA parçalarını (fragmentleri) birleştirip yeni plazmid DNA'sının oluşmasını sağlamışlardır. Böylelikle ilk başarılı rDNA 'rekombinant DNA' deneyi gerçekleştirilmiştir (Cohen ve ark., 1973; Bhatia & Goli, 2018; Winter & Bill, 2022). DNA'nın çift sarmal yapısının ortaya çıkması ile rekombinant DNA'nın keşfinin biyoteknoloji ile genetiğin birleşmesine yol açtığı düşünülmektedir (Winter & Bill, 2022).

1975 yılında Milstein ve Köhler belli bir antikoru üretmek için kanser hücresi ile antikor üretme yeteneğine sahip B-lenfositinin sitoplazmasını birleştirmiştir. Kaynaşma sonrasında hibridoma hücreleri olarak adlandırılan bu hücreler sürekli olarak aynı yapıya

sahip monoklonal antikor üretme yeteneğine sahip olmuştur (Köhler & Milstein, 1975; Verma ve ark., 2011; Bhatia & Goli, 2018).

Bu dönemde bilim camiasının deneysel uygulamalar için gerekli temel araçlara (alet) sahip olması, bilimsel kavramların çoğunun açıklığa kavuşturulmasına yol açmıştır. Bu durum da önemli bilimsel keşiflerin daha hızlı bir şekilde ortaya çıkmasını sağlamıştır (Verma ve ark., 2011).

Har Gobind Khorana, RNA'nın protein sentezini nasıl şifrelediğini çözümlendiği için 1968 yılında Marshall Nirenberg ve Robert Holley ile birlikte tıp alanında Nobel ödülünü almıştır (Ansari ve ark., 2011). 1970 yılında da genin ilk olarak kimyasal sentezini gerçekleştirmiştir (Rajbhandary, 2011). Bununla birlikte 1971 yılında Har Gobind Khorana'nın belirttiği; sentetik genin çoğaltılması için gereken safhalarla, günümüzde geni çoğaltmak için kullanılan PCR'daki safhalar birbirine oldukça benzemektedir (Rajbhandary, 2011). Kary B. Mullis 1987 yılında belirli bir DNA dizisinin polimeraz enzimi aracılığıyla laboratuvar koşullarında deney tüpünde çok sayıda çoğaltılabileceğini (PCR) kanıtlamıştır (Mullis & Faloona, 1987).

Memeli klonlamada insanın ilk başarısı 1996 yılında Ian Wilmut tarafından koyun kopyalanmasıyla gerçekleştirilmiştir (Campbell ve ark., 1996). Klonlama; önceden çekirdeği çıkarılmış bir yumurta hücresine, koyunun somatik (vücut) hücresine ait çekirdek transfer edilerek sağlanmıştır (Thieman, 2009; Ashrafizadeh & Seifoallahi, 2021).

2001 yılında insan genomunun büyük kısmı sekans edilmiştir, diğer bir ifadeyle insan DNA dizisinin çoğunluğu ortaya çıkarılmıştır. Bunu gerçekleştiren ve birbirinden bağımsız çalışan iki farklı çalışma grubudur. Bu çalışma gruplarından biri Uluslararası İnsan Genom Projesi Konsorsiyumu diğeri ise Celera Genomics'tir. 2001 yılında her bir çalışma grubu, elde ettiği insan genom sekans sonuçlarının büyük bir kısmını ayrı ayrı yayına çevirmiştir (Gibbs, 2020). İnsan genomunun tamamının ortaya çıkarılması ise 2004 yılında Uluslararası İnsan Genom Projesi Konsorsiyumu tarafından başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (International Human Genome Sequencing Consortium, 2004).

2001 yılındaki insan genom projesinde DNA dizilerini ortaya çıkarmada önemli rolü olan John Craig Venter'in (Venter ve ark., 2001), 2007 yılında bireysel olarak diploid DNA genom sekansı ortaya çıkarılmıştır (Levy ve ark., 2007). Ayrıca, DNA'nın çift sarmallı yapısal modelini ortaya çıkaranlardan biri olan James Watson'un DNA genomunun şifresi de yine 2007 yılında paralel sekanslama yöntemiyle ortaya çıkarılmıştır (Wheeler ve ark., 2008). Dünyaya kişisel genomu ilk ilan edilen birey Venter'dir. Venter'in DNA dizisinin halka ilanı Watson'un ilanından 9 gün önce gerçekleştirilmiştir (Wolinsky, 2007). Bireylerin kişisel genomlarının ortaya konulmasıyla hatalı genlerin tespitinin ve hastalıklara karşı daha uygun tedavinin önünün açılacağı düşünülmektedir. Diğer bir ifadeyle kişiselleştirilmiş tıp adı verilen bir döneme girileceği varsayılmıştır (Wolinsky, 2007).

2008 yılında Venter ve arkadaşları *Mycoplasma genitalium* bakterisinin genomunu sentetik (yapay) olarak laboratuvar ortamında üretmişlerdir (Gibson ve ark., 2008). 2010 yılında Venter kimyasal olarak sentezlemiş olduğu DNA'yı, doğal olarak sahip olduğu genetik materyali çıkarılmış bakteri hücresinin içine yerleştirmiştir. Birkaç gün sonrasında yapılan deneylerde 1 milyon baz çifti içeren sentetik genoma sahip bakteri hücresinin tam olarak işlevsel olduğu tespit edilmiştir (Baker, 2011). Ayrıca, sentetik genoma sahip bakteri hücrelerinin kendilerini replike edebildiği ve bakterilerin logaritmik olarak çoğalabildiği gözlemlenmiştir (Gibson ve ark., 2010). Buradan hareketle; sentetik genoma sahip hücresel organizmanın tam olarak çalışması, yapay DNA ile hücrenin kontrol edilebileceğini göstermesi açısından biyoteknolojide çığır açmıştır.

Biyoteknolojinin Uygulama Alanları

Biyoteknoloji uygulama alanları da renklerle ifade edilmektedir: (Bhatia & Goli, 2018)

1. Kırmızı biyoteknoloji: Medikal biyoteknolojidir. Tıp alanında kullanılan biyoteknolojik uygulamaları içermektedir. Somutlaştırılacak olursa canlı organizmaların kullanılarak yeni ilaç üretilmesi, yaralı dokuların kök kücre ile iyileştirilmesi, kök hücreden komple bir organın elde edilmesidir.

2. Yeşil biyoteknoloji: Biyoteknolojik uygulamaların tarımda kullanılmasıdır. Böceklere dirençli tahılların geliştirilmesi, hastalıklara dirençli hayvanların oluşturulması gibi işlemleri barındırmaktadır.
3. Mavi biyoteknoloji: Deniz ve sucul ortamlardaki biyoteknolojik uygulamaları kapsar. Zararlı sucul organizmaların çoğalmasını kontrol etmede mavi biyoteknolojiden faydalanılabilmektedir.
4. Beyaz biyoteknoloji: Beyaz biyoteknoloji ayrıca gri biyoteknoloji olarakta bilinmektedir. Biyoteknolojinin sanayideki uygulamalarını içermektedir. Araçlara yeni alternatif yakıtların ayrıca yeni kimyasal ürünlerin üretilmesinde biyoteknolojik işlemler kullanılabilmektedir (Bhatia & Goli, 2018 bknz bölüm 1).

Biyoteknoloji uygulamaları ana hatlarıyla dört sektör üzerinde etkilidir. Bunlar endüstri, ilaç-tıp, gıda-tarım, çevre-denizciliktir (Barcelos ve ark., 2018). “Biyoteknoloji bilimin farklı alanlarında etkisi olan bir daldır: Örneğin tarımda biyoteknoloji aracılığıyla belirli bitki türleri genetik olarak düzenlenebilmekte; ayrıca yine sağlık endüstrisinde de belli hastalıklara yatkın olan bireylerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır” (Chabalengula ve ark., 2011b).

Tarımsal Biyoteknoloji:

Tarımsal biyoteknoloji bir örnekle resmedilmek istenirse; *Bacillus thuringiensis* adlı bakterinin endotoksin geninin bazı ekinlere nakledilmesiyle, ekinlerin böceklere karşı dirençli olması sağlanabilmiştir. Bu durumda tarımda böceklerle mücadelede yol alınmış, ekinlerin ürünlerinin kalitesi artırılmıştır. Bu avantajlarının yanında genetiği değiştirilmiş transgenik ekinlerin ekolojik sistemlerde faydalı olarak görev yapan, farklı trofik düzeylerde bulunan, gerçekte hedef olmayan (ekinlere zarar vermeyen) böcekler üzerine etkileri de incelenmelidir (Gatehouse ve ark., 2011).

Medikal Biyoteknoloji:

Medikal biyoteknolojinin alt yapısını oluşturan teknikler:

1-PCR (Polimeraz Zincir Tepkimesi):

Deney tüpünde DNA polimeraz enzimi aracılığıyla yeni DNA zincirleri sentezlenmesidir. Bu method 1980'lerde Kary Mullis tarafından geliştirilmiştir. Bu reaksiyonun gerçekleşebilmesi için tüpün içinde kalıp (template) DNA, nükleotidler, primerler ve DNA polimeraz enzimi bulunmalıdır. Hücre içinden (in vivo) farklı olarak, deney tüpü içerisinde (in vitro) DNA'nın çoğaltılması sırasında DNA'nın çift ipliklerinin birbirinden ayrılması (denatürasyon) için yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyulur. Sonraki aşamada primerlerin her biri hedef DNA'daki zincire uygun şekilde bağlanır. Primerin bağlanmasından sonra DNA polimeraz enzimi kalıp ipliğe uygun olacak şekilde nükleotid ekleyerek primeri uzatmaktadır. Reaksiyon sonucunda istenilen miktarda DNA çoğaltılmış olur (Pham, 2018).

(Not: Primer tek kollu DNA zinciri olup çoğaltılması hedeflenen DNA zincirinin komplementeridir.)

2- FISH

İlk olarak 1969 yılında Gall ve Pardue tarafından kullanılan ve kromozom üzerindeki belli bir DNA dizisinin yerini saptamada kullanılabilen bir tekniktir (Gall & Pardue, 1969). Başlangıçta Joseph Gall ve Mary Lou Pardue hedef DNA'yı ortaya çıkarmada ve hedef DNA'nın miktarını belirlemede -prob olarak adlandırılan- radyoaktif olarak işaretlenmiş DNA dizisi kullanmıştır (Pham, 2018). Çok kısa bir süre sonrasında radyoaktif işaretlemenin yerini daha güvenli, tespiti daha kolay olması nedeniyle floresanla işaretleme almıştır (Rudkin & Stollar, 1977; Pham, 2018). Fish yönteminde ilk olarak hedef sekansa yönelik floresanlı prob üretilmeli, ardından hedef DNA ve proplar hidrojen bağlarının kırılması için yüksek ısıya maruz bırakılmalıdır. Sonrasında da propların hedef sekansların komplementeri olması nedeniyle hibridizasyonun doğal olarak gerçekleşeceği görülecektir (Thieman & Palladino, 2014; Pham 2018). Ayrıca, doğum öncesinde FISH yöntemiyle

bireylerin down sendromlu olup olmadığı hızlı bir şekilde teşhis edilebilmektedir (Truong ve ark., 2003).

3-Sekanslama:

DNA dizisinin -nükleotid çeşidi sırasının- ortaya çıkarılması olarak ifade edilen sekanslama hem temel hem de translasyonel (tıbbi) araştırmalarda güçlü bir araç olarak yer edinmektedir. Özellikle tıpta hastalığı tanımlamada ve hastalığın seyri ile ilgili tahminde bulunmada kuvvetli bir enstrümandır (Pham, 2018).

- ✓ DNA sekans uygulaması genlerin içyapısını,
- ✓ Her bir DNA dizisinin (sekansının) hangi protein türünü şifrelediğini,
- ✓ Gen mutasyonlarından ilerde oluşabilecek hastalıkları tahmin etmeyi,
- ✓ Protein çeşidini kodlayan DNA dizisi bilindiğinden istenilen proteini üretme olanağı
- ✓ Ayrıca genin nükleotid dizisi bilindiğinden de hastalığa yol açan hatalı genlerin düzeltilmesine imkân sağlamaktadır (Pham, 2018).

4-Mikroarray (Mikroçip- Mikrodizi)

Genlerin ekspresyon (ifade edilme) seviyesini hızlı bir şekilde gösteren bir diğer teknik DNA mikroarraydir. Gen çipi olarak bilinen mikroarray, küçük mikroskop camın üzerine robot yardımıyla çok sayıda tek zincirli DNA yerleştirilmesiyle elde edilir. Camda farklı genleri temsilen, her bir gene ait çok sayıda tek zincirli DNA kopyaları bulunmaktadır. İlgilenilen dokudaki gen ekspresyon miktarının ortaya konulması için öncelikle o dokuya ait hücrelerden mRNA'ların çıkartılması gerekmektedir. Ardından mRNA'lardan deney tüpü içindeki floresanla işaretlenmiş nükleotidlerde kullanılarak revers transkripsiyonla cDNA'lar (tek zincirli DNA) elde edilir. cDNA'lardan oluşan karışımda cam üzerinde bulunan DNA mikroarray üzerine damlatılır. Tek zincirli cDNA'lar mikroarray (mikroçip) üzerinde bulunan tek zincirli DNA'lar ile hibridize olur. Hibridizasyon sonrasında bilgisayar yardımıyla gelen ışık miktarı yoğunluklarından ilgili genlerin ekspresyon (ifade edilme) seviyeleri ortaya konulmuş olacaktır (Thieman & Palladino, 2014). Gen ekspresyon miktarını belirleyen

mikroarray aynı zamanda tümör çeşidinin belirlenmesinde de kullanılabilir (Nguyen ve ark., 2002)

5-Hücre Kültürü

Hücre kültürü, canlı içerisinde bulunan hücrelerin vücut dışında kontrollü koşullar altında yetiştirilmesi işlemidir. Hücre kültürü (gelişim-üreme) bitki, hayvan, mikroorganizma, mantar hücresi dahil olmak üzere bütün canlıların hücreleri için yapılabilmektedir (Pham, 2018).

6- RNA Interference (RNA engelleme)

RNA interferens (engelleme) mRNA moleküllerini parçalarına ayırabilen biyolojik bir işlemdir (Pham, 2018). 1998 yılında Fire ve arkadaşları bir solucan çeşidi olan *Caenorhabditis elegans*da çift zincirli RNA (dsRNA) moleküllerini kullanarak spesifik genlerin ekspresyonu durdurup azaltabilmişlerdir (Fire ve ark., 1998; Thieman & Palladino 2014; Pham, 2018). Dicer adlı enzim, çift zincirli dsRNA'yı keserek yaklaşık 25 nükleotidlik küçük RNA parçacıkları oluşturur (Macrae ve ark., 2006). Oluşan küçük engelleyici RNA parçacıkları da (small interfering RNAs= siRNAs) bir protein grubu ile birleşerek (RNA-induced silencing complex) Risc bileşimini oluşturur. Risc proteinleri de üzerinde bulunduğu çift zincirli RNA'nın bir zincirini parçalar. Geriye kalan tek zincirli RNA'lar komplementeri olan mRNA'lara bağlanarak ya onların parçalanmasını sağlar ya da onların translasyonunu engeller. Bu durumda ilgili genlerin ekspresyonu (ifade edilmesi) inhibe edilmiş olur (Thieman & Palladino, 2014).

7- Genome Editing (Genom Düzenlemesi)

Tasarlanmış nükleaz enzimleri yardımıyla genomun ya da genin yapısını değiştirmek için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik aracılığıyla genoma bir ya da birden fazla gen eklenebilir, çıkarılabilir ya da yer değiştirebilir. Teknik, ilk olarak DNA'da arzu edilen bölgede çift zincirin kırılmasını sağlayan spesifik nükleaz enzimi aracılığı ile başlamaktadır. Hücrenin içindeki tamir mekanizmaları da bu kırıkları homolog rekombinasyon ya da homolog olmayan uç birleştirme adı verilen iki ayrı yöntemle onarmaktadır. Genom

düzenlenmesinde kullanılan genetik mühendisliği ile oluşturulmuş (dizayn edilmiş) nükleaz çeşitleri: Çinko parmak nukleazı (ZFN), TALEN, CRISPR-Cas sistemi ve Meganükleazdır (Pham, 2018).

Genetik mühendisliğinde kullanılan Düzenli Aralıklı Palindromik Tekrar Kümeleri (CRISPR) yöntemi biyoteknolojide büyük bir çığır açmıştır. Crispr-cas9 RNA rehberli DNA endonükleaz, canlı hücreler içerisinde genomu düzenleyebilme/değiştirme yeteneğine sahip olmasından yaşam bilimlerinin ilerlemesine katkıda bulunmaktadır (Komor ve ark., 2017).

Hayvansal modellerde genetiksel hastalıklara yol açan alellerin düzeltilmesi cas-9 aracılığıyla in-vivo olarak gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Kristalin Gama C (CRYGC) geninin ürünü, omurgalılarda göz merceğinin temel proteinini oluşturmakta ayrıca lensin (göz merceğinin) saydamlığını ve kırıcılık indeksini devam ettirmektedir. Bu genin mutasyona uğraması katarakta neden olmaktadır. CRYGC geni baskın negatif mutasyona uğratılmış farelerin zigotları (mutasyon sonucu potansiyel olarak katarakta sahip zigotlar) mutant alelleri hedefleyen Cas9 mRNA ve sgRNA (single-guided RNA) ile enfekte edilmiştir. HDR(Homoloji yönelimli tamir) aracılıklı düzeltmede CRISPR-Cas9 sistemi homolog kromozomdaki normal aleli template (kalıp-şablon) olarak kullanarak mutasyona uğramış aleli düzeltmiştir. Bu koşulda mutasyon ortadan kalktığından katarakt içermeyen yavrular elde edilmiştir. Mutasyona uğramış alelin düzeltilmesi, CRISPR-Cas9 aracılığıyla hücrenin kendi içindeki normal alele olacağı gibi hücre içine dışarıdan aktarılan oligonükleotidde de gerçekleşebilmektedir (Wu ve ark., 2013; Komor ve ark., 2017). Bu araştırmalar CRISPR gibi biyoteknolojisel yöntemler geliştirildikçe genetik hastalıkların giderilebileceğini göstermektedir.

Standart tedavi alan kanser hastalarında yüksek ölüm oranı kanserin tedavisi için alternatif tedavi ihtiyaçlarını doğurmuştur. Gen tedavisi de bu tedavilerden bir tanesidir. Gen tedavisinde konakçı hücrenin içine gen gönderilmesinde kullanılan yeni yöntemlerden

birisi gen taşınmasında organik nanoparçacıklardan faydalanılmasıdır (Wong ve ark., 2017).

Tasarlanmış organik nanoparçacıklar yardımıyla gen ve tedavi edici maddelerin taşınıp hücrelere gönderilmesiyle genetik kaynaklı veya genetik kökenli olmayan hastalıkların iyileştirilmesi sağlanabilmektedir (Singh ve ark., 2017). Bu çalışmadan hareketle nanoteknolojinin biyoteknolojiyle beraber hareket ettiğinde hastalıkların tedavisinde kritik öneme sahip olacağı öngörülmektedir.

8- DNA rekombinant teknolojisi

Rekombinant DNA teknolojisi sayesinde genomdaki bir gen veya birden çok gen belirlenebilir, bu gen/genler kesilip başka bir organizmanın genomunun içine dahil edilebilir. Medikal biyoteknolojinin ilk ürünü olan insülin, rekombinant DNA teknolojisi kullanılarak elde edilmiştir (Pham, 2018).

Virüse ait DNA molekülünün, bakterinin içindeki restriksiyon enzimleriyle parçalanmasının keşfi (Arber & Dussoix, 1962; Dussoix & Arber, 1962; Arber, 1978; Pham, 2018) rekombinat DNA teknolojisinin doğmasında çok önemli bir yere sahiptir. 1960'lı yılların başlangıcında restriksiyon ve modifikasyon için gereken moleküler işlemler büyük ölçüde aydınlatılmıştır (Arber, 1978). Zimmerman ve arkadaşları 1967 yılında E. coli'den elde ettikleri enzimle DNA zincirlerinin kovalent olarak birbirlerine bağlanabildiklerini göstermişlerdir (Zimmerman ve ark., 1967). Bu keşiflerle DNA molekülünün kesilip yapıştırılabildiği öğrenilmiştir (Pham, 2018).

Rekombinant DNA teknolojisi üç ana parçadan oluşmaktadır (Pham, 2018):

1. Enzimler (restriksiyon, polimeraz ve ligaz)
2. Vektör
3. Konak organizma

Restriksiyon enzimi DNA'yı belirli bir bölgeden kesen enzimdir. Her bir restriksiyon enziminin tanıdığı DNA nükleotid dizisi birbirinden farklıdır (Thieman & Palladino, 2014). Vektörler,

çoğaltılmak istenen geni taşıyabilecek ve konakçı hücreye girebilecek plazmid veya bakteriyofajlardır (Pham, 2018). Vektörlerin konakçı hücreye girmesi (Craig ve ark., 1989) ısı şoku 'heat-shock' (Cohen ve ark., 1972), dondurma-çözdürme 'frozen-thawed' (Dityatkin ve ark., 1972) ya da elektroporasyon -elektrik akımı ile hücre zarında geçici porlar oluşturma- metodu (Fiedler & Wirth, 1988; Miller ve ark., 1988) ile gerçekleşmektedir.

Rekombinant DNA teknolojisi genelde 5 aşama içermektedir (Pham, 2018).

1. Aşama hedef genin restriksiyon enzimi yardımıyla DNAdan kesilmesi
2. Aşama hedef genin PCR ile çoğaltılıp çok sayıda kopyasının elde edilmesi
3. Aşama hedef genin vektörün (plazmidin) içine eklenmesi
4. Aşama konakçı hücreye vektörün transfer edilmesi
5. Aşama rekombinant genlerin ürünlerinin elde edilmesi

Medikal biyoteknolojinin ürünleri ise antibiyotikler, rekombinant proteinler, hybridoma cells (hibridoma hücreleri), aşılar, kök hücre terapisi, doku mühendisliğidir (Pham, 2018).

Antijen olarak bilinen yabancı maddelerin istilasına uğrayan vücut, tepki olarak bağışıklık hücreleri aracılığıyla antikor denilen proteinleri üretmektedir. Antikorlar antijenin özgün bölgelerine bağlanarak antijenin işlevini yerine getirmesini engellemektedir. Bunun yanı sıra bağlanma ile antikor, yabancı antijenin yok edilmesi için bir marker (indikatör-belirteç) olarak görev almaktadır. Böylelikle antikorlar bizleri enfeksiyondan korumaktadır (Echko & Dozier, 2010). Sentetik antikorlar olarak adlandırılan rekombinant antikorlar (rAbs), laboratuvar ortamında insandan alınmış hücreler aracılığıyla antikor genleri sayesinde üretilmektedir. Bu yöntem, tamamıyla hayvanlardan antikor üretme sürecini elimine etmektedir (Echko & Dozier, 2010). Arzu edilen antikorun üretilmesi için, ilgili antikorun üretiminden sorumlu genler ekspresyon vektörü aracılığıyla ekspresyon sistemi adı verilen bakteri, maya ya da memeli hücre hatlarından birine transfer edilmektedir. Üretilen antikorun çeşidine bağlı olarak seçilecek vektör ve ekspresyon sistemi değişmektedir (Echko & Dozier, 2010).

Antibiyotikler bakteriyel enfeksiyonların önlenmesinde ve tedavisinde kullanılan antimikrobiyal ürün çeşitleridir (Pham, 2018). Genetik mühendisliği teknikleri daha fazla antibiyotik üreten suşların elde edilmesine imkan tanımaktadır. Bunun için öncelikle antibiyotiklerin biyosentezinde sorumlu genler klonlanır. Bu genlerin çok sayıda kopyasını içeren rekombinant DNA'ların da mikroorganizma içinde aşırı eksprese edilmesi neticesinde antibiyotik üretiminin fazla olması beklenecektir (Muniz ve ark., 2007).

Rekombinant DNA teknolojisi ile üretilen ticari olarak değerli proteinlere rekombinant protein denir (Thieman & Palladino, 2014). Tedavide kullanılan ilk rekombinant protein insülin olup 1982 yılında kullanılmıştır. Günümüzde tıpta 170'in üzerinde kullanılan rekombinant protein bulunmaktadır (Pham, 2018).

Hibridoma hücreleri, myeloma (kemik iliği kanseri) hücreleri ile B hücrelerinin birleşmesinden oluşmuş hibrit hücreler kültürüdür. Hibridoma teknolojisinde B hücrelerinin seçilme nedeni bu hücrelerin antikor üretme yeteneği; kanser hücrelerinin seçilme nedeni de sürekli çoğalabilme özelliğine sahip olmasındandır. Aynı çeşit B hücreleri tarafından üretilen monoklonal antikorlar, antijene (yabancı proteine) spesifik olarak bağlanabilen proteinlerdir. Hibridoma teknolojisi, Cesar Milstein ve Georges J.F. Kohler tarafından 1975'te bulunmuştur (Pham, 2018).

Hibridoma teknolojisinde, hücrelerin birleştirilmesi (füzyonu) elektriksel (Trontelj ve ark., 2010) ya da kimyasal yöntemlerle (Klebe & Bentley, 1987) gerçekleştirilebilmektedir.

Monoklonal antikorlar tıpta hastalıkların tedavi, teşhis ve önlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Pham, 2018). Monoklonal antikorlar, kanser ve otoimmün hastalıklara karşı immuno terapide kullanılmaktadır (Hafeez ve ark., 2018). Bu tür tedavilerin altında yatan mekanizmalar: Apoptozu uyarmak, hücredeki sinyal yollarını düzenlemek, hedef molekülün işleyişini engellemeye çalışmak ve hücre döngüsünü durdurmaktır (Breedveld, 2000; Liu ve ark., 2008; Pham, 2018) .

Aşı, belli bir hastalığa karşı bağışıklık kazanmayı amaçlayan biyolojik bir üründür. Genelde aşılarda hastalığa yol açacak patojeni zayıflatılmış veya öldürülmüş olarak içermekte ya da patojenlerin toksinlerini ve yüzey proteinlerini barındırmaktadır. Bu ajanlar konakçı hücrenin bağışıklık sistemini aktive etmekte, bağışıklık sistemi bu ajanlara cevaben koruyucu bir tepki ortaya koymaktadır (Pham, 2018).

mRNA teknolojisi, bulaşıcı hastalıklardan korunma dahil olmak üzere tıbbın birçok alanını dönüştürme potansiyeline sahiptir. mRNA aşılarda avantajı bağışıklık sisteminin yanıtını hızlandırmalarıdır (Jackson ve ark., 2020).

9- DNA Parmak İzi

Genetik tanılama testi, her bireye özgü olan genetik materyal örüntüsünün (desenin) ortaya çıkarılmasını sağlayan bir testtir (Saad, 2005). İnsanlar arasında genomun yüzde 99 üzeri benzer olmasına rağmen, küçük sayıda DNA dizi farklılıkları insanların birbirinden ayırt edilmesinde kullanılmaktadır (Cooper ve ark., 1985). DNA tanımlama testlerinde bireyler arasında farklılık gösteren DNA dizileri hedeflenmektedir. 1985 yılında İngiltere'den bilim insanı Alec Jeffreys DNA'ya dayanan tanılama testine öncülük etmiştir (Jeffreys ve ark., 1992). Jeffreys ve arkadaşları fokalardaki myoglobin geni ile insanlardaki myoglobin genini karşılaştırmış ikisinde de benzer ardışık kısa tekrar dizilerini saptamışlardır (Saad, 2005).

Jeffreys ve arkadaşlarının genomdaki tekrar dizilerinin yerlerini ve sayılarını çıkarmak için hazırladıkları radyoaktif probalar bireyler arasında tekrar dizilerinin farklı sayıda olduğunu göstermiştir. Tekrar dizi sayısının bireyden bireye değişmesi, minisatellit olarak bilinen tekrar dizilerinin genetik bir marker (belirteç) olarak kullanılabilmesi fikrini doğurmuştur (Wyman & White, 1980; Jeffrey ve ark., 1985a; Jeffreys ve ark., 1985b; Saad, 2005).

DNA parmak izi için önce numunelerden (kan, sperm, deri, saç vb) DNA'yı dışarı çıkarmak gerekmektedir. Ardından DNA'lar makas enzimi denilen restriksiyon enzimine

maruz bırakılır ve agarose jel üzerinde elektrik yardımıyla yürütülür. Jel üzerindeki DNA'lar da etidyum bromür ile görünür kılındıktan sonra southern blot tekniği uygulanır, DNA membran üzerine transfer edilir radyoaktif prob da membrana uygulanır. Prob müdahalesi sonucu oluşan DNA deseni de o numunenin DNA'sının parmak izidir (Jeffreys ve ark., 1985b; Saad, 2005).

DNA parmak izi için laboratuvar ortamında kullanılan teknikler:

Jel elektroforez

Yarı katı jel matrisinde (ortamında) elektrik yükleri aracılığıyla farklı büyüklüklere sahip biyomoleküllerin (DNA, RNA ve protein) jel üzerinde hareket etmesini ve ayrılmasını sağlayan bir laboratuvar yöntemidir (Thieman & Palladino, 2014).

Agaroz jel elektroforezi

Agaroz jel elektroforezi, "DNA fragmentlerini (parçalarını) büyüklüklerine göre ayırmayı ve görünür kılmayı sağlayan bir tekniktir. Agaroz, deniz yosunundan elde edilen bir materyal olup tampon çözelti içinde eritilmekte sonrasında plastik bir kaba konmaktadır. Agaroz soğudukça katılaşıp nihayetinde yarı katı jel kıvamına gelmektedir. Agaroz jel küçük delikler ve gözenekler içerdiğinden DNA fragmentleri bu gözenekler içerisinden geçebilir. Agaroz jelin elektriği iletibilmesi için de tampon çözeltiye batırılması gerekmektedir. DNA örnekleri jel üzerinde kuyu adı verilen küçük çöküntülere konulmaktadır. Jelin iki ucuna elektrotlar yardımıyla elektrik akımı uygulanmaktadır. DNA kendi yapısındaki şeker fosfat omurgasından negatif olarak yüklenmiştir. DNA negatif yüklü olduğundan jel üzerinde elektrik akımının varlığında pozitif kutba doğru hareket edecektir. DNA fragmentlerinin (parçacıklarının) jel üzerinde hareketlerinde molekül büyüklüğü önemlidir. Daha az nükleotid içeren DNA parçacıkları hafif olduklarından jel üzerinde daha hızlı hareket edeceklerdir." (Thieman & Palladino, 2014).

"Etidyum bromür, heliks yapılı polinükleotidlerle birleşince çarpıcı bir şekilde kompleksten etrafa yayılan floresan miktarı artar. Etidyum bromür boyasının özgülüğü, etidyum

bromürün baz çiftlerinin arasına eklenmesiyle gerçekleşmektedir” (Lepeck & Paoletti, 1967). DNA agaroz jel elektroforez aracılığıyla DNA fragmentlerinin ayrılması sırasında tampon çözeltiye etidyum bromür eklenir. Çözeltiye etidyum bromür eklenmesinin nedeni, DNA'ya bağlanan etidyum bromürün ultraviyole ışığı altında DNA bantlarını görünür kılmadır (Sigmon & Larcom, 1996).

RFLP (Restriction Fragment Length Polimorphism- Kesilen DNA Parçalarının Uzunluk Çeşitliliği):

DNA restriksyon (makas) enzimleri, DNA'nın içindeki belirli nükleotid dizilerini tanır ve o bölgelerden DNA'yı keserek farklı uzunlukta DNA parçacıklarının elde edilmesini sağlar. Farklı uzunluktaki bu DNA parçaları elektroforez yöntemiyle Agaroz jel üzerinde molekül ağırlıkları arasındaki farklılıktan birbirinden ayrılırlar (Botstein ve ark., 1980).

10- Kök hücre

Kök hücre belirli hücre çeşitlerine dönüşebilen hücreler olup bir hücrenin kök hücre olarak ifade edilebilmesi için iki önemli özelliğe sahip olması gerekmektedir: Birincisi kendini yenileme ikincisi de farklılaşmadır. Kök hücrede kendini yenilemeden kasıt, kök hücrenin simetrik ya da asimetrik bölünmesi ile kopyalarının üretilmesidir (Pham, 2018).

Takahashi ve Yamanaka 2006 yılında oct3/4, Sox2, c-Myc, Klf4 adı verilen dört transkripsiyon faktörünü erişkin bir farenin kuyruk fibroblast hücrelerine retrovirüs aracılığıyla transfekte ederek indüklenmiş pluripotent kök hücre elde etmişlerdir (Takahashi & Yamanaka, 2006).

Araştırmalarda insan deri fibroblast hücrelerine yine fare deneyindeki gibi aynı transkripsiyon faktörleri (Takahashi & Yamanaka, 2006) verildiğinde, erişkin insanda da farklılaşmış somatik hücrenin (fibroblast hücresi) çok potansiyelli (pluripotent) kök hücreye dönüşebildiği gösterilmiştir (Takahashi ve ark., 2007).

Kök hücre tedavisi bazı genetik hastalıklarının yanı sıra dejeneratif hastalıklar için de gelişmiş tedavi seçenekleri sunmaktadır. Günümüzde medikal alanda kullanılan kök

hücreler: Hematopoiteik kök hücre, mezenşimal kök hücre, nöral kök hücre, epidermal kök hücre, endotel progenitör (öncü) hücre, kornea epitel kök hücresi, embriyonik kök hücre ve indüklenmiş pluripotent kök hücredir (Pham, 2018).

Dünyada önde gelen ölüm nedenlerinden biri de kalp yetmezliği olup uygulanan tedaviler ise sadece hastalığın ilerlemesini geciktirmektedir. Laboratuvar deneyleri ve klinik çalışmalar hücresel tedavilerin kalbin çalışma işlevini iyileştirdiğini göstermektedir. Kemik iliğinden elde edilen progenitör (kök hücrenin bölünmesiyle meydana gelmiş) hücreler ve diğer progenitör hücreler damarı oluşturan hücre çeşitlerine dönüşebilmekte bu durumda kan akışı yeniden sağlıklı hale gelebilmektedir. Yapılan araştırmalar kalpte yerleşik kök hücrelerin kalp kası hücreleri dahil olmak üzere kalpte hali hazırda bulunan birçok hücre tipine dönüşebildiğini göstermiştir (Segers & Lee, 2008).

Kalbin tedavisi için gerekli kök hücre ve progenitör hücre kaynağı kişinin kendi vücudundan (otolog) ya da başka bir kişiden (allojeneik) olabilmektedir. Bu kök hücreler ve progenitör hücreler farklılaşarak kalpte kalp kası hücrelerini, endotel hücreleri, düz kas hücrelerini oluşturabilmektedir. Ayrıca bu hücreler buldukları bölgede parakrin etki de gösterebilmektedir (Segers & Lee, 2008).

Yeniden programlama faktörlerinin ektopik olarak somatik (vücut) hücrelerinde eksprese (ifade) edilmesiyle somatik hücreler farklılaşma geçirerek tekrar pluripotent özellik kazanırlar. Somatik hücrelerin pluripotent özelliğini kazanması da hastalıklarının modellenmesine ve kişisel hastalıkların rejeneratif hücre tedavisiyle düzelmesine imkan sağlayabilecektir. Pluripotent özelliği kazanmış bu hücreler diğer adıyla İPSC- indüklenmiş pluripotent kök hücreler- embriyonik kök hücrelerle gerçekten eş değer olup olmadığı ya da bu hücrelerle embriyonik kök hücreler arasındaki ince farkların tedaviyi etkileyip etkilemediği ileriki çalışmalarla ortaya konulacaktır (Robinton & Daley, 2012).

Robinton ve Daley 2012 yılındaki çalışmalarında temsili nörodejenaratif bir hastalığa sahip bir bireyi örneklendirmişlerdir. Bu hasta bireyden alınacak deri hücrelerinin yeniden programlama transkripsyon faktörlerinin etkisiyle kök hücrelere (IPS) dönüştürülebileceğini

ve söz konusu kişinin nörodejenaratif hastalığının kaynağı gende meydana gelmiş bir mutasyon ise o genin tamir edilmesiyle düzeltilmiş kök hücreler elde edileceğini, in vitro ortamda da bu düzeltilmiş kök hücrelerden elde edilecek sağlıklı sinir hücrelerinin hastaya nakledilmesinden sonra kişide ilgili hastalığın teorik olarak yok olabileceğini iddia etmişlerdir. Bu araştırmacıların teorik olarak iddia ettikleri diğer bir yöntem ise hasta bireyden elde edilen deri hücrelerinin in vitro ortamda IPS kök hücrelerine farklılaştırılması sonrasında bu IPS hücrelerinin sinir hücrelerini oluşturması ardından da oluşmuş sinir hücreleri üzerinde çeşitli ilaçların denenmesi, buradan hareketle hangi ilacın daha çok tedavi edici olduğunun ortaya çıkarılmasıdır (Robinton & Daley, 2012).

11- Protein etiketleme

Osamu Shimomura, Martin Chalfie ve Roger Tsien 2008 yılında kimya dalında yeşil flüoresan proteinin (GFP) keşfi ve geliştirilmesine katkı sunduklarından Nobel ödülü almışlardır. Denizanasından elde edilen bu protein günümüzde modern bilimin ve tıbbın en kullanışlı enstrümanlarından biridir. Osamu Shimomura yüzbinlerce denizanasından özenle GFP proteinlerini izole ederek bu canlılardaki ışık verme (biyoluminesans) mekanizmasını aydınlatmıştır. Martin Chalfie, E.coli ve C.elegans'da bu GFP proteinin ifade edilmesini sağlamıştır. Roger Tsien çok sayıda uygulamada kullanabilecek floresan proteinler içeren bir palet geliştirmiştir (Zimmer, 2009).

Organizmalarda genin ifade edilmesinin önemli görsel belirteçlerinden biri de GFP ile etiketlemedir. GFP'nin tespiti için kofaktöre ihtiyaç duymaması onu diğer indikatörlerden ayıran önemli bir özelliktir. GFP'den etrafa yayılan ışık miktarı spektrofotometri ile ölçülmektedir (Stretton ve ark., 1998; Chalfie ve ark., 1994).

Canlı organizmalarda proteinin yerini tespit edebilmek, proteinin hücrede ifade edilme düzeyini belirlemek için GFP'den faydalanılmaktadır (Chalfie ve ark., 1994).

Biyoteknolojinin sanayide kullanımı:

Petrol endüstrisinin yaşadığı en önemli güçlüklerden birisi de ham petrolün saflaştırılmasıdır. İşlenmemiş ham petrolün içinde çok miktarda kükürt, azot, metal ve bazı

organik bileşikler bulunmaktadır. Bu unsurlarda petrolün kalitesini oldukça düşürmektedir. Petrolün sadece kimyasal yöntemlerle arıtılması ekonomik olmadığı gibi çevre dostu da değildir. Petrol kuyularında belli mikroorganizmaların veya onların metabolik ürünlerinin kullanılmasıyla ham petroldeki istenmeyen bu öğeler ekonomik ve daha çevre dostu bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir. Bu süreç mikroorganizmalar aracılığı ile gerçekleştiğinden bu işlemler biyodesülfürüzyon, biyodenitrojenasyon, biyodemetalasyon, biyotransformasyonu kapsamaktadır. Bu proses (işlem) MEOR (mikroorganizma aracılıklı gelişmiş petrol iyileştirilmesi) olarak adlandırılmaktadır (Bachmann ve ark., 2014). MEOR petrol sanayisine yönelik bir biyoteknolojik uygulamadır.

Bir maya mantarı çeşidi olan *Saccharomyces cerevisiae* genetik olarak yeniden tasarlanıp naylon sentezinde önemli bir hammadde olan adipik asitin üretilmesinde kullanılabilmektedir (Kruyer & Peralta-Yahya, 2017).

Biyoteknolojinin sucul ekosistemler ve çevre üzerine uygulamaları:

Günümüzde petrole bağlı sanayiden dolayı da çevre kirliliği artmaktadır. Özellikle petrol sızıntıları sucul ekosistemleri tehdit etmektedir. Sürfaktan denilen madde yüzey gerilim kuvvetini azaltmaya yarayan, amfifilik (hem hidrofobik=lipofilik hem de hidrofilik özellik gösteren) bir ajandır. Sürfaktanlar, normalde suda çözünmeyen hidrokarbonlara bağlanarak onların çözünürlüklerini arttırmaktadırlar. Sürfaktan sayesinde emülsiyon halinde bulunan petrol damlacıkları suda yaşayan bazı mikroorganizmalar tarafından kolaylıkla parçalanabilmektedir. Bu durumun petrol ve petrol türevlerinin neden olduğu kirliliğin ortadan kalkmasına yardımcı olacağını göstermektedir. Kimyasal olarak sentezlenen surfaktanların suda yaşayan canlılar üzerine toksik etki yaptığı bildirilmiştir. Bu nedenle kimyasal surfaktanlar yerine, belli bakteriler tarafından doğal olarak hücre dışına sentezlenen, toksik etkisi olmayan biyosurfaktanlar kullanılmalıdır (Karlapudi ve ark., 2018). Bu olaydaki ıslah çalışması biyoremediasyon olarak adlandırılmaktadır.

Biyoteknolojideki ilerlemeler sayesinde; mikroorganizmaların kullanılmasıyla hidrokarbonların, çok halkalı hidrokarbonların, pestisit ve metal kimyasal kirleticilerin

toksiteleri (zehir düzeyleri) ve konsantrasyonları azaltılarak çevrenin iyileştirilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır (Dua ve ark., 2002).

Biyoteknolojinin Eğitimdeki Yeri

Moleküler biyoloji ve genetikte ve genetiğin uygulamalarında son yıllarda ciddi ilerlemeler meydana gelmektedir. Bu ilerlemeler, bilimin diğer alanlarını etkilediği gibi kişiselleştirilmiş tıbbı da etkilemektedir. Bu durum da doğal olarak sosyobilimsel tartışmaların doğmasına yol açmıştır. Fen eğitimin amaçlarından biri toplumu oluşturan bireyleri fen konusunda okuryazar yapmaktır. Bu nedenle insan yaşamını etkileyen mevcut genetik uygulamaların okullarda fen derslerinde ele alınması gerektiği düşünülmektedir. Sanayileşmiş bütün ülkelerde eğitimle öğrencilere kazandırılmak istenen en önemli unsur fen okuryazarlığıdır (Kampourakis ve ark., 2014).

Amerikan Ulusal Araştırma Konseyinin, Ulusal Fen Eğitimi standartlarında fen okuryazarlığı (NRC, 1996): "Bireylerin ekonomik üretkenlikte, kültürel ve sosyal olaylara katılmalarında, karar vermelerinde ihtiyaç duydukları bilimsel kavram ve süreçlerin anlaşılması ve bilinmesidir. Fen okuryazarlığına sahip bir birey günlük deneyimleriyle ilgili meraktan kaynaklı sorularına cevaplar bulmaya çalışır. Ayrıca bu birey doğa olaylarını tanımlama, açıklama ve tahmin etme yeteneğine de sahiptir. Fen okuryazarlığı, yayınlardaki fenle ilgili makalelerin okunup anlaşılmasına ve bu makalelerin sonuçlarının geçerliliğine dair sosyal konuşmalara katılmalarına da olanak sağlar. Ulusal ya da yerel kararların altındaki- kararların dayanağı olan- bilimsel sorunları tanımlar ve kendisi bilimsel ve teknolojik olarak haberdar olduğu durumları belirtir. Okuryazar birey; bilimsel bilginin niteliğini, kaynağını hangi yöntemlerle elde edildiğini değerlendirir. Bilimsel okuryazarlık; kanıta dayalı delilleri değerlendirmeyi, böyle kanıtlardan elde edilmiş sonuçları uygun bir şekilde icra etme yeteneğini ifade eder. Fen okuryazarlığının farklı derece ve biçimleri vardır. Fen okuryazarlığı sadece okul dönemi ile sınırlı değildir, yaşam boyu devam eder ve gitgide daha da derinleşir. Ancak bireyin yetişkinlikte fen okuryazarlığının gelişimini

belirleyecek olan tutum ve değerler bireyin yaşamının erken dönemlerinde oluşturulur” (NRC, 1996, s. 22).

Bybee (1997) çalışmasında okuryazarlığı 5 grup altında ele almıştır:

1. Bilimsel okuryazar olmama: Bazı bireyler yaştan, bazıları gelişim seviyesinden bazıları da gelişimsel yetersizliklerden kendilerini bilimsel ve teknolojik olarak okuryazar olarak görmezler. Bu kişilerin popülasyonda oranları oldukça azdır. Bu bireylere bilim ya da teknoloji hakkında bir soru sorulduğunda onlar sorunun kendisini algılayacak bilişsel kapasiteye sahip değillerdir.
2. Nominal (en düşük) okuryazarlık: Bu okuryazarlığa ismini veren ‘name’ sözcüğünden hareketle kişi bilimsel bir ifadenin sadece adını bilmektedir. Nominal okuryazar olan bir kişi terimin, sorunun ya da konunun bilimle ilgili olduğunu anlar ama onun hakkında bildikleri oldukça azdır. Bu seviyedeki bireylerde olayın algılanışı semboliktir. Bu okuryazarlığa sahip bireylerde kavram yanılgıları gözlemlenmektedir.
3. Fonksiyonel bilimsel ve teknolojik okuryazarlık: Fonksiyonel okuryazarlığa sahip bireyler bilimsel ve teknolojik kelime bilgisini sadece özgün bir bağlam içerisinde işe koşarlar. Örneğin testte bir terimi tanımlarken, gazete okurken ya da bir televizyon programı dinlerken. Bu okuryazarlığa sahip bireylerin bilgileri, alanın (disiplinin) kavramsal detaylarından ziyade genelde ezberlenmiş terminoloji listesinden oluşmaktadır.
4. Kavramsal ve Prosedürel okuryazarlık: Kavramsal ve Prosedürel okuryazarlık; alana ait kavramların ilgili disiplinle (alanla) nasıl ilişkilendirildiğini algılamaktır. Bu okuryazarlıkta sorgulama süreci ve metodlar işe koyulmaktadır. Örneğin evrim; kavram haritasında enerji, genetik devamlılık, yapı ve fonksiyon kavramlarını bir araya getirir. Problem çözme ve bilimsel araştırma süreçleri gibi prosedürel bilgi ve beceriler birbirleriyle ilişkilidir. Bu okuryazarlığa sahip bireyler bilimsel deneylerde

laboratuvar çalışmalarında gözlem, hipotez, optimize etme, sınırlandırma gibi becerileri kullanırlar.

5. Çok boyutlu okuryazarlık: Bağlamsal, bütüncül bakış açısını tanımlar. Bu okuryazarlık disiplinlerin felsefi, tarihi, sosyal boyutlarını da içerir. Bu okuryazarlığa sahip bireyler bilim ve teknolojiye karşı kültürel girişimlerde bulunmasının yanı sıra bilim ve teknoloji arasında, fen disiplinleri arasında, toplumsal problemler arasında bağlantı kurar. Özetle çok boyutlu okuryazarlık bilim ve teknolojinin esas ilkelerini bilmenin yanında onu bütüncül kılan ve anlamlandıran bilimin doğasını ve bilim tarihini de bilmektir. Bu seviyedeki bir birey; toplum, bilim ve teknoloji arasındaki ilişkiyi de algılamış olur (Bybee, 1997).

Bybee' nin (1997) okuryazarlık boyutları biyoteknoloji alanına uyarlandığında;

1. Nominal biyoteknoloji okuryazarlık: Biyoteknolojideki kavram, ilke ve uygulamaları isim düzeyinde bilmeyi
2. Fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlık: Biyoteknolojideki kavram, ilke ve uygulamaları işlev düzeyinde bilmeyi
3. Prosedürel biyoteknoloji okuryazarlık: Biyoteknolojideki laboratuvar uygulama becerilerini, biyoteknolojideki bir kavramı ilgili disiplinle bağlantı kurarak açıklamayı
4. Çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlık: Biyoteknolojideki ilke, kavram ve uygulamaların zaman içinde nasıl doğduklarını, geçirdiği değişimleri ve bunların topluma yansımalarını kapsamaktadır (Bybee, 1997).

Fen okuryazarlığı sayesinde, bireyler bilimdeki tartışmalı konularda daha mantıklı kararlar verebilecektir (Klop & Severiens, 2007; Chabalengula ve ark., 2011b). Biyoteknolojideki sosyobilimsel konular, öğrenim materyali modüller aracılığıyla öğrencilere kolaylıkla öğretilir. Bu durumdan öğrencilerin hem biyoteknoloji bilgileri hem de biyoteknolojiye yönelik tutumları etkilenecektir (Klop ve ark., 2010).

Biyoteknoloji alanındaki ilerleme hızı sürekli bir şekilde ulusal okul müfredatlarını yenileme gerekliliğini doğurmaktadır. Sadece yeni biyoteknoloji konularının okul müfredatlarına eklenmesi iyi bir biyoteknoloji öğretimi için yeterli görülmemektedir. Ayrıca öğretmenlerin ve öğrencilerin de biyoteknoloji konusunda okuryazar olmaları gerekmektedir (Chabalengula ve ark., 2011b).

Bireylerin genetik okuryazarlığını oluşturmada öğretmenler önemli bir görev almaktadır. Çünkü öğrencileri genetik okuryazarlığın unsurları olan klonlama, kök hücre, gen tedavisi gibi konularda yetiştirecek olan öğretmenlerdir. Öğretmenlerin genetiği öğretme durumları ise onların hem genetik hakkındaki bilgilerinden hem de genetiğin farklı konularına yönelik tutumlarından etkilenmektedir (Cebesoy & Öztekin, 2018).

Öğretmenlerin bireyleri genetik konusunda yetiştirebilmeleri ve genç nesillerde genetik konularında bilinçli görüş oluşturmaları için öncelikle kendilerinin genetik konusunda okuryazar olmaları gerekmektedir. Ayrıca öğretmenler öğrencilerinin biyoteknolojiyle ilgili konularda gelecekte aktif bir karar verici olmalarını istiyorlarsa, öğretmenler genetik okuryazarlığın yasal, sosyal ve etik boyutlarına da hakim olmaları gerekmektedir (Van der Zande ve ark., 2011).

Araştırma kapsamında ilgili literatür incelendiğinde; fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji okuryazarlık düzeyi hakkında ve öğretmenlerin biyoteknoloji okuryazarlığını artırmaya yönelik yayınlar bulunmaktadır. YÖK'e bağlı ulusal tez merkezi tarandığında araştırma konusu ile bağlantılı 6 doktora tezi (Darçın, 2007; Sürmeli, 2008; Yüce, 2011; Aksoy Çağlar, 2012; Açıkgül Fırat, 2015; Orhan, 2019); 17 yüksek lisans tezi (Atabaş, 2012; Sönmez, 2014; Çimen, 2015; Ağaç, 2019; Arslankara, 2019; Vuran, 2019; Baybura, 2019; Soğukpınar, 2019; Demirci, 2017; Şentürk, 2009; Eş, 2010; Doğru, 2010; Öcal, 2012; Sıcaker, 2013; Gürkan, 2013; Aydoğmuş, 2013; Kaya, 2015) bulunmaktadır.

Yukarıdaki yayınların çoğu günümüzde fen bilimleri öğretmenlerinin hakim olması gereken güncel biyoteknoloji uygulamalarını içermemektedir. Biyoteknoloji uygulamalarını içeren yayınların çoğu da bilgi basamağındadır. Sadece Orhan (2019) çalışmasında fen

bilimleri öğretmenleriyle uygulamaya yönelik laboratuvar temelli biyoteknoloji etkinlikleri gerçekleştirmiştir. Orhan (2019) çalışmasında yer verdiği laboratuvar temelli etkinlikler şunlardır: “Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş, Genomik DNA izolasyonu, Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR), Suçlu Kim?, Biyoformatik- Filogenetik Tahmin” dir.

Orhan (2019) çalışmasında fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojik bilgi ve farkındalıklarını ölçmüştür. Bununla birlikte fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvara dayalı etkinlikler yoluyla biyoteknoloji konularını daha iyi öğrendiklerini göstermiştir. Çalışmasının sonucu olarak da fen bilimleri öğretmenlerinin yenilikçi öğrenme yaklaşımlarını benimseyip merkeze aldıklarında, öğrenmeye hizmet eden biyoteknoloji etkinliklerini de laboratuvarı işe koşup gerçekleştirdiklerinde öğretmenlerin biyoteknolojik bilgi ve farkındalıklarının arttığını kanıtlamıştır. Orhan (2019) buradan hareketle çalışmasında bu etkinliklerin fen bilimleri öğretmenlerin yetiştirilme sürecindeki öğretim programına dahil edilmesi gerektiğini tavsiye etmiştir.

Orhan’ın (2019) çalışmasında yapmış olduğu etkinlikler şunlardır:

1. Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş
2. Genomik DNA İzolasyonu
3. Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)
4. Suçlu Kim?
5. Biyoformatik- Filogenetik Tahmin

Açıkgül Fırat (2015) çalışmasında fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojik okur yazarlıklarına Web 2.0 iletişim araçlarının (karşılıklı iletişim barındıran internet tabanlı platformlar) etkisini irdelenmiştir. Çalışmada 60 kişilik örneklem grubu kullanılmıştır. Bunların 30’u deney diğer 30 da kontrol grubunu oluşturmuştur. Araştırmada deney grubu Web 2.0 teknolojileriyle desteklenmiş biyoteknoloji öğretimine maruz tutulurken, kontrol grubunda ise Web 2.0 teknolojisiz biyoteknoloji öğretimi gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda

deney grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının öntest sontest puanlarına göre nominal, fonksiyonel ve çok boyutlu bilimsel okur yazarlıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Kontrol gruplarında ise öntest ve sontest puanlarında biyoteknoloji okuryazarlık açısından anlamlı bir fark tespit edilememiştir.

Darçın (2007) araştırmasında, fen bilimleri ve biyoloji öğretmen adaylarını deneysel olarak biyoteknoloji eğitimine maruz bırakmıştır. Araştırmadaki amaç biyoteknoloji eğitiminin öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgilerini ve biyoteknolojiye yönelik tutumlarını nasıl etkilediğini ortaya çıkarmaktır. Darçın (2007) işlem sonrası verileri irdelemesi neticesinde, laboratuvar aracılıklı biyoteknoloji eğitiminin öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgilerini ve biyoteknolojiye karşı tutumlarını olumlu yönde etkilediğini göstermiştir (Darçın, 2007).

Yüce (2011) çalışmasında fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji konusundaki bilgi düzeylerini, biyoteknoloji uygulamalarına yönelik düşüncelerini, tutumlarını ve onların biyoteknolojiye karşı yaklaşımlarını etkileyen değer yargıları örüntüsünü göz önüne sermek istemiştir. Yüce (2011) araştırmadaki örneklem grubuna 22 madde içeren "Biyoteknoloji Konusundaki Bilgi Testi"ni uygulamıştır. Yüce (2011) öğretmen adaylarının bu testten alabileceği en fazla puanın 66, en düşük puanın ise 22 olduğunu belirtmiş olup; örneklem grubundaki öğretmen adaylarının %50 den fazlasının bu testten 39 puan alması nedeniyle Yüce (2011) fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgilerini orta düzeyde olduğu şeklinde yorumlamıştır. Ayrıca araştırmada fen bilimleri öğretmen adaylarının %50 den fazlasının testte yanlış yanıtladığı konular:

1. Biyoteknolojinin tanımı ve yapılışı
2. Biyoteknolojik ürünlerinin özellikleri
3. Biyoteknolojinin farklı uygulama alanlarıdır (Yüce, 2011)

Yüce (2011), inanç ve dini değerlerin öğretmen adaylarının biyoteknolojiye karşı yaklaşımlarını etkilediğini belirtmiştir. Ayrıca Yüce (2011) öğretmen adaylarının neredeyse %70'inin dünyanın doğal dengesinin bozulması, ilerde insan sağlığında meydana

gelebilecek olumsuz durumlar, diğer canlıların yaşam hakkı, biyolojik silahlar, etik kaygılar ve dini değerler nedeniyle biyoteknoloji uygulamalarına negatif bir bakış açısına sahip olduğunu belirtmiştir.

De la Hoz (2015) araştırmasında biyolojinin son yıllarda özellikle biyoteknoloji ve genetik alanında devrim yaşadığını, bilimsel gelişmelerin hızından halkın bildiği bilim ile bilim insanların yaptığı çalışmalar arasında büyük bir açıklık doğduğunu, toplumun bilimsel politikalarla ilgili karar verme sürecine katılabilmesi için bilgilerinin yetersiz olduğunu bu nedenle de bireylerin iyice bilgilendirilmeleri gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca De la Hoz (2015) bireylerin karar almasında bilimsel değerlendirmelerin yanında etik ve ahlaki değerleri de göz önünde tutmaları gerektiğini ifade etmiştir. De la Hoz (2015) bilim insanlarıyla toplum arasında oluşan bilgi düzey farklılığını en iyi kapatacak olan öğenin, eğitim sisteminin merkezinde yer alan ve gelecek nesilleri de yetiştirecek olan öğretmenler olduğunu söylemiştir.

De la Hoz (2015) araştırmasında Avrupa'nın güneyindeki İspanya ile kuzeyindeki İsveç'te hizmet öncesi öğretmen adaylarının biyoteknolojiye karşı tutumlarını ve bilgilerini açığa çıkarmaya çalışmıştır. Ardından gelecek neslin öğretmenlerini biyoteknoloji konusunda okuryazar yapabilmek için yeni eğitsel etkinlikler düzenlemiştir. Araştırma sonuçlarına göre İsveç ve İspanya'daki öğretmen adayları biyoteknoloji konularıyla ilgilidir ama öğretmen adaylarının genetiğin temellerine ait bilgilerinin beklenenden az olduğu görülmüştür. De la Hoz (2015) bu durumu gidermek için yeni problem bazlı öğrenme materyali geliştirmiştir. Tasarladığı eğitim materyaliyle amacı, öğretmen adaylarının genetik konularına ait bilgi düzeylerini artırmaktır. De la Hoz (2015) yeni eğitim materyalinin geçerliliğini kanıtlamak için de katılımcılara öntest ve sontest uygulamıştır. Sonuç olarak öğretmen adaylarının bilgilerinde bu yeni materyal sayesinde anlamlı bir değişim gerçekleştiğini göstermiştir. Ayrıca eğitsel etkinliğe katılan öğretmenler de kendilerini eğitsel değişimin parçası olarak gördüklerini belirtmişlerdir (De la Hoz, 2015).

Sorgo ve Ambrozis-Dolinsek (2009) çalışmalarında Slovenya'lı öğretmenlerin geleneksel biyoteknoloji konularıyla ilgili çok şey bildiklerini bunun yanında çağdaş biyoteknolojik konular hakkında ise çok az bilgi sahibi olduklarını belirtmiştir (Sorgo & Ambrozis-Dolinsek, 2009).

Lamanauskas ve Makarskaitė-Petkevičienė (2008) çalışmalarında Litvanya'da hem biyoloji bölümünde hem de diğer bölümlerde öğrenim gören öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgilerinin az olduğunu göstermiştir. Ayrıca bu araştırmacılar öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgilerinin artırılması için de üniversitede öğretmen eğitiminde biyoteknoloji alanındaki öğretiminin yeniden organize edilmesi gerektiğini belirtmiştir (Lamanauskas & Makarskaitė-Petkevičienė, 2008).

Orhan (2019) çalışmasında Türkiye'deki YÖK tarafından hazırlanan fen bilgisi öğretmen adayları müfredatını biyoteknoloji alanı özelinde incelemiştir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının üniversitelerdeki eğitim dönemlerinde biyoteknoloji konularını içeren iki ders aldıklarını; birincisinin altıncı yarıyıldan verilen "Genetik ve Biyoteknoloji" ikincisinin de yedinci yarıyıldan verilen "Biyolojide Özel Konular" dersi olduğunu belirtmiştir. Ancak bu iki ders de teorik olup biyoteknoloji için laboratuvar tabanlı herhangi bir uygulama içermemektedir (Orhan, 2019).

Yaptığımız çalışmada fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerini belirlemek için irdelenen konular: FISH, sekanslama (DNA dizisini ortaya çıkarma), Mikroarray, Hücre kültürü, RNA interferans (RNA engelleme), Genome Editing (genom düzenlemesi), DNA rekombinant teknolojisi, rekombinant proteinler, hybridoma cells (hibridoma hücreleri), aşılarda kök hücre terapisi, doku mühendisliğidir. Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin belirlendiği önceki araştırmalarda, bu güncel biyoteknoloji konularına yer verilmediği görülmektedir. Araştırmamızda ise irdelenen bu konular biyoteknolojinin insan sağlığına yönelik hayati uygulamalarını barındırdığından diğer çalışmalardan farklı olarak fen bilimleri öğretmen adaylarının medikal biyoteknolojiyi ne düzeyde bildiğini de ortaya çıkarmasına fırsat vermektedir.

Türkiye’de Ortaokul ve Liselerde Biyoteknoloji Öğretimi

Türkiye’de Milli Eğitim Bakanlığına (MEB) bağlı ortaokul ve liselerde genetik ve biyoteknolojinin durumu gözden geçirilmiştir. Genetik ve biyoteknolojinin durumu için ortaokul kısmında fen bilimleri dersi öğretim programına, lise kısmında ise ortaöğretim biyoloji dersi öğretim programına bakılmıştır. 2018 yılında hazırlanan MEB Fen Bilimleri Öğretim Programı’nda genetik ve biyoteknolojinin temeli olan DNA, ilk kez 7. sınıf fen bilimleri dersi ‘Hücre ve Bölünmeler’ ünitesi ‘Hücre’ konusu 1. kazanım c bendinde yer almaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018a). Kazanımın c bendindeki ifade “*DNA, gen ve kromozom kavramları arasındaki ilişkiden bahsedilir*” şeklindedir (F. 7. 2. 1. 1c) (MEB, 2018a). Milli Eğitim Bakanlığı Ortaokul Fen Bilimleri Öğretim Programında DNA, gen ve nükleotidler 8. sınıf fen bilimleri dersi ‘DNA ve Genetik Kod’ ünitesinde 7. sınıfa oranla daha detaylı yer almaktadır (MEB, 2018a). Ayrıca MEB 8. sınıf fen bilimleri öğretimi programında “*genetik mühendisliği, yapay seçilim, biyoteknolojik çalışmalar, biyoteknoloji uygulamalarının çevreye etkisi*” konularının ‘DNA ve Genetik Kod’ ünitesinde ‘Biyoteknoloji’ konusu çatısı altında verildiği görülmektedir (MEB, 2018a).

Milli Eğitim Bakanlığı 8. Sınıf fen bilimleri öğretim programında biyoteknoloji konusunda öğrencilere kazandırılmak istenilen kazanımlar (MEB, 2018a) da aşağıda belirtilmiştir.

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, 2018a).

Milli Eğitim Bakanlığı’nın hazırlamış olduğu ortaokul fen bilimleri öğretim programı kazanımlarının biyoteknoloji yönünden analiz edilmesi neticesinde programın kazanımlarının (MEB, 2018a) genetik mühendisliği ve biyoteknolojiyle ilişkilendirilmesi,

biyoteknolojik uygulamalar olan gen aktarımı, klonlama, gen tedavisinden dem vurması, biyoteknoloji kaynaklı sosyobilimsel konuların insana fayda zarar yönünden tartışmasına olanak vermesi, ilerde biyoteknoloji alanında farklı uygulamaların olabileceğine vurgu yapması öğrencilerin güncel biyoteknoloji konularını farklı bakış açılarıyla öğrenmesine, sosyobilimsel konularda daha akılcı karar vermesine, biyoteknoloji alanının dinamikliğini algılamalarına katkı sağlayacağı şeklinde yorumlanmaktadır.

Ortaöğretim kısmında biyoteknolojinin ne kadar yer aldığını tespit etmek için Milli Eğitim Bakanlığı Lise Biyoloji Öğretim Programı incelenmiştir (MEB, 2018b). Yapılan inceleme neticesinde genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramları, uygulamaları ve bu uygulamaların insan hayatına etkisi lise biyoloji öğretim programlarından ilk kez 12. sınıf düzeyinde karşımıza çıkmaktadır. Bu biyoteknoloji konu ve uygulamaları 12. sınıfın genden proteine ünitesi, genetik şifre ve protein sentezi konusu içerisinde yer almaktadır (MEB, 2018b).

Milli Eğitim Bakanlığı 12. sınıf biyoloji öğretim programı biyoteknolojiyle ilgili kazanımlar (MEB, 2018b) açısından analiz edildiğinde aşağıdaki çıkarımlar elde edilmiştir.

Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramları, aralarındaki farklar ayrıca bunların uygulamaları öğrencilere program aracılığıyla kazandırılmak istenmektedir. Program biyoteknoloji uygulamaları olan rekombinant DNA teknolojisi, kök hücre teknolojisi ve DNA parmak izi yöntemini ve bunların kullanım alanlarını, biyoteknolojideki model organizmaları ve bu model organizmaların hangi özelliklerinden dolayı biyoteknoloji araştırmalarında tercih edildiğini öğretmeyi amaçlamaktadır. Program ayrıca genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının insan hayatına etkilerini, biyoetik ve biyogüvenlik konularının da tartışılmasını istemektedir (MEB, 2018b).

Milli Eğitim Bakanlığı 12. sınıf biyoloji öğretim programında biyoteknolojiyle ilgili kazanımlar aşağıda verilmiştir (MEB, 2018b).

12.1.2.2. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramlarını açıklar.

Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji arasındaki farkların tartışılması sağlanır.

12.1.2.3. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarını açıklar.

a. Gen teknolojileri, DNA parmak izi analizi, kök hücre teknolojilerinin ve bunların kullanım alanlarının araştırılması ve sonuçlarının paylaşılması sağlanır.

b. Model organizmaların özellikleri tartışılır.

c. Model organizmaların genetik ve biyoteknolojik araştırmalarda kullanılmasına ilişkin örnekler verilir.

12.1.2.4. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının insan hayatına etkisini değerlendirir.

a. Aşı, antibiyotik, insülin, interferon üretimi, kanser tedavisi ve gen terapisi uygulamaları kısaca açıklanır.

b. Klonlama çalışmalarının ve organizmaların genetiğinin değiştirilmesinin olası sonuçları belirtilir. Ian Wilmut'un klonlama ile ilgili çalışmasına değinilir.

c. Biyogüvenlik ve biyoetik konularının tartışılması sağlanır.

ç. Sosyo-ekonomik ve kültürel bağlamın, biyolojinin gelişimini etkilediği vurgulanır (MEB, 2018b).

Bu süreçte öğretim programlarındaki biyoteknoloji kazanımlarını öğrencilere kazandıracak, öğretim programı ile öğrenci arasında köprü olacak en önemli unsurun öğretmenler olduğu düşünülmektedir. Öğretmenlerin öğrencilerin biyoteknoloji okuryazarlıklarını oluşturmada önemli bir rol oynaması (Casanoves ve ark., 2015; De la Hoz ve ark., 2022) ortaokullarda fen bilimleri öğretmenlerinin, liselerde ise biyoloji öğretmenlerinin biyoteknoloji okuryazarlık seviyelerinin hangi düzeyde olduğunun sorgulanması gerekliliğini doğurmaktadır.

Yukarıdaki bilgiler dikkate alındığında nitelikli biyoteknoloji öğretimini sağlamada, öğrencilerin biyoteknolojik okuryazarlıklarını oluşturmada, öğrencilere biyoteknolojiyle bağlantılı sosyobilimsel olaylarda nasıl bir düşünce sistemi izlemesi gerektiğini

kazandırmada en önemli paydaşın fen bilimleri öğretmenleri olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, bu önemli görevleri gerçekleştirecek olan fen bilimleri öğretmenlerinin lisans eğitimleri sırasında biyoteknoloji konusunda çok iyi yetiştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Biyoteknoloji bilgileri ve güncel biyoteknoloji uygulamaları açısından yeterli olmayan fen bilimleri öğretmen adaylarının ileride biyoteknoloji konusunda nitelikli öğrenci yetiştirmesi olası gözükmemektedir. Bu nedenle, araştırmada ülkemizdeki öğrencilerin biyoteknoloji okuryazarlığını oluşturacak fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri merak edilmiştir.

Bölüm 3

Yöntem

Araştırmanın Türü

Bu çalışmada, fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojik okuryazarlık düzeylerinin ortaya çıkarılması için nicel araştırma yöntemlerinden survey (tarama) araştırmanın kesitsel (cross- sectional) türü kullanılmıştır. Bu çalışmada, kesitsel (cross-sectional) tarama araştırma türünün tercih edilmesinin nedeni, önceden belirlenmiş bir evrenden seçilecek örneklem grubundan tek seferde bilgi toplamaya imkan vermesidir (Büyüköztürk ve ark., 2016; Fraenkel ve ark., 2012).

Tarama araştırmaları, bir grubun belirli özelliklerini ortaya çıkarmak için yapılan araştırmalardır. Bu araştırma türünde grubun özelliklerini ortaya çıkarmak için kullanılan enstrümanlar görüşme soruları, anket ve testlerdir (Büyüköztürk ve ark., 2016; Fraenkel ve ark., 2012).

Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

2021-2022 eğitim öğretim yılında yürütülen araştırmanın evrenini, Türkiye'deki üniversitelerin fen bilimleri öğretmenliğinde öğrenim gören son sınıf fen bilimleri öğretmen adayları oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini ise; Türkiye'deki üniversitelerin fen bilimleri öğretmenliğinde öğrenim gören dördüncü sınıf fen bilimleri öğretmen adaylarından uygun örnekleme yöntemi ile seçilen öğretmen adayları oluşturmuştur. Çalışmaya Hacettepe Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Bartın Üniversitesi Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı dördüncü sınıf fen bilimleri öğretmen adaylarından toplam 325 kişi katılmıştır.

Araştırmada fen bilimleri öğretmen adaylarından son sınıfta okuyanların seçilmesinin nedeni önceki sınıflarda genetik ve biyoteknoloji konularını Biyoloji 3 dersinde almış olmalarındandır (YÖK, 2018).

Veri Toplama Süreci

Araştırmaya, Hacettepe Üniversitesi Etik Komisyonu tarafından 14 Eylül 2021 tarihinde E-35853172-300-00001768587 numarası ile onay verildikten sonra başlanmıştır. Veri toplama süreci iki aşamada gerçekleşmiştir. Birinci aşamada 280 fen bilimleri öğretmen adaylarına Bybee'nin (1997) kategorize ettiği bilimsel okuryazarlık seviyelerini (Nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu okuryazarlık) yansıtabilecek şekilde hazırlanmış 32 sorudan oluşan taslak biyoteknoloji okuryazarlık testi uygulanmıştır. İkinci aşamada 325 fen bilimleri öğretmen adaylarına geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış 27 sorudan oluşan biyoteknoloji okuryazarlık testi uygulanmıştır. Araştırmanın verileri Hacettepe Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Alanya Alaaddin Keykubat, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Bartın Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Ana Bilim Dalı'nda öğrenim gören dördüncü sınıf öğrencilerinden 2021- 2022 eğitim öğretim yılı süresince elde edilmiştir. Biyoteknoloji okuryazarlık testi uygulanmadan önce öğretmen adaylarına çalışmanın amacı, çalışmaya katılımın gönüllük esasına dayandığı, test için sınav süresinin en az 60 dakika olduğu, testteki maddelerinin dikkatli okunduktan sonra yanıtlandırılması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışma ile çok daha fazla fen bilimleri öğretmen adaylarına ulaşılmak istenmiştir, ancak çalışmanın pandemi dönemine denk gelmesi araştırmaya katılan katılımcı sayısının azalmasına neden olmuştur.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojik okuryazarlıklarını ortaya çıkarmak için Bybee'nin (1997) sınıflandırdığı bilimsel okuryazarlık seviyelerini barındıran, test geliştirme süreci aşamalarına uyularak geliştirilen, 27 sorudan oluşan

biyoteknoloji okuryazarlık testi hazırlanmıştır. Oluşturulan biyoteknoloji okuryazarlık testi, içerdiği çoktan seçmeli sorularla fen bilimleri öğretmen adaylarının nominal biyoteknoloji okuryazarlığını, fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığını, prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığını, çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığını ortaya çıkaracak şekilde hazırlanmıştır.

Tablo 1

27 Soruluk Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi

<i>Biyoteknoloji okuryazarlık boyutu</i>	<i>Maddeler</i>	<i>Madde Sayısı</i>
Nominal biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen	S1, S2, S6	3
Fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen	S3, S4, S7, S8, S10, S11, S19, S22	8
Prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen	S9, S12, S13, S14, S15, S16, S18, S20, S23, S24, S25, S26, S27	13
Çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen	S5, S17, S21	3

Nominal biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen sorular: Biyoteknolojideki kavram, ilke ve uygulamaları isim düzeyinde bilmeyi

Fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen sorular: Biyoteknolojideki kavram, ilke ve uygulamalarının işlevlerini

Prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen sorular: Biyoteknolojideki laboratuvar uygulama becerilerini

Çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen sorular: Biyoteknolojideki ilke, kavram ve uygulamaların zaman içinde nasıl doğduklarını ve geçirdiği değişimleri sorgulamaktadır (Bybee, 1997).

Çalışma boyunca test geliştirme sürecine uyularak hazırlanan 40 Soruluk Taslak Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi, 32 Soruluk Taslak Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi ve 27 Soruluk Nihai Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi ekte verilmiştir.

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinin Geliştirilme Süreci

Fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlıklarının belirlenmesi için biyoteknoloji okuryazarlık testi hazırlanmıştır. Bu çalışmada biyoteknoloji okuryazarlık testi geliştirilirken, Açıkgül Fırat ve Köksal'ın (2019) yılındaki makalelerinde "Biyoteknoloji okuryazarlık testi geliştirme sürecinde" izledikleri metoda benzer bir yöntem izlenmiştir. Biyoteknoloji okuryazarlık testi soruları, YÖK Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programındaki biyoteknoloji konuları (YÖK, 2018) dikkate alınarak, biyoteknoloji alanyazını incelenerek Bybee'nin (1997) belirlemiş olduğu bilimsel okuryazarlık boyutlarını (nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu okuryazarlık) yansıtacak şekilde hazırlanmıştır. Bu ölçütler dikkate alınarak hazırlanan taslak biyoteknoloji okuryazarlık testi 40 soru içermektedir. Ardından, araştırmada taslak testteki her bir maddenin kapsam geçerliliği Lawshe tekniğiyle (1975) incelenmiştir. Çalışmada Lawshe tekniği'nin (1975) tercih edilme sebebi uzmanlara testteki maddeleri kazanımlara uygunluğunu açısından inceleme fırsatı vermesidir. Bu çalışmada taslak biyoteknoloji okuryazarlık testini kapsam geçerliliği açısından değerlendirmek için beş biyoteknoloji alan uzmanından faydalanılmıştır.

Tablo 2*Lawshe Tekniğinde (1975) Her Bir Maddenin Minimum Kapsam Geçerlilik Oranı*

Uzman Sayısı	Minimum Değer
5	.99
6	.99
7	.99
8	.75
9	.78
10	.62
11	.59
12	.56
13	.54
14	.51
15	.49
20	.42
25	.37
30	.33
35	.31
40	.29

Kaynak: (Lawshe, 1975)

Tablo 2 dikkate alındığında (Lawshe, 1975) beş kişilik uzman ekibinden oluşan bir grubun bir maddeyi geçerli kılması için testteki ilgili maddenin 0.99 geçerlilik oranına sahip olması gerekmektedir. Bu durumda testteki bir maddenin geçerli olması, beş kişiden oluşan uzman grubun tüm üyelerinin testteki ilgili maddeyi geçerli bulması sayesinde gerçekleşebilir aksi takdirde uzman grubunun bir üyesi dahi ilgili maddeyi geçerli bulmazsa hesaplama sonucu kapsam geçerliliği oranı 0.60'a düşeceğinden madde kapsam geçerlik oranı (0.99) değerini sağlayamadığından ilgili maddenin testten çıkarılması gerekmektedir.

Lawshe tekniğine (1975) göre beş uzmanlı bir grupta testteki her bir maddenin kapsam geçerlilik oranı 0.99 olmak zorundadır.

40 Soruluk Biyoteknoloji Okuryazarlık Taslak Testine İlişkin Uzman Görüşleri:

Taslak biyoteknoloji okuryazarlık testinde bulunan 2. soru uzman 2 tarafından çelişkili bulunmuştur.

S2.DNA'nın kendisini eşlemesi olayının adı nedir? (uzman 2 soru çelişkili)

I- Replikasyon

II- Duplikasyon

III- Transkripsyon

IV- Translasyon

a) Yalnız 1 b) Yalnız 2 c)1, 2 d)1,2,3 e) 1,3,4

Uzman 2 soru 2 için şu görüşü paylaşmıştır: “*Replikasyon ve duplikasyon dille ilişkili bir karmaşa yaratıyor. DNA'nın kendi üzerinden çoğalmasına Replikasyon, gen ve kromozomların birden fazla kopya içermelerine Duplikasyon diyor olsak da replikasyon sonucu oluşan kopyalara da duplikasyon diyebiliriz. Bu sebeple DNA replikasyonu içerisinde DNA duplikasyonlarını da içermektedir.*” ÇELİŞKİLİ.

Uzman 1 soru 10'nun 1. öncülünün düzeltilmesini istemiştir.

S10. 1- “Ökaryotlarda transkripsyon sırasında sadece ekzonlar üretilir.” ifadesini

Ökaryotlarda transkripsyon sırasında sadece ekzonlar transkibe edilir olarak düzeltilmesini istemiştir.

Uzman 1, Soru 11'in düzeltilmesini istemiştir.

S11. Enver, Kader ve Ender bir üniversitenin moleküler biyoloji ve genetik departmanında çalışan üç araştırmacıdır. Bu araştırmacılar insülin hormonunu bakteride seri bir şekilde üretmek istemektedirler. Sizce aşağıdakilerden hangi sırayı takip ederlerse bu emellerine ulaşabilirler? **GEÇERLİ DEĞİL, aşağıdaki düzeltme yapılmalı!**

- I. Transgenik bakterinin 37 °C de petri kabındaki besiyerde çoğaltılması
- II. Transgenik bakteriden purifikasyonla insülin proteini çıkarılması
- III. İnsülin geni, genomik DNA'dan restriksiyon enzimi ile kesilmeli
(*İnsülin geni genomik DNA'dan PCR ile çoğaltılır. PCR ürünü vektör ile uyumlu restriksiyon enzimi ile kesildikten sonra plazmide insert edilir.*)
- IV. Plazmid restriksiyon enzimi ile kesilip, plazmide insülin geni ilave edilmeli
- V. İnsülin geni yüklenmiş plazmidin bakteriyeye aktarılması

S12. Bir DNA molekülünü (dizisini) laboratuvar ortamında çoğaltmak isteyen Dane Hanım aşağıdakilerden hangisini kullanmalıdır?

Uzman 5, 12. Soruda Bir DNA molekülü yerine dizisi tabirinin kullanılmasını istemiştir.

(*düzeltilme*)

S15. *Drosophila melanogasterde* (sirke sineği) DScam geninden en fazla kaç çeşit protein üretir?

- a) Yalnız 1 b) 10 c) 18.016 d) 38.016 e) 48.016

Uzman 3 soru 15'e yönelik şunu belirtmiştir: "*Soru net değil. Alternative splicing hesaba katılarak sorulmuş bir soru mu bu? Çünkü post translasyonel düzeyde de protein değiştirebilir. Bu ancak deneysel olarak gösterilebilir*". GEÇERLİ DEĞİL

Uzman 4 15.soru için şunu belirtmiştir: "*Soru Alternative splicing'i soruyor yalnız post translasyonel süreçlerde protein sayısını değiştirebilir. O nedenle GEÇERLİ DEĞİL*"

S18. Bir üniversitenin moleküler biyoloji ve genetik departmanında çalışan iki araştırmacı tuzlu bölgede yaşayabilen bir bitkinin, tuza tolerans genlerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadırlar. İşlem basamakları hangi sıra ile olmalıdır?

- 1- Bitkinin tüm mRNA larını izole etmek
- 2- Bitkinin tüm tRNA larını izole etmek
- 3- Bitkinin tüm rRNAlarını izole etmek

- 4- DNA polimeraz enzimi ve PCR yardımı ile tek zincirli cDNA library (kütüphanesi) yapmak
 - 5- Reverse transkriptaz enzimi ve PCR yardımı ile çift zincirli cDNA library (kütüphanesi) yapmak
 - 6- RNA polimeraz enzimi ve PCR yardımı ile tek zincirli cDNA library (kütüphanesi) yapmak
 - 7- DNA polimeraz enzimi ve PCR yardımı ile çift zincirli cDNA library (kütüphanesi) yapmak
 - 8- Her bir geni homolog rekombinasyon yöntemi ile bir plazmide yüklemek
 - 9- Her bir geni rekombinasyon yöntemi ile bir plazmide yüklemek
 - 10- Tuz tolerans geni knock down edilmiş (az çalışan) mayalara, gen yüklenmiş plazmidlerin aktarılması
 - 11- Tuz tolerans geni knock out edilmiş(etkisizleştirilmiş) mayalara, gen yüklenmiş plazmidlerin aktarılması
 - 12- Tuza dayanıklı mayalara, gen yüklenmiş plazmidlerin aktarılması
 - 13- Transformasyona uğramış mayaların tuz derişimi düşük petri kaplarına ekilmesi
 - 14- Transformasyona uğramış mayaların tuz derişimi yüksek petri kaplarına ekilmesi
 - 15- Tuzlu ortamda yaşamını devam ettirebilen mayalardan plazmid izolasyonu
 - 16- Tuzlu ortamda yaşamını devam ettirebilen mayaların kendi genomik DNA'larının izolasyonu
 - 17- Plazmitteki genin sekansının ortaya çıkarılması
 - 18- Mayanın kendi genomik DNA'sının sekansının ortaya çıkarılması
- a) 1,7,8,12,14,15,17 b) 1,2,3,7,9,11,14,16,18
- c) 1,2,5,8,10,12,13,15,17 d) 1,5,8,11,14,16,18 e) 1,5,8,11,14,15,17

Uzman 2: *Basamak sıralama sorularının lab teknikleri bilen kişilerce cevaplanabileceği kanısındayım. Geçerli değil.*

Uzman 4: *18. sorunun cevaplandırılabilmesi için öğrencilerin Moleküler Biyoloji ve Genetik laboratuvar tekniklerini uygulama düzeyinde gerçekleştirmiş olmaları gerekmektedir. Geçerli değil.*

Uzman 5: *Laboratuvar protokoluna yönelik bir uygulama olduğu için geçerli değil.*

S20. Prof. Dr. Ali Bey, mide kanserine sahip bireylerde hücre içinde hangi genlerin fazla (eksprese olduğunu) ifade edildiğini ortaya çıkarmak istemiştir. Amacı mide kanserinde hücre içinde aşırı eksprese olan gen veya genleri bulmak, bu gen ya da genleri de mide kanseri için marker (indikatör) olarak kullanmaktır. Bu nedenle mide kanserine yakalanmış çok sayıda farklı bireylerin mide hücreleri incelenecektir. Yukarıdaki araştırmacı mide hücrelerinde hangi gen veya genlerin daha fazla ifade edildiğini tüm genomu kapsayacak ve hızlı bir şekilde görmek isterse hangi yöntemi kullanmalıdır?

- a) FISH b) PCR c) DNA elektroforez d) CRISPR e) Microarray

Uzman 1: Soru 20 için *“Burada en yakın cevap Microarray, fakat microarray tüm genleri gösteremez sadece çalışmacının belirlediği genleri ortaya koyabilir. Etkilenen tüm genler öğrenilmek isteniyorsa cevap RNA seq (RNA sekanslanması) olmalı. E seçeneğindeki Microarray yerine RNA sekanslama yazılmalı”*

Uzman 1'in önerisi neticesinde ilgili maddenin E seçeneğindeki Microarray yerine RNA sekanslama yazılmıştır.

S24. Çağdaş öğretmen öğrencilerine: Bir dağa tırmandığınızı hayal edin, bu dağın tepesinde 200 milyon yıllık buzulun olduğunu düşünün, buzulun içinde de 200 milyon yıl öncesine ait bir sinek olduğunu varsayınız. Bu sineğin geçmişte potansiyel olarak dinazorlardan da kan emdiğini düşünüyorsunuz öncelikle sinekte bulunan dinazora ait hücrenin DNA'sını nasıl çıkarırsınız? Ve hangi yöntemle dinazorun DNA'sını çoğaltırsınız?

- 1- Hidrofilik maddeyle dinazorun hücre zarını ve çekirdek zarını eritirim.
- 2- Deterjanla dinazorun hücre zarını ve çekirdek zarını eritirim.

- 3- Hücre zarı ve çekirdek zarı eridikten sonra DNA serbest kalsın diye proteinaz enzimini eklerim
 - 4- Hücre zarı ve çekirdek zarı eridikten sonra DNA serbest kalsın diye nükleaz enzimini eklerim
 - 5- Hücre zarı ve çekirdek zarı eridikten sonra DNA serbest kalsın diye lipaz enzimini eklerim
 - 6- Solüsyonda DNA'nın çözünürlüğünü engellemek için tuz ve etanol eklerim
 - 7- Solüsyonda DNA'nın çözünürlüğünü engellemek için lipit eklerim.
 - 8- Solüsyonda artık çözünmeyen pellet DNAyı tuzlardan ayırmak etanol ile yıkarım.
 - 9- Solüsyonda artık çözünmeyen pellet DNAyı lipitten ayırmak için yağı parçalayacak enzim eklerim.
 - 10- Solüsyonu santrifüjleyip; pellet (topak) dna dışında diğer kısımları pipetle uzaklaştırırım böylelikle saf dinazor dnasını elde etmiş olurum.
- a) 2,4,7,9,10 b) 1,3,6,8,10 c) 2,4,6,8,10 d) 1,5,7,9,10 e) 2,3,6,8,10

Uzman 1'in Soru 24'e yönelik görüşü:

GEÇERLİ DEĞİL.

Burada sineğin emdiği dinazor kan hücreleri sindirildiği için hücre membranları zaten sinek enzimi tarafından lizize uğrayarak yok olur. Yani zaten dinazor kan hücresi izole etmemiz mümkün değil. Diyelim ki sindirmeden sinek donmuş olsun, bu durumda da total DNA izole ederiz ve PCR ile dinazor DNA sına spesifik bir primerimiz varsa çoğaltma yaparak evet bu sinek dinazor kanı içmiş deriz belki. Ama teorik ve pratik olarak bu senaryonun gerçekleşmesi mümkün değil

Uzman 4'ün Soru Soru 24'e yönelik görüşü:

İşlem basamaklarını yapabilmek için laboratuvar uygulaması gerçekleştirmiş olmak gereklidir. Geçerli değil.

S26. Düzenli aralıklarla kümelenmiş palindromik tekrar dizi sistemi ve onunla entegre olmuş proteinin biyoteknoloji uygulamalarındaki genel amacı hangisidir?

- a) Mutasyon meydana getirmek b) Modifikasyon oluşturmak c) inversiyonu düzenlemek
- d) translokasyonu teşvik etmek e) genom düzenlenmesi yapmak

Uzman 2: 26. soru geçerli değil. Soru 26'da genom düzenlenmesi ve mutasyon yapmak bu teknolojinin knockout ve knockin protokollerini oluştururken, yeni yürütülen çalışmalar modifikasyon üzerinde de hatırı sayılır sonuçlar vermiştir. Bu soru testten çıkarılmalıdır.

S33. Petrol çıkarma ve işleme sektöründe çevre mühendisi olarak çalışan Erkan Bey, denizde bulunan petrol çıkarma ve rafineri işleminin gerçekleştiği kuyuların yanından haftalık su numuneleri almakta ve bunların içeriklerini de düzenli olarak laboratuvar ortamında analiz etmektedir. Son 4 haftalık analiz sonuçlarına göre 2 numaralı kuyunun yanından alınan numunelerde ham petrolün saflaştırılmasında kullanılan kimyasal maddelere ve onların türevlerine rastlamıştır. 13 numaralı kuyunun yanındaki numunelerde ise deniz suyuna ham petrol karıştığını tespit etmiştir. Erkan bey çevre zarar görmeden aşağıdaki öncüllerden hangisi veya hangileri yerine getirirse, deniz ekosistemi; deniz suyuna karışmış ham petrolden ve ham petrolün saflaştırılmasında kullanılan kimyasallardan arınmış olur?

- 1- Biyoremediasyon işlemleri yapılmalı
- 2- MEOR işlemi yapılmalı
- 3- Deniz suyuna ham petrolü saflaştırmada kullanılan kimyasalları çözecek başka kimyasalların eklenmesi
- 4- Petrol kuyularına biyodesülfürasyon, biyodenitrojenasyon, biyodemetalasyon, biyotransformasyon yapabilecek mikroorganizmalar eklenmeli
- 5- Deniz suyuna ham petrolü çözebilecek surfaktanlar eklenmeli.
- 6- Deniz suyuna ham petrolü çözebilecek bakterilerden elde edilen biosurfaktanlar eklenmeli

7-Böylelikle petrol damlacıkları suda yaşayan bazı bakteriler tarafından kolaylıkla parçalanabilir, dolayısıyla sucül ekosistem zarar görmez.

8-Böylelikle petrol damlacıkları suda kendiliğinden doğal olarak yok olur, dolayısıyla sucül ekosistem zarar görmez.

- a) 1,2,4,6,7 b) 1,3,5,8 c) 1,4,6,7,8 d) 1,4,6,7 e) 2,4,6,7

Uzman 2: *Soru 33. basamak sıralama sorularının lab teknikleri bilen kişilerce cevaplanabileceği kanısındayım burada önerim: bu sorularda genel olarak protokolü yazıp bir ya da iki boşluğun doldurulması istenebilir, böylece hem mantık hem bilgi ölçülebilir.*

S38. Genetik araştırmalara çok meraklı olan Ali Bey, aşağıdaki sitelerden hangisine erişim sağlarsa biyoteknoloji alanındaki bilgilere, medikal alanda yapılan çalışmalara, organizmaların genomlarına, genomların nükleotid sekanslarına, protein dizilimlerine ulaşabilir?

- a) ncbi b) pub-med c) orf-finder d) gene-bank e) blast

S39. Erkan ve Ali adlı iki araştırmacı laboratuvar çalışmaları sırasında kanserli hücrelerde çok fazla ifade edilen bir proteine rastlamışlardır. Araştırmacılar bu proteinin aminoasit dizilimini ortaya çıkardıktan sonra o proteine şifre veren olası DNA nükleotid dizisini belirlemişlerdir. Bu iki araştırmacı ellerindeki DNA dizisini veri tabanında yer alan DNA dizileriyle karşılaştırmakta ve nükleotid benzerliklerini ortaya çıkarmaya çalışmaktadırlar. Böylelikle Ellerindeki DNA dizilerin istatistiksel olarak canlılardaki hangi DNA dizisiyle yüzde kaç olarak benzeştiği ortaya çıkarılmış olacaktır. Yukarıda anlatılan DNA'ları hizalama ve benzerlikleri bulma işlemi yapan biyoinformatik programın adı nedir?

- a) ncbi b) pub-med c) orf-finder d) gene-bank e) blast

Uzman 2: *38. ve 39. sorulara yönelik olarak: "Son olarak biyoenformatik kapsamında sorulan sorular (38-39) kısıtlayıcı ve dayatma olmuş, birbirimizin bilmediği araçlar sayabiliriz ama şıklarda onu aramak zorunda kalmamalıyız." Geçerli değil.*

Soru 2, 15, 18, 24, 26, 33, 38, 39 biyoteknoloji uzman grubu tarafından kapsam geçerliği açısından yeterli bulunmamıştır. Bu nedenle ilgili sorular taslak biyoteknoloji okuryazarlık testinden çıkarılmıştır.

40 soru içeren taslak biyoteknoloji okuryazarlık testinden kapsam geçerlilik süzgecinden geçemeyen 8 sorunun çıkarılmasıyla 32 sorudan oluşmuş biyoteknoloji okuryazarlık testi elde edilmiştir. Yapı geçerliliğini ortaya çıkarmak üzere 32 sorudan oluşmuş bu taslak test de 280 fen bilimleri ğretmen adayına uygulanmıştır. Uygulama sonrasında fen bilimleri ğretmen adaylarının teste verdiği yanıtlar TAP (Test Analiz Programı) ile analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre 5 sorunun madde ayırt edicilik indeksi 0.30'un altıdır. Bu sorular: 5. soru (madde ayırt edicilik indeksi 0.07), 12.soru (madde ayırt edicilik indeksi 0.28), 23.soru (madde ayırt edicilik indeksi 0.29), 25.soru (madde ayırt edicilik indeksi 0.22), 29. soru (madde ayırt edicilik indeksi 0.19'dur.) Ayırt edicilik indeksi 0.30'un altında olan bu maddeler, ölçülmek istenen özelliğe sahip olanlar (biyoteknoloji okuryazarlığı olan) ile sahip olmayanları ayırt edemediği için testten çıkarılmıştır (Ebel & Frisbie, 1991).

Biyoteknoloji okuryazarlık taslak testinden 32 sorudan yapı geçerliliğini bozan, madde ayırt ediciliği düşük olan 5 madde çıkarıldıktan sonra geriye kalan 27 sorunun yapı geçerliliğinin kontrolü de SPSS'te bağımsız t testi ile gerçekleştirilmiştir. Testteki her bir maddenin bağımsız t testi sonucu $p < 0.05$ olduğundan testteki tüm maddelerin yapı geçerliliğine sahip olduğu düşünülmektedir. Burada temel alınan sayılı şudur: Biyoteknoloji okuryazarlık testinde yer alan bir maddenin istenen yapıyı (zelliği) lebildiği iddia ediliyorsa; ilgili yapıya araştırma grubunun st grubunda yer alan bireylerin sahip olması bunun yanında aynı yapının araştırma grubunun alt grubunda yer alan bireylerinde ise gözlemlenmemesi gerekmektedir (Peterson ve ark., 2010). Bu durumun doğal bir sonucu olarak eğer madde ayırt edici ise st gruptaki bireylerin ilgili madde için puanlarının aritmetik ortalamasıyla, alt gruptaki bireylerin aynı maddeye yönelik puanlarının aritmetik ortalaması arasında anlamlı bir fark beklenir.

Tablo 3

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 5. ,12. , 23. , 25. ve 29. Sorularının Çıkarılmasından sonra Testte Geriye Kalan Soruların Bağımsız T Testi Sonuçları

Madde		N	\bar{x}	S	sd	t	p
Soru 1	Üst % 27	75	.60	.493	149	8.794	.000
	Alt % 27	76	.05	.225			
Soru 2	Üst % 27	75	.79	.412	149	7.511	.000
	Alt % 27	76	.26	.443			
Soru 3	Üst % 27	75	.57	.498	149	5.841	.000
	Alt % 27	76	.16	.367			
Soru 4	Üst % 27	75	.69	.464	149	10.365	.000
	Alt % 27	76	.07	.250			
Soru 6	Üst % 27	75	.57	.498	149	6.951	.000
	Alt % 27	76	.11	.309			
Soru 7	Üst % 27	75	.93	.251	149	6.680	.000
	Alt % 27	76	.50	.503			
Soru 8	Üst % 27	75	.65	.479	149	10.328	.000
	Alt % 27	76	.04	.196			
Soru 9	Üst % 27	75	.47	.502	149	7.274	.000
	Alt % 27	76	.03	.161			
Soru 10	Üst % 27	75	.68	.470	149	7.333	.000
	Alt % 27	76	.17	.379			
Soru 11	Üst % 27	75	.80	.403	149	10.242	.000
	Alt % 27	76	.16	.367			
Soru 13	Üst % 27	75	.80	.403	149	6.365	.000
	Alt % 27	76	.34	.478			
Soru 14	Üst % 27	75	.67	.475	149	8.626	.000
	Alt % 27	76	.11	.309			
Soru 15	Üst % 27	75	.63	.487	149	7.867	.000
	Alt % 27	76	.11	.309			

Madde		N	\bar{x}	S	sd	t	p
Soru 16	Üst % 27	75	.40	.493	149	6.275	.000
	Alt % 27	76	.03	.161			
Soru 17	Üst % 27	75	.49	.503	149	6.006	.000
	Alt % 27	76	.09	.291			
Soru 18	Üst % 27	75	.69	.464	149	9.943	.000
	Alt % 27	76	.08	.271			
Soru 19	Üst % 27	75	.60	.493	149	5.997	.000
	Alt % 27	76	.17	.379			
Soru 20	Üst % 27	75	.68	.470	149	10.963	.000
	Alt % 27	76	.04	.196			
Soru 21	Üst % 27	75	.65	.479	149	5.195	.000
	Alt % 27	76	.26	.443			
Soru 22	Üst % 27	75	.71	.458	149	9.848	.000
	Alt % 27	76	.09	.291			
Soru 24	Üst % 27	75	.72	.452	149	10.162	.000
	Alt % 27	76	.09	.291			
Soru 26	Üst % 27	75	.60	.493	149	4.835	.000
	Alt % 27	76	.24	.428			
Soru 27	Üst % 27	75	.63	.487	149	9.320	.000
	Alt % 27	76	.05	.225			
Soru 28	Üst % 27	75	.83	.381	149	13.321	.000
	Alt % 27	76	.09	.291			
Soru 30	Üst % 27	75	.53	.502	149	5.249	.000
	Alt % 27	76	.16	.367			
Soru 31	Üst % 27	75	.99	.115	149	6.537	.000
	Alt % 27	76	.61	.492			
Soru 32	Üst % 27	75	.57	.498	149	5.115	.000
	Alt % 27	76	.20	.401			

Tablo 3'teki tüm sorular, bağımsız t testi sonucuna göre $p < 0.05$ olduğundan alt ve üst grubu birbirinden ayırabilmekte dolayısıyla soruların yapı geçerliliğine sahip olduğu söylenebilmektedir.

Güvenirlilik analizi

Testten 5 madde çıkarılmadan önceki KR 20 güvenirlilik katsayısı 0.875 iken testten 5 madde (5., 12., 23., 25. ve 29. sorularının) çıkarıldıktan sonraki KR 20 güvenirlilik katsayısı 0.89 olarak hesaplanmıştır.

32 sorudan oluşan taslak biyoteknoloji okuryazarlık testinden yapı geçerliliğini bozan 5. ,12. , 23. , 25. ve 29. sorularının çıkarılmasıyla geçerlilik sağlanmış, KR 20 güvenirlilik katsayısı 0.89 olan 27 sorudan oluşmuş nihai biyoteknoloji okuryazarlık testi hazırlanmıştır.

Geçerliliği yitiren soruların atılmasıyla oluşturulan nihai biyoteknoloji okuryazarlık testinde maddeler yeniden numaralandırılmış olup taslak testteki ilk 4 madde, nihai testte de soru numaralarını korumuştur; taslak testteki 5.sorunun iptali ile taslak testte yer alan 6. soru, nihai testte 5. soruya; 7.soru, 6. soruya; 8. soru, 7. soruya; 9. soru 8. soruya; 10. soru, 9. soruya; 11.soru 10.soruya; taslak testteki 12. sorunun iptali ile de 13.soru, nihai teste 11. soruya; 14. soru, 12. soruya; 15. soru, 13.soruya; 16. soru, 14.soruya; 17.soru, 15. soruya; 18.soru, 16. soruya; 19.soru, 17.soruya; 20.soru, 18.soruya; 21.soru, 19.soruya; 22. soru, 20. soruya; taslak testteki soru 23, 25 ve 29'un iptal edilmesiyle de, taslak testteki 24. soru nihai testte 21. soruya; 26. soru, 22. soruya; 27. soru, 23. soruya; 28.soru, 24. soruya; 30.soru, 25.soruya; 31.soru, 26. soruya; taslak testte yer alan son soru olan 32. soru da nihai testte 27. soruya dönüştürülmüştür. Soruların yeniden numaralandırılmasıyla oluşan 27 soruluk nihai biyoteknoloji okuryazarlık testinde nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu okur yazarlığı ölçen maddeler aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 4*Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeylerini Belirleyen Maddeler*

Biyoteknoloji okuryazarlık boyutu	Maddeler	Madde Sayısı
Nominal biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen	S1, S2, S6	3
Fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen	S3, S4, S7, S8, S10, S11, S19, S22	8
Prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen	S9, S12, S13, S14, S15, S16, S18, S20, S23, S24, S25, S26, S27	13
Çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen	S5, S17, S21	3

Nominal biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen sorular: Biyoteknolojideki kavram, ilke ve uygulamaları isim düzeyinde bilmeyi

Fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen sorular: Biyoteknolojideki kavram, ilke ve uygulamalarının işlevlerini

Prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen sorular: Biyoteknolojideki laboratuvar uygulama becerilerini

Çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen sorular: Biyoteknolojideki ilke, kavram ve uygulamaların zaman içinde nasıl doğduklarını ve geçirdiği değişimleri sorgulamaktadır (Bybee, 1997).

Test geliştirme süreçlerine göre hazırlanan, biyoteknoloji okuryazarlık alt boyutlarını da kapsayan 27 sorudan oluşan biyoteknoloji okuryazarlık testi nihai şeklini almıştır.

Verilerin Analizi

Taslak ve nihai biyoteknoloji okuryazarlık testinin örneklem grubundaki fen bilimleri aday öğretmenlerine uygulanmasının ardından elde edilen veriler TAP (test analiz programı) ve SPSS 20 paket istatistik programı ile analiz edilmiştir. TAP programı madde

güçlük indeksi, madde ayırt edicilik indeksi gibi madde istatistiklerini ayrıca her bir fen bilimleri aday öğretmenin testten elde ettiği puanı hesaplamak için kullanılmıştır. SPSS 20 paket istatistik programı da örneklem grubundaki fen bilimleri aday öğretmenlerinin betimleyici istatistik değerlerini, gruptaki puanlarının nasıl dağılım gösterdiğini ve biyoteknoloji okuryazarlığın her bir boyutunun aritmetik ortalamasını hesaplamak için kullanılmıştır. Veri analizi sonucu elde edilen bulgular tablo ve şekiller aracılığıyla paylaşılmıştır.

27 soruluk nihai biyoteknoloji okuryazarlık testinde her bir madde doğru yanıtlandığında 1 puan, yanlış yanıtlandığında 0 puan elde edilmektedir. Bu durumda bir öğretmen adayının elde edebileceği maksimum skor 27 iken minimum skor 0 dır. 27 soruluk nihai biyoteknoloji okuryazarlık testinin 325 fen bilimleri öğretmen adayına uygulanması sonrasında, yanıtlar SPSS 20 paket istatistik programı analiz edilmiştir. Analiz neticesince öğretmen adaylarının puanlarının aritmetik ortalaması 9.21, medyanı 8, standart sapması da 5.91 olarak bulunmuştur. Araştırmaya katılan 27 öğretmen adayı (%8.3) biyoteknoloji okuryazarlık testinden 4 puan, 39 öğretmen adayı (%12) 5 puan, 41 öğretmen adayı (%12.6) 6 puan, 35 öğretmen adayı (%10.8) 7 puan, 41 öğretmen adayı da (%12.6) 8 puan almıştır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %61.8'i biyoteknoloji okuryazarlık testinden 9 puanın altında kalmıştır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının nominal biyoteknoloji okuryazarlığı ortalaması 1.36, fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığı ortalaması 2.64, prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığı ortalaması 4.28, çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı ortalaması 0.90 dır.

Bu verilerden hareketle fen bilimleri öğretmen adaylarının elde ettikleri puanlar açısından sağa çarpık bir dağılım gösterdikleri söylenebilmektedir.

Bölüm 4

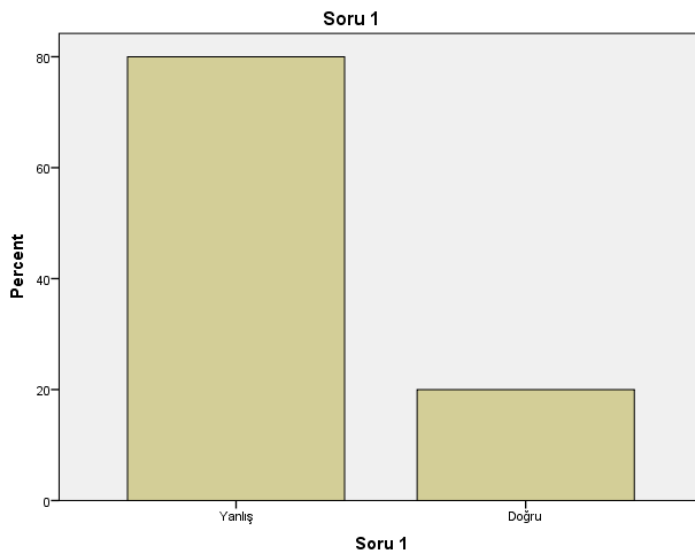
Bulgular, Yorumlar ve Tartışma

27 sorudan oluşmuş nihai biyoteknoloji okuryazarlık testi 325 fen bilimleri öğretmen adayına uygulanmış olup araştırma sorusu olan ‘fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri’ ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

1. aşamada araştırmaya katılan 325 fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık testi sorularını doğru ve yanlış olarak yanıtlayanların frekansı bulunmuştur.

Şekil 1

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi 1. Sorusunu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



S.1) Sizce kaç çeşit RNA vardır? (Nominal)

- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5 ve daha fazla

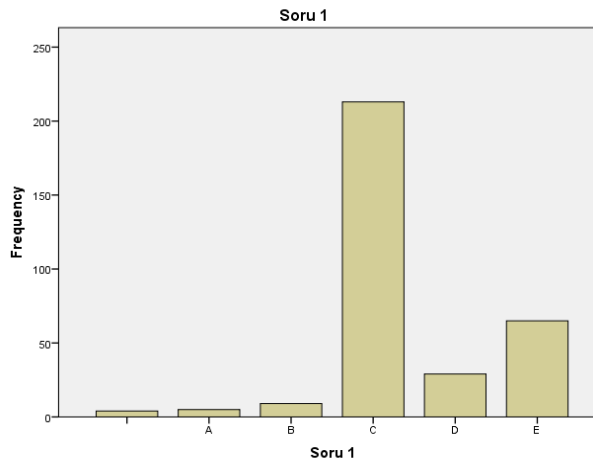
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin, nominal boyutta biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen 1. sorusunu katılımcıların %20'si (65 kişi) doğru yanıt verirken %80'i (260 kişi) yanlış

yanıt vermektedir. Nominal biyoteknolojik okuryazarlığı ölçen 1. soru, normalde okuryazarlık olarak çok alt seviyede olmasına rağmen katılımcıların büyük bir kısmı tarafından yanlış yanıtlandırılmıştır. Katılımcıların %65.5'i (213 kişi) 1. Soruda C şıkkını (sadece 3 çeşit RNA olduğunu ifade eden seçenek) işaretlemişlerdir. Bu büyük bir yanılgıdır. Bunun yanında hali hazırda MEB Lise 9. Sınıf Biyoloji kitaplarında dahi (Dereli, 2022) RNA'nın sadece 3 çeşidi varmış gibi gösterilmektedir. Geçmişte öğrenilen bu tip yanlış öğrenmelerin kavram yanılgısını oluşturduğu düşünülmektedir.

Şekil 2

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 1. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin

Frekans



Şekil 3

RNA'nın Üç Çeşidi Olduğunu Gösteren Meb EBA Ders Kitabı Açıklaması

1.

ÜNİTE

YAŞAM BİLİMİ BİYOLOJİ

Yapısında adenin, guanin, sitozin ve urasil ribonükleotitlerini bulunduran RNA molekülünün üç çeşidi vardır:

Mesajcı RNA (mRNA): Protein sentezleneceği sırada DNA molekülünden şifreleri alıp sitoplazmada yer alan ribozomlara taşır.

Ribozomal RNA (rRNA): Özel proteinlerle bir araya gelerek ribozomların alt birimlerini oluştururlar.

Taşıyıcı RNA (tRNA): Sitoplazmadaki serbest amino asitleri yakalayarak protein sentezinin gerçekleştiği ribozomlara götürür.

Kaynak: (Dereli, 2022)

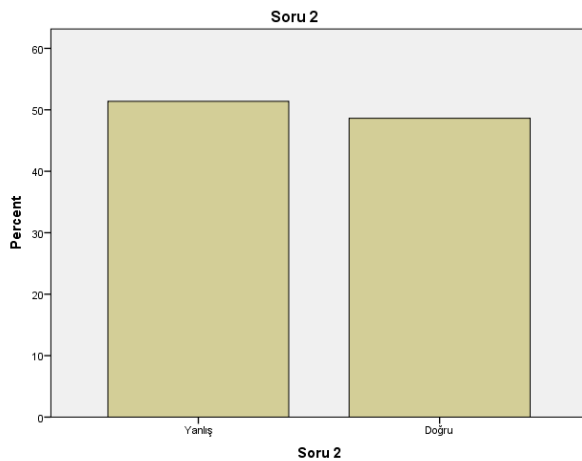
Literatür tarandığında RNA'ların sadece üç çeşidinin (mRNA, tRNA, rRNA) olmadığı protein kodlayan RNA'ların yanı sıra protein kodlamayan farklı RNA çeşitlerinin bulunduğu ifade edilmektedir. Bunlara örnek vermek gerekirse uzun kodlama yapmayan RNA'lar (InRNA), mikro RNA'lar (miRNA), küçük engelleyici RNA'lar (siRNA) ve bir çok daha RNA çeşididir (Zhang ve ark., 2019).

S.2) RNA'dan DNA elde edilebilir mi? (Nominal)

Evet (a) Hayır (b)

Şekil 4

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 2. Soruya Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



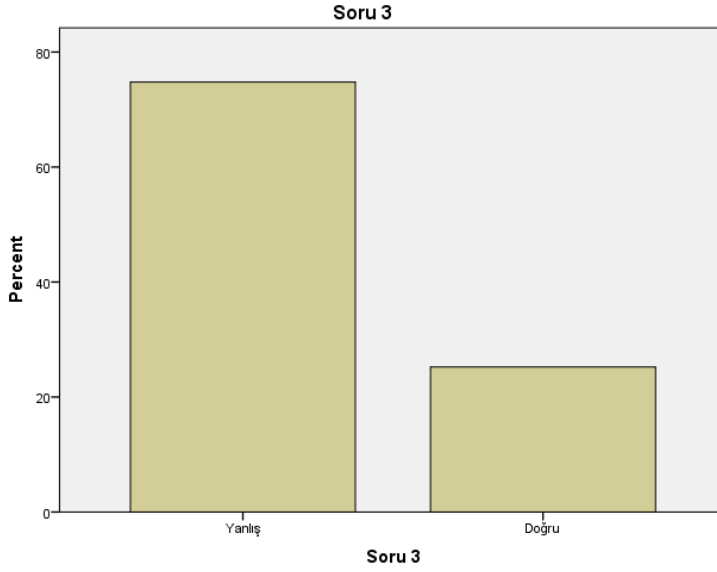
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin nominal boyutunu ölçen 2. sorusunu katılımcıların %48.6'sı (158 kişi) doğru yanıt verirken, %51.4'i (167 kişi) yanlış yanıt vermektedir. Reverse transkriptaz enzimi işlev olarak RNA'nın DNA'ya dönüşümünü gerçekleştiren önemli bir enzimdir (Gerard ve ark., 1997). Testteki 2. soruya yönelik katılımcıların yarısından fazlası RNA'dan DNA elde edilemeyeceğini belirtmektedir. Bu durum neticesinde örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının yarısından fazlası Reverse Transkriptaz enziminden haberdar olmadığı söylenebilmektedir.

S.3) Reverse transkriptaz enziminin fonksiyonu (işlevi) nedir? (Fonksiyonel)

- a) DNA'dan tek zincirli DNA üretilmesini sağlar.
- b) DNA'dan çift zincirli DNA üretilmesini sağlar.
- c) RNA'dan tek zincirli DNA üretilmesini sağlar.
- d) RNA'dan çift zincirli DNA üretilmesini sağlar
- e) DNA'dan mRNA üretilmesini sağlar.

Şekil 5

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 3. Soruya Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi

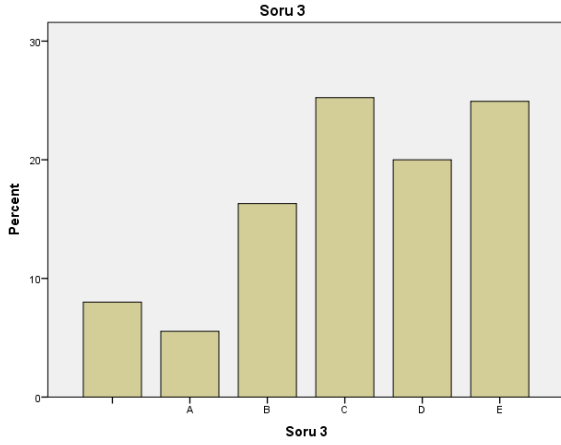


Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 3. sorusu, nominal boyuta göre bir daha üst seviyede olan fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Bu maddede katılımcılara Reverse transkriptaz enziminin doğrudan işlevi sorulmaktadır. 3. maddeye katılımcıların %25.2'si (82 kişi) doğru yanıt verirken, %74.8'si (243 kişi) yanlış yanıt vermektedir.

2. maddede “RNA’dan DNA elde edilir mi?” sorusunu fen bilimleri öğretmen adaylarının %48.6’sının doğru yanıtladıklarından bu kişilerin Reverse transkriptaz enziminin haberdar olduğu yorumu yapılmaktaydı bunun yanında 3. maddede Reverse transkriptaz enziminin doğrudan işlevi sorulduğunda ise bu oran %25.2’ye düşmektedir. Bu durumda irdelenmesi gereken soru şudur. Neden Reverse transkriptaz enziminin varlığından haberdar olan ama aynı zamanda enzimin işlevi sorulduğunda yapamayan katılımcılar bulunmaktadır. 3. maddenin seçenekleri analiz edildiğinde hem C seçeneği hem de D seçeneği RNA’dan DNA elde edilebileceğini göstermektedir. Bunların yanında C seçeneğinde RNA’dan tek zincirli DNA üretilceğini; D seçeneğinde ise RNA’dan çift zincirli DNA üretilbileceği yazmaktadır. Reverse transkriptaz enzimi ile RNA’dan tek zincirli DNA elde edilebilmektedir (Krug & Berger, 1987). 3. madde analiz edildiğinde örneklem grubundaki fen bilgisi öğretmen adaylarının Reverse transkriptaz enzimi ile RNA’dan DNA elde edileceğini bilenlerin dahi başta enzim sayesinde elde edilen ürünün tek zincirli DNA olduğunu bilme oranı sadece %25.2’dir. D seçeneğine gidip “RNA’dan çift zincirli DNA üretilmesini sağlar” diyen katılımcıların %20’sidir. Bu durumda D seçeneğini işaretleyen %20’lik kısım da enzimin RNA’dan DNA’yı oluşturduğunu bilmektedir. Bunun yanında D seçeneğini işaretleyen bu % 20’lik kısım, C seçeneğindeki “enzim tek zincirli DNA’yı oluşturur” ifadesini işaretlememelerin nedeni ya zihinlerinde DNA’yı sadece çift zincirden oluşmuş bir molekül olarak algılamaları ya da enzimin çalışma ilkesini bilmemeleridir. Reverse transkriptaz enzimi ile tek zincirli DNA eldesi ‘cDNA’ (Krug & Berger, 1987; Nam ve ark., 2002) bütün DNA’ların sadece çift zincirden oluşmadığını göstermekte; bu nedenle ‘bütün DNA’lar sadece çift zincirden meydana gelir’ ifadesi de bir kavram yanılgısıdır.

Şekil 6

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 3. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi

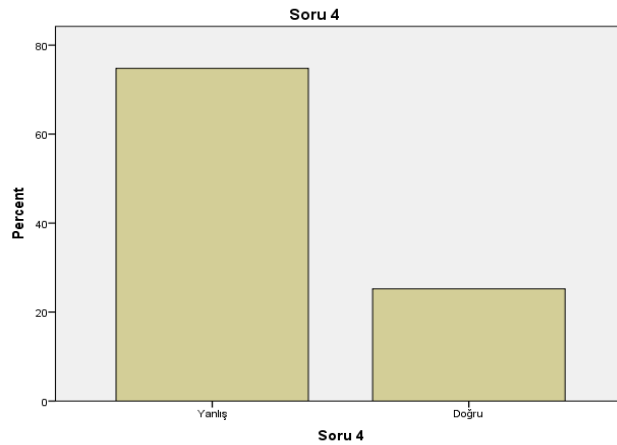


S.4) İnsan genomunun ortalama yüzde kaçından mevcut proteinlerimiz üretilmektedir?
(Fonksiyonel)

- a) % 1.5 b) % 15 c) % 30 d) % 75 e) %100

Şekil 7

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 4. Sorusuna Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi

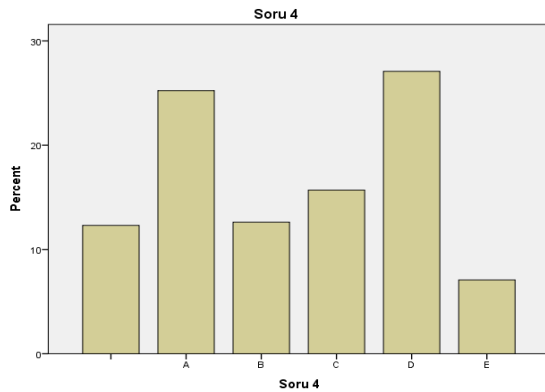


Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 4. sorusu, katılımcıların fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Katılımcıların %25.2'si (82 kişi) soruya doğru yanıt verirken, %74.8'si (243 kişi) yanlış yanıt vermektedir.

İnsan genomunun yaklaşık %1.5 protein kodlama, %98.5'i de protein kodlamayan bölgeden oluşmaktadır (Lander ve ark., 2001; Mu ve ark., 2011). İnsan genom projesinden önce DNA'nın büyük kısmının protein kodlama bölgesinden oluştuğu düşünülüyordu. Madde 4 analiz edildiğinde katılımcıların %27.1'i DNA'nın %75'ini protein kodlama bölgesi; yine katılımcıların %7.1 de DNA'nın %100'nü protein kodlama bölgesi olarak görmektedir. Örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının neredeyse %75'i DNA'nın protein kodlayan bölgesinin oranını bilmemektedir. Bu veriden çıkarılan sonuç fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük kısmının insan genom projesinin çıktılarından habersiz olduğudur.

Şekil 8

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 4. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



S.5) (Çok boyutlu)

1. İsim kökeni bakterilerden gelir.
2. Yalnızca virüslerde bulunur.
3. DNA dizisi, herhangi bir Nükleotidten rastgele kesilir.
4. Yalnızca Genetik mühendisliği uygulamalarında kullanılır.
5. İşlevi, ayırık iki DNA zincirini birbirine bağlamaktır.

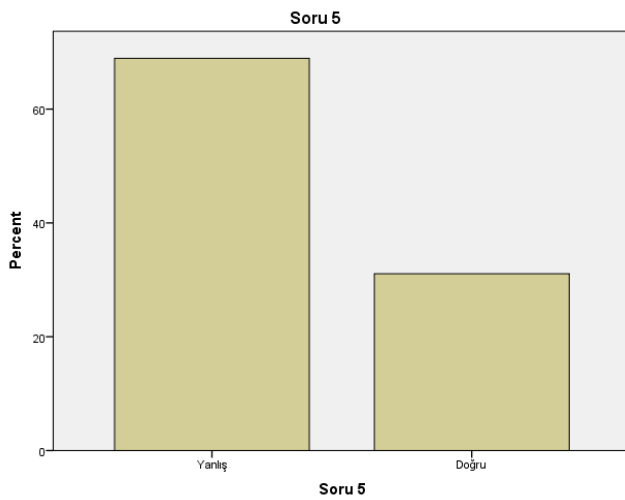
Yukarıda yazılan ifadelerden hangisi Restriksiyon enzimi için yanlıştır.

- a) 2,3 b) 1,2,3,4 c) 1,2,3,5 d) 2,3,4,5 e) 1,2,3,4,5

Restriksyon enzimi; doğal olarak bakterilerde bulunan ve istilacı virüslere, yabancı DNA'lara karşı bakterileri genetik olarak koruyan bir savunma mekanizmasıdır. Restriksyon enzimleri, isimlendirilirken elde edildikleri bakteri türü kısaltmasının ilk üç harfi kullanılır (E. coli için Eco, H. influenza içinse Hin gibi). Her bir restriksyon enziminin DNA'yı tanıyan belirli tanıma bölgeleri vardır ve enzim spesifik olarak bu tanıma bölgesini belirledikten sonra DNA'yı kesebilmektedir. Restriksyon enzimi DNA'yı kesebilme özelliğinden dolayı genetik mühendisliği uygulamalarında DNA molekülünü kesme aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır (Arber & Linn, 1969; Kelly & Smith, 1970; Pray, 2008).

Şekil 9

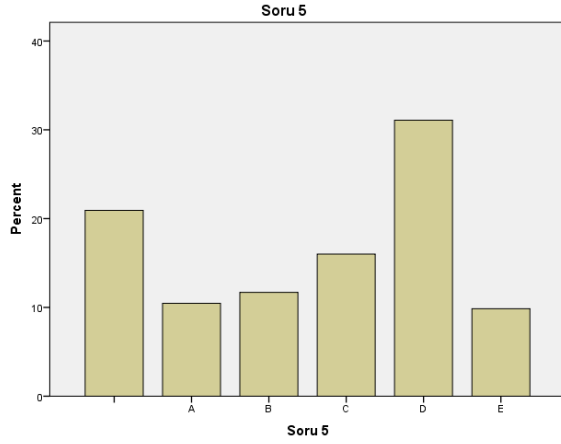
Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 5. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 5. sorusu, katılımcıların çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Katılımcıların %31.1'i (101 kişi) maddeyi doğru yanıtlarken, %68.9'u (224 kişi) yanlış yanıtladığıdır.

Şekil 10

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 5. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



Madde 5 analiz edildiğinde örneklem grubundaki 325 kişilik fen bilimleri öğretmen adaylarının %20.9'u (68 kişi) restriksiyon enzimli soruyu boş bırakmıştır. Katılımcıların neredeyse %21'lik kesimi restriksiyon enzimi hakkında fikir dahi yürütememişlerdir. Restriksiyon enzimi gibi genetik mühendisliğinde kullanılan önemli bir aracı katılımcıların sadece %31.1'i doğru tanımlayabilmiştir. Ayrıca B, C, E seçeneklerinde restriksiyon enziminin isim kökeninin bakterilerden geldiğine dair bilgi hatalı olarak gösterilmiştir. Katılımcıların %37.5'i de 'restriksiyon enziminin isim kökeninin bakterilerden geldiği' bilgisinin hatalı olduğunu düşünmektedir. Bu veriden hareketle katılımcıların %37.5'inin restriksiyon enziminin kökeni olarak nasıl ortaya çıktığını, bir diğer ifadeyle bilim tarihindeki gelişimini bilmedikleri ifade edilebilecektir.

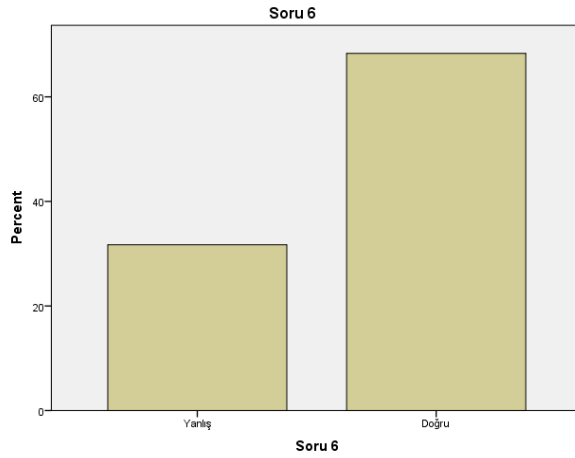
S6. DNA → DNA → RNA → Protein

Yukarıdaki olaylar dizisi aşağıdaki seçeneklerin hangisinde sırasıyla belirtilmiştir? (nominal)

- Transkripsiyon, Replikasyon, Translasyon
- Translasyon, Transkripsiyon, Replikasyon
- Replikasyon, Transkripsiyon, Translasyon
- Replikasyon, Translasyon, Transkripsiyon
- Transkripsiyon, Translasyon, Replikasyon

Şekil 11

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 6. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



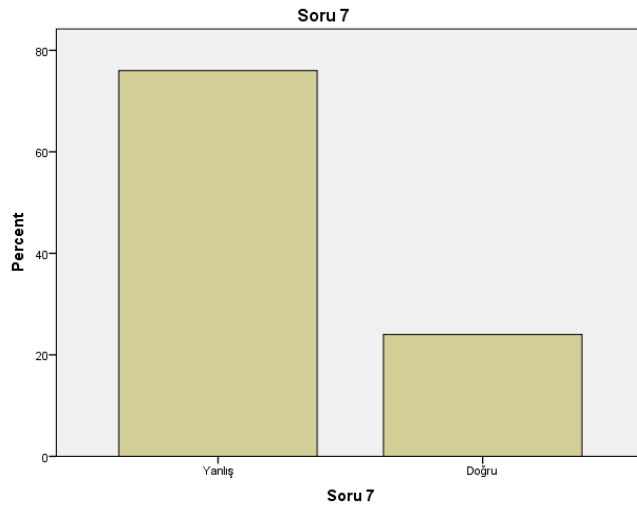
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 6. sorusu, katılımcıların nominal biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Katılımcıların %68.3'ü (222 kişi) maddeye doğru yanıt verirken, %31.7'si (103 kişi) yanlış yanıt vermektedir. Bu madde ile katılımcıların santral dogma mekanizmasını bilme düzeyleri irdelenmektedir. Santral dogma genetik bilginin biyolojik sistem içinde akışıdır. DNA'dan transkripsiyonla RNA, RNA'dan translasyonla protein üretilmesini kapsamaktadır (Crick, 1970; Mercadante ve ark., 2019). Bloom taksonomisinde bilgi basamağına denk düşen testteki bu maddenin fen bilimleri öğretmen adaylarınca doğru yapıma oranı %68.3'tür. Bu bilgiler ışığında fen bilimleri öğretmen adaylarının yaklaşık %69'unun santral dogma mekanizmasına hakim olduğu söylenebilmektedir.

S.7) İnsan genomunun ortalama yüzde kaç regülasyondan (düzenlemeden) sorumlu, protein kodlamayan bölgeden oluşur? (Fonksiyonel)

- a) %98.5 b) %75 c) %35 d) %20 e) %1.5

Şekil 12

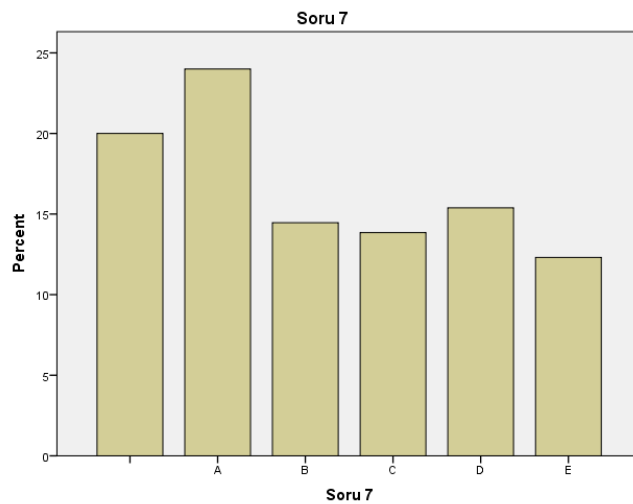
Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 7. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 7. sorusu, katılımcıların fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Katılımcıların %24'ü (78 kişi) maddeye doğru yanıt verirken, %76'sı (247 kişi) yanlış yanıt vermektedir.

Şekil 13

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 7. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



İnsan genomunun yaklaşık %1.5'i protein kodlama, %98.5'i de protein kodlamayan bölgeden oluşmaktadır (Lander ve ark., 2001; Mu ve ark., 2011). Fen bilimleri öğretmen

adaylarının %20'si (65 kişi) DNA'nın protein kodlamayan bölgesi ile ilgili hiçbir yorumda bulunmamıştır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının %12.3'ü (40 kişi) DNA'nın protein kodlamayan bölgesini %1.5 olarak zannetmektedir. Bu maddeye verilen yanıtlardan örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının %76'sının insan genomunda regülasyondan sorumlu DNA oranını bilmedikleri algılanmaktadır.

S.8)

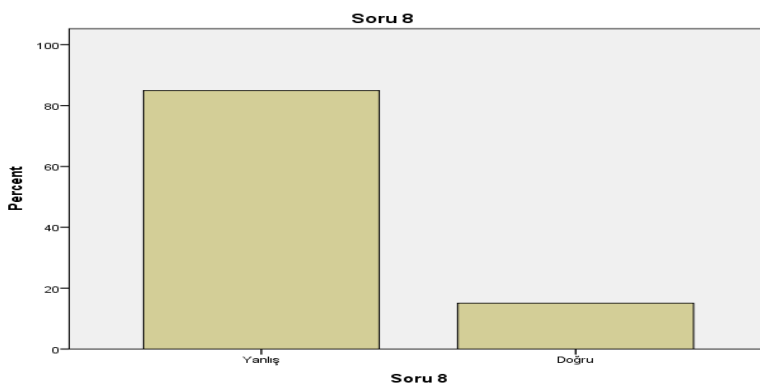
1. Ökaryotlarda transkripsiyon sırasında sadece ekzonlar transkribe edilir.
2. Ökaryotlardaki olgunlaşmamış pre-mRNA'da hem intronlar hem ekzonlar bulunur.
3. Ökaryotlarda çekirdek zarından sitoplazmaya geçmiş mRNA'da sadece intronlar bulunur.
4. 3' UTR içindeki nükleotidler translasyonda amino asit şifrelerler.
5. 5' UTR içindeki nükleotidler translasyonda amino asit şifrelerler.
6. Promoter dizisi protein sentezi için gerekli start kodonunu içerir.

Yukarıda yazılan ifadelerden hangisi ökaryotlar için yanlıştır? (Fonksiyonel)

- a) 1,3,6 b) 1,3,4,6 c) 1,2,3,5 d) 1,3,4,5 e) 1,3,4,5,6

Şekil 14

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 8. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



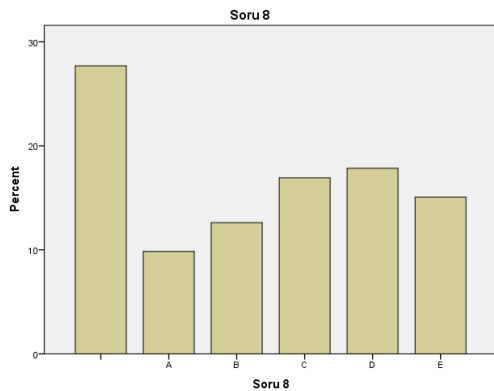
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 8. sorusu, katılımcıların fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Katılımcıların %15.1'i (49 kişi) maddeye doğru yanıt

verirken, %84.9'u (276 kişi) yanlış yanıtladığıdır. Protein şifresini kodlayan mRNA zincirinin açık okuma bölgesinin (Open Reading Frame) iki yanında okuma yapılmayan (Untranslated Region- UTR) bölgeler bulunmaktadır (Kim ve ark., 2020). Bakterilerde kodlama dizisi birbirine bitişiktir diğer bir ifadeyle bir aminoasidi kodlayan kodu (şifreyi) hemen ardından diğer amino asidi kodlayan kod takip etmektedir. Bunun yanında ökaryotik organizmalarda durum böyle olmamaktadır. Ökaryotlarda gende kodlama yapan dizi bloklarının arasına, kodlama yapmayan dizi bloklar girdiğinden ökaryotlarda kodlama yapan sekans dizileri birbirine bitişik olmayıp ayrılmıştır. Ezcümlle ökaryotlarda kodlama yapan dizi, kodlama yapmayan dizi bölümlerle ayrılmaktadır. Kodlama yapan dizi ekzon olarak isimlendirilirken araya giren kodlama yapmayan dizi de intron olarak adlandırılmıştır. Gen'den RNA transkript edildiğinde oluşan pre RNA'da (öncü RNA'da) intron ve ekzonlar bir arada bulunurken; olgun mRNA oluşturma sürecinde ise intronlar çıkartılıp, ekzonlar birleştirilmektedir (Watson ve ark., 2013).

Promoter, DNA üzerinde bulunan genin başlangıç kısmını oluşturan bir nükleotid dizisidir. RNA polimeraz enzimi tarafından tanınmakta ve RNA polimerazın bu bölgeye tutunmasıyla transkripsiyon başlamaktadır. Her bir mRNA'nın protein kodlama bölgesi ORF (Open Reading Frame- Açık Okuma Alanı) olarak adlandırılır. Her bir ORF'nin ilk kodonu başlangıç (start), son kodonu da stop kodonu olarak bilinmektedir (Watson ve ark., 2013).

Şekil 15

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 8. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



Fen bilimleri öğretmen adaylarının %27.7'si (90 kişi) ökaryotlarda mRNA elde edilmesi süreciyle ilgili hiçbir yorumda bulunmamıştır. D seçeneğini işaretleyen %17.8 (58 kişi) ve C seçeneğini işaretleyen %16.9 (55 kişi) "Promoter dizisi protein sentezi için gerekli start kodonunu içerir" ifadesini doğru almıştır. Bu katılımcılar promoter dizisinde start kodonu olduğunu zannetmektedir. Bu bilgi hatalıdır ve bu hatalı bilgi, ilgili katılımcılarda yanılgıya yol açmıştır. Promoter kısmı genin başlangıç kısmında bulunmasına rağmen start kodonunu şifreleyecek bölge DNA'da promoter kısmının içerisinde olmayıp ilerisinde yer almaktadır. Bu verilerden hareketle örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının sadece %15,1'nin (49 kişi) maddeyi doğru yanıtladığı katılımcıların büyük kısmının ökaryotlarda transkripsiyon işlem süreçlerini bilmediklerini düşündürmektedir.

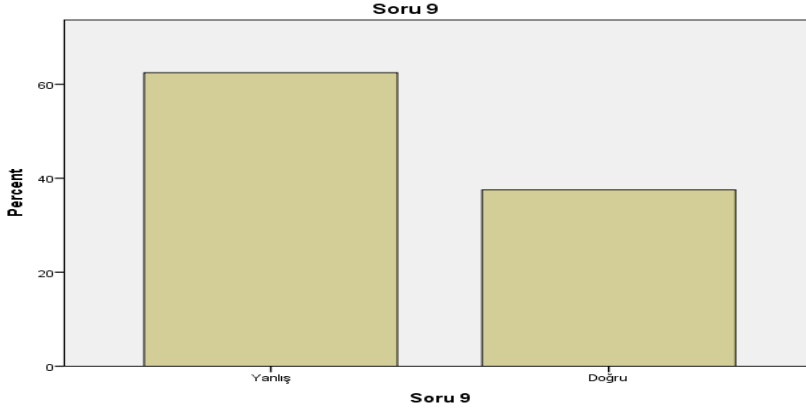
S.9) Enver, Kader ve Ender bir üniversitenin Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümünde çalışan üç araştırmacıdır. Bu araştırmacılar insülin hormonunu bakteride seri bir şekilde üretmek istemektedirler. Sizce aşağıdakilerden hangi sırayı takip ederlerse bu emellerine ulaşabilirler? (Prosedürel)

- I. Transgenik bakterinin 37 °C'de petri kabındaki besiyerde çoğaltılması
- II. Transgenik bakteriden purifikasyonla (safılaştırma) insülin proteini çıkarılması
- III. İnsülin geni genomik DNA'dan PCR ile çoğaltılır.
- IV. Plazmid, restriksiyon enzimi ile kesilip; plazmide insülin geni ilave edilmesi.
- V. İnsülin geni yüklenmiş plazmidin bakteriyeye aktarılması

- a) 3,4,5,2,1 b) 1,2,5,3,4 c) 4,5,3,1,2 d) 5,1,2,3,4 e) 3,4,5,1,2

Şekil 16

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 9. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



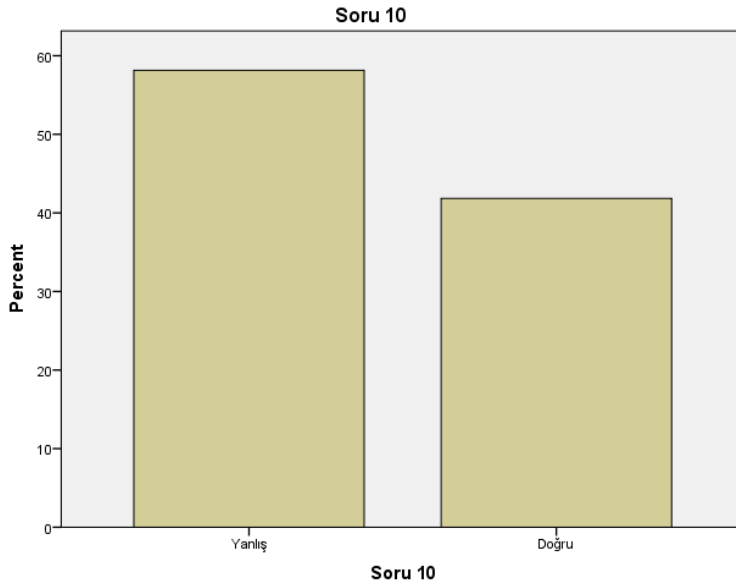
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 9. sorusu, fonksiyonel boyuta göre bir üst seviyede olan prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Bu madde ile fen bilimleri öğretmen adaylarının rekombinat DNA üretme süreçlerini bilme düzeyleri ortaya çıkarılmak istenmiştir. Katılımcıların %37.5'i (122 kişi) bu maddeye doğru yanıt verirken, %62.5 'si (203 kişi) de yanlış yanıt vermiştir. Katılımcıların %10.5'i (34 kişi) rekombinat DNA elde etme süreciyle ilgili hiçbir yorumda bulunmamıştır. Madde analizi neticesinde, örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının yaklaşık %38'i rekombinant DNA için gerekli işlem basamakları sırasına hakim olduğu anlaşılmaktadır.

S.10) Bir DNA dizisini laboratuvar ortamında çoğaltmak isteyen Dane Hanım, aşağıdakilerden hangisini kullanmalıdır? (Fonksiyonel)

- Agorose jel
- DNA jel elektroforez
- Elektrospektrofotometri
- PCR
- Santrifüjleme

Şekil 17

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 10. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



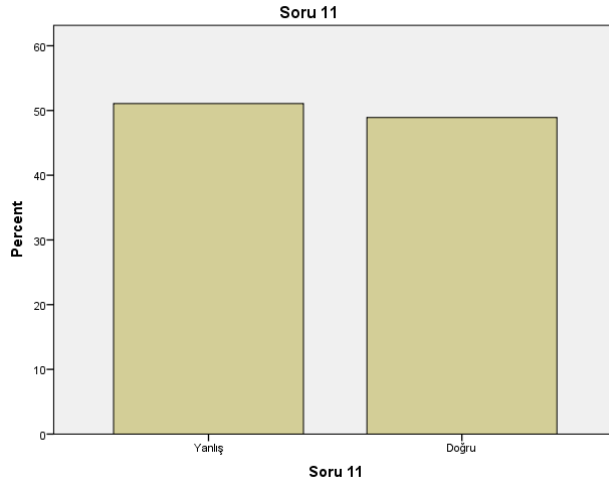
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 10. sorusu, katılımcıların fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Katılımcıların %41.8'i (136 kişi) maddeyi doğru yanıtladırken, %58.2'si (189 kişi) yanlış yanıtladmıştır. Kalıp (template) DNA, bir DNA polimeraz enzimi sayesinde PCR ile rahatlıkla çoğaltılabilmektedir (Bartlett & Stirling, 2003). Veriler ışığında fen bilimleri öğretmen adaylarının yaklaşık %58'inin PCR'ı bilmediği düşünülmektedir.

S.11) Elindeki geni seri olarak çoğaltmak isteyen bir araştırmacı biyoteknolojide öncelikle hangi organizmayı seçmelidir? (Fonksiyonel)

a) E.coli b) Şapkalı mantar c) Maya d) *Drosophila melanogaster* e) Zebra balığı

Şekil 18

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 11. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Fonksiyonel okuryazarlık boyutunu sorgulayan testin 11. sorusunu katılımcıların %48.9'u (159 kişi) doğru yanıtladığı, %51.1'i (166 kişi) ise yanlış yanıtladığı görülmüştür.

E. coli bakterisi zengin bir besiyer ve oksijen ortamına sahip olduğunda ortalama her 20 dakikada bir bölünmektedir (Gibson ve ark., 2018). Bu hızlı çoğalma özelliği neticesinde biyoteknolojide model organizma olarak kullanılmaktadır (Taj ve ark., 2014). Maddeye verilen yanıtlar irdelendiğinde katılımcıların neredeyse %49'unun *E.coli*'nin hızlı çoğalma özelliğini kavradıkları algılanmaktadır.

S.12) Yasemin ve Fatma, bir üniversitenin Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümünde çalışan iki araştırmacıdır. Yasemin, inceleme altındaki gen ile ilgili bazı ifadeler kullanmıştır. Bu ifadelerden hangisi en doğru açıklamadır? (Prosedürel)

a) Bu genden en fazla bir çeşit protein elde edilir. Çünkü 1 gen sadece 1 protein çeşidini kodlar.

b) Bu genden birçok protein üretilebilir bunun da nedeni post transkripsiyonel (transkripsiyon sonrası) mekanizmalardaki intronların hepsinin translasyona gönderilmesidir.

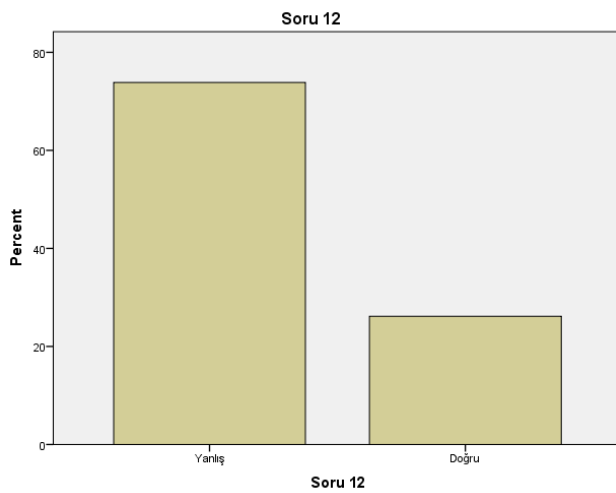
c) Bu genden birçok protein çeşidi üretilebilir bunun da nedeni alternatif splicing (birleştirme) dir.

d) Bu genden birçok protein çeşidi üretilebilir bunun da nedeni post translasyonel (translasyon sonrası) mekanizmalardır.

e) Bu genin hepsi, protein kodlamayan DNA dizisinden oluşur.

Şekil 19

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 12. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 12. sorusu, prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir soru olup katılımcıların %26.2'si (85 kişi) maddeyi doğru yanıtladırken, %73.8'i (240 kişi) yanlış yanıtladılmaktadır.

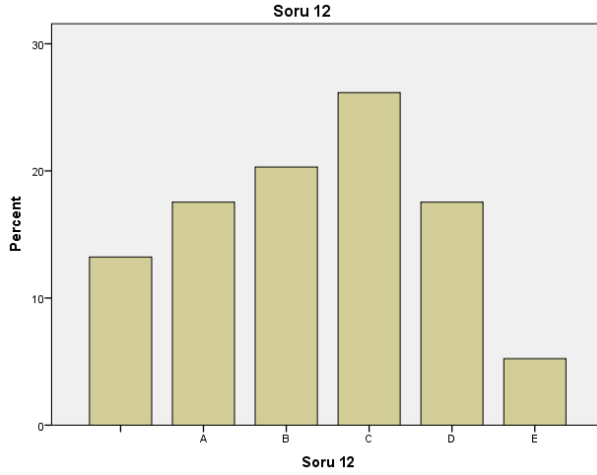
Gelişmiş ökaryotik canlılarda genlerden RNA'lar oluşturulurken Pre (Öncü) mRNA'larının bileşenleri (elementleri) farklı yöntemlerle (alternatif) uç uca birleştirilerek (splicing) bir genden iki ya da daha fazla sayıda mature (olgun/yetkin) mRNA üretilmektedir. Netice de bir gene ait farklı mRNA'lardan farklı ya da benzer formda protein elde edilmektedir (Watson ve ark., 2013).

Pre-mRNA'daki bileşenlerin farklı metotlarla uç uca birleştirilmesi moleküler biyoloji de Alternatif Splicing olarak adlandırılmaktadır. Drosofiladaki genlerin en az %40'ının insanlardaki genlerin de %90 kadarının Alternatif Splicinge maruz kaldığı zannedilmektedir. Alternatif Splicing ile bir genden genelde iki alternatif ürün elde edilirken bazı durumlarda

insanda slo geni gibi bir genden potansiyel olarak yüzlerce, Drosofilada Dscam genindeki bir genden ise binlerce alternatif ürün elde edilebilmektedir (Watson ve ark., 2013).

Şekil 20

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 12. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



Beadle 1945 yılında bir gen bir enzim hipotezi ileri sürmüştü, sonrasında da bu hipotez bir gen bir protein olarak genişletilmiştir (Horowitz, 1995). Bu hipotezde her bir genden bir protein elde edileceği zannedilmektedir.

İnsan genom projesi tamamlanmadan önce insanların çok daha fazla gen sayısına sahip olduğu var sayılıyordu. İnsan genom projesinin tamamlanmasıyla 'tek gen tek protein' düşüncesinin doğru olmadığı da ortaya çıkmıştır. Gen protein oluşumu oranındaki eşitsizlik de Alternatif Splicing teorisinin doğmasına neden olmuştur. Alternatif Splicing mekanizması ile bir genden çok sayıda protein elde edilebilmektedir (Roy ve ark., 2013).

12. madde ile hedeflenen fen bilimleri öğretmen adaylarının Alternative Splicingden ne derece haberdar olduklarını ortaya çıkarmaktır. 12. madde analiz edildiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının %17.5'i (57 kişi) A seçeneğini işaretleyerek eski ve hatalı bilgi olan 1 genden sadece 1 protein üretildiğini zannetmekte olup bu öğretmen adaylarının insan genom projesinin sonuçlarını takip etmedikleri düşünülmektedir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %20.3'ü (66 kişi) de B seçeneğini işaretleyerek translasyona tüm intronların

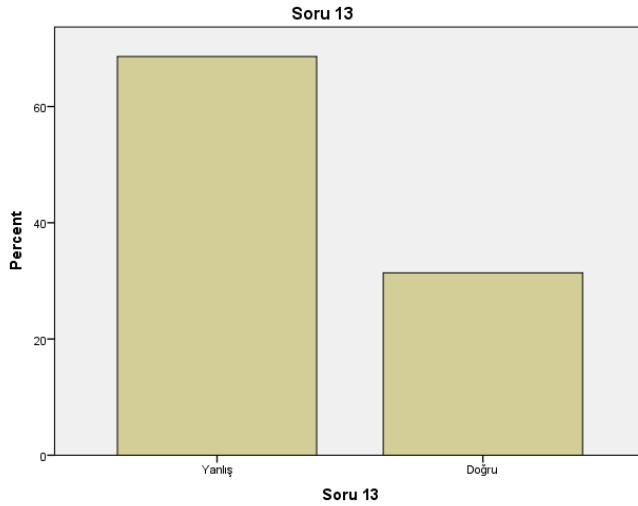
katıldığını varsaymıştır. Bu durum da bu öğretmen adaylarının Alternatif Splicing mekanizmasını bilmediği anlaşılmaktadır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %5.2'si (17 kişi) de E seçeneğini işaretleyerek genin hepsinin protein kodlamayan kısımdan oluştuğunu belirtmiştir. E seçeneğini işaretleyen bu adayların yanıtlarından genin tarifini bilmedikleri algılanmaktadır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %17.5'i de (57 kişi) D seçeneğini işaretlemiştir. Bu seçenek kısmi doğru olup, translasyon sonrası mekanizmalar protein çeşidini de değiştirmektedir. Bunun yanında bu mekanizma Alternative Splicing kadar güçlü olmayıp madde kökünde de yer alan 'en doğru' olan ifade ile örtüşmemektedir.

S.13) Erkan ve Ali adlı iki çiftçi, İç Anadolu Bölgesi'nin topraklarına buğday ekmişlerdir. Bu çiftçilerin o yıl ektikleri buğdayların büyük kısmı, topraktaki tuzlaşmadan ölmüştür. Bu çiftçilere yardım etmek isteyen bir Biyoteknoloji uzmanı, tuza dayanıklı buğday ekini oluşturmak istemektedir. Sizce aşağıdaki uygulamalardan hangisini yapması en doğru olur? (Prosedürel)

- a) Tuza dayanıklılık genini doğrudan buğday tanesine naklederek
- b) Tuza dayanıklılık genini oda sıcaklığında buğday tohumun Sitoplazmasına göndererek
- c) Tuza dayanıklılık genini Plazmide yükleyip – 4 C'de buğday tanesine göndererek
- d) Tuza dayanıklılık genini içeren Plazmidi, ısı şoku ile buğday tohumuna göndererek
- e) Tuza duyarlılık genini içeren Plazmidi, 70 C'de buğday tohumuna göndererek

Şekil 21

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 13. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



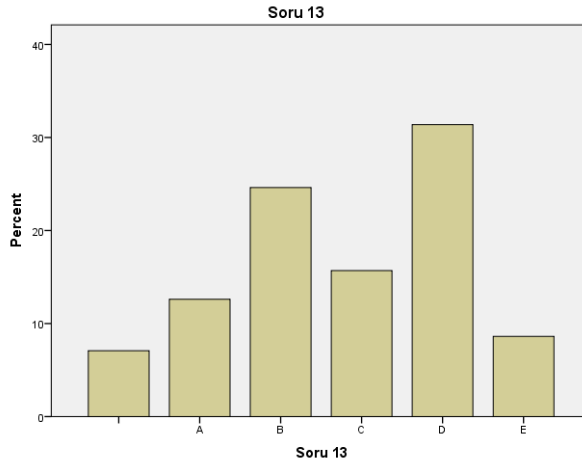
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 13. sorusu, katılımcıların prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Katılımcıların %31.4'ü (102 kişi) bu maddeyi doğru yanıtlarken, %68.6'sı (223 kişi) yanlış yanıtladığıdır. 13. soru ile hedeflenen fen bilimleri öğretmen adaylarının transgenik organizma yapımında istenilen geni taşıyan bir vektörün (plazmidi) hücre içine nasıl alındığına dair düşüncelerini ortaya çıkarmaktır. Ayrıca bu soru ile fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji laboratuvar uygulamalarına yönelik bilgileri hakkında fikir edinilebilecektir.

Isı şoku 'heat-shock' yöntemi ile amaçlanan, istenen geni taşıyan plazmidin hücrenin içine girişini sağlamaktır (Cohen ve ark., 1972). Isı şoku yönteminde transfekte edilecek hücreler diğer bir ifadeyle içine yabancı DNA alacak hücreler kısa bir süreliğine 42 °C de (yaklaşık 2 dakika) inkube edilmekte ardından hemen soğuk ortama 0 °C alınmaktadır (Cohen ve ark., 1972).

Isı şokunda 42 °C de hücrenin zarında genişmeden kaynaklı geçici porlar oluşmaktadır. Yabancı DNA hücre içine girer girmez hücreler soğuk ortama alınmakta oluşan geçici porlar da kapanmaktadır. Bu durumda sitoplazmadan dışarıya madde çıkışı engellenmektedir.

Şekil 22

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 13. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



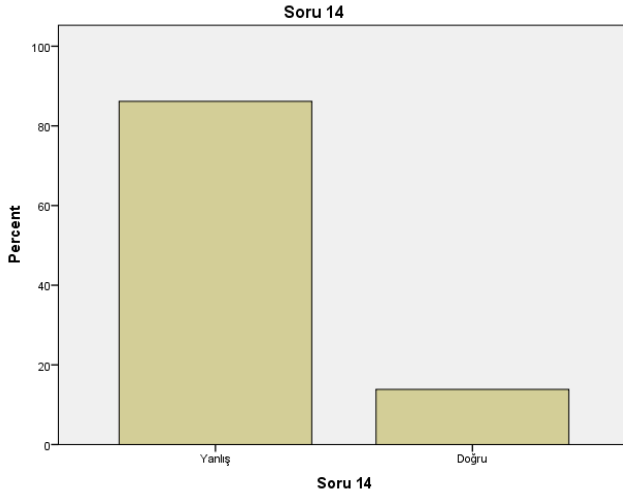
Fen bilimleri öğretmen adaylarının %7.1'nin (23 kişi) gen yüklenmiş vektörün hücrenin içerisine nasıl gireceği hakkında akıl yürütememiştir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %24.6'sı (80 kişi) B seçeneğini işaretleyerek, vektörün hücre içerisine girme sıcaklığını oda sıcaklığı olan 25; adayların %15.7'si (51 kişi) de C seçeneğini işaretleyerek, vektörün hücre içerisine girme sıcaklığını -4; adayların %8.6'sı (28 kişi) da E seçeneğini işaretleyerek, vektörün hücre içine girme sıcaklığını 70°C olarak almıştır. Katılımcıların 25 °C, -4°C ya da 70 °C'de hücre zarında geçici deliklerin (porların) olacağını düşünmeleri, bu katılımcıların hücre zarı bileşenlerini bilmemelerinden kaynaklı olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Veriler dikkate alındığında fen bilimleri öğretmen adaylarının neredeyse %69'unun laboratuvar uygulaması olan transformasyon süreci hakkında bilgi sahibi olmadıkları gözlemlenmektedir.

S.14) Hamileliğin erken dönemlerinde bebeğinin Down Sendromlu olup olunmadığından şüphelenilen bir anneye aşağıdaki yöntemlerden hangisi yapılırsa 21. Kromozomların Problemlerle (işaretlenmiş komplementer DNA zinciri) birleşmesi sonucu etrafa yayılan ışık sayısından bebeğin Down Sendromlu olup olmadığı ortaya çıkmış olur? (Prosedürel)

- a) DNA jel elektroforez b) RNA jel elektroforez c) FISH d)RFLP e)CRISPR

Şekil 23

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 14. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi

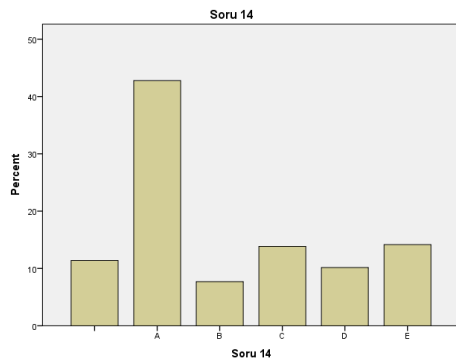


Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 14. sorusu, katılımcıların prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığını ölçen bir sorudur. Katılımcıların %13.8'i (45 kişi) bu maddeyi doğru, %86.2'si de (280 kişi) yanlış yanıtladığıdır.

Sağlıklı bireyler 46 kromozomlu, Down sendromlu bireyler ise 21. kromozom fazlalığından 47 kromozomludur. Sağlıklı bireylerde her bir hücrenin çekirdeği biri anneden diğeri babadan gelen 2 tane 21. kromozom içerirken Down sendromlu bireylerde ise her bir hücre çekirdeği 21.kromozomdan üç tane ihtiva etmektedir, diğeri bir ifadeyle trisomiktir. Doğum öncesi kromozom anormallikleri FISH yöntemi ile teşhis edilebilmektedir (Wieacker & Steinhard, 2010).

Şekil 24

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 14. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



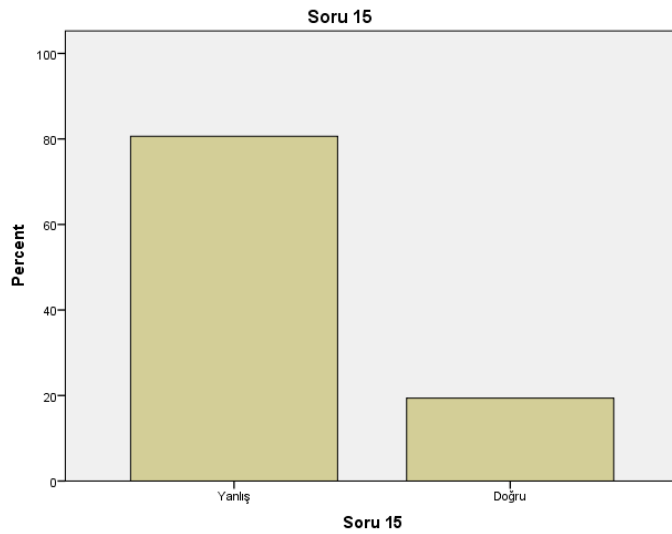
Fen bilimleri öğretmen adaylarının %11.4'ü (37 kişi) bu maddeyle ilgili hiçbir yorumda bulunmayıp adayların %42.8'i de (139 kişi) A seçeneğini işaretleyerek yanıtın DNA jel elektroforez olduğunu ileri sürmüştür. Yanıtın DNA jel elektroforez olduğunu ileri süren katılımcıların bu soru aracılığı ile de DNA jel elektroforez yöntemine hakim olmadıkları düşünülmektedir. Ayrıca, adayların sadece %13.8'i de (45 kişi) doğum öncesinde Down sendromunun FISH yöntemi ile tespit edilebileceğini bilmektedir. Veriler göz önünde bulundurulduğunda öğretmen adaylarının; insan sağlığını doğrudan etkileyecek bir hastalığın teşhisinde kullanılan ve medikal biyoteknoloji uygulaması olan FISH yöntemini bilme oranı düşük olarak gözlemlenmektedir.

S.15) Prof. Dr. Ali Bey, mide kanserine sahip bireylerde hücre içinde hangi genlerin fazla ifade edildiğini (eksprese) ortaya çıkarmak istemiştir. Amacı mide kanserinde hücre içinde aşırı eksprese olan gen veya genleri bulmak, bu gen ya da genleri de mide kanseri için Marker (indikatör-belirteç) olarak kullanmaktır. Bu nedenle mide kanserine yakalanmış çok sayıda farklı bireylerin mide hücreleri incelenecektir. Yukarıdaki araştırmacı, mide hücrelerinde hangi gen veya genlerin daha fazla ifade edildiğini tüm genomu kapsayacak şekilde ve hızlıca görmek isterse hangi yöntemi kullanmalıdır? (Prosedürel)

- a) FISH b) PCR c) DNA elektroforez d) CRISPR e) RNA sekanslama

Şekil 25

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 15. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



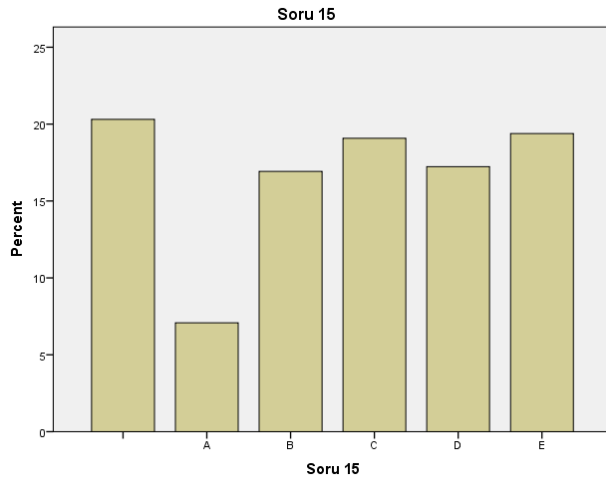
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 15. maddesi, katılımcıların prosedürel biyoteknoloji okuryazarlık boyutunu sorgulamaktadır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %19.4'ü (63 kişi) maddeyi doğru, %80.6'sı da (262 kişi) yanlış yanıtladığı görülmüştür.

RNA sekanslama, yeni nesil sekanslama yöntemini temel alarak hücre içindeki mevcut RNA'ların miktarlarını belirlemektedir. Bu özelliğinden genlerin ekspresyon (ifade edilme) düzeylerini ortaya çıkarılabilmekte ve karşılaştırılabilmektedir. Son yıllarda gen ekspresyonu belirleyen ve karşılaştıran çalışmalarda RNA sekanslama mikroarrayin yerini almaktadır (Finotello & Di Camillo, 2015).

Bu madde ile hedeflenenlerden biri de fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji laboratuvar uygulamalarını takip etme düzeylerini gözlemlemektir. Fen bilimler öğretmen adaylarının %20.3'ü (66 kişi) -genlerin ekspresyon seviyesinin nasıl ortaya çıkarılabileceğini sorgulayan-bu madde ile ilgili hiç fikir beyan etmemiştir. Katılımcıların sadece %19.4'ü (63 kişi) genlerin ifade edilme miktarlarının RNA sekanslama ile ortaya çıkabileceğini belirtmiştir.

Şekil 26

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 15. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



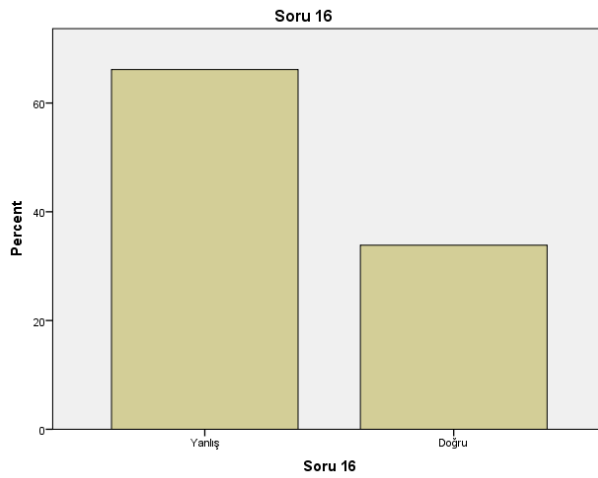
S.16) Moleküler Biyoloji ve Genetik Uzmanı Dr. Gazi Bey, şeker hastaları için insülin üreten bir fabrikada çalışmaktadır. Yalnız şirket yıllık üretilen insülin miktarını yeterli bulmamakta ve insülin üretiminde kullanılan model organizmayı da değiştirmeyi düşünmemektedir.

Dr. Gazi Bey nasıl bir çözüm yolu bulursa model organizma değişmeksizin insülin üretimini kolay bir şekilde artırabilir? (Prosedürel)

- Genin 3'Utr kısmını değiştirerek
- Genin 5'Utr kısmını değiştirerek
- Başka bir canlıdan alınan insülin genini, model organizmada bulunan insülin geni ile değiştirerek
- Genin promoter kısmını zayıf bir promoterla değiştirerek
- Genin promoter kısmını güçlü bir promoterla değiştirerek

Şekil 27

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 16. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi

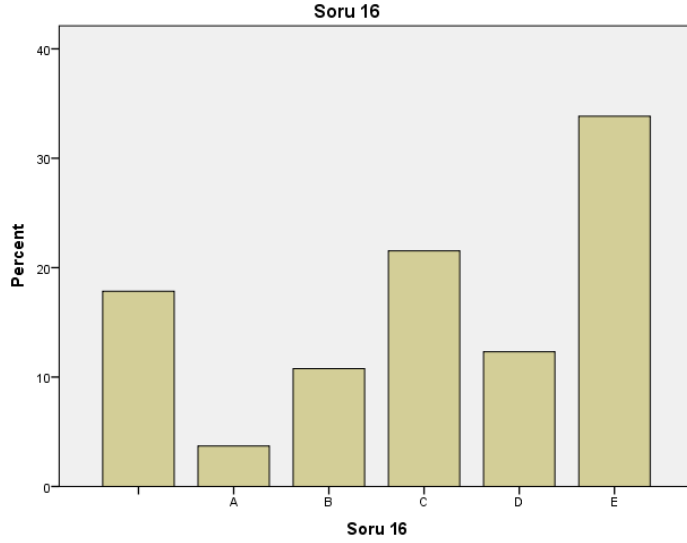


Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 16. sorusu, katılımcıların prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığını irdeleyen bir maddedir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %33.8'i (110 kişi) bu maddeyi doğru, %66.2'si de (215 kişi) yanlış yanıtladığıdır.

Hücrelerde transkripsiyonun başlayabilmesi için RNA polimeraz enziminin hedef gendeki DNA'da promoter olarak adlandırılan bölgeye bağlanması gerekmektedir. Farklı promoterlarla yapılan deneylerde gen ekspresyon güçleri farklı olduğundan oluşan protein miktarları da farklı olmaktadır. Bu nedenle genin transkripsiyonla mRNA'ya ifade edilme oranının promoterdaki nükleotid dizisi tarafından düzenlendiği belirtilmektedir (Li & Zhang, 2014). 16. madde ile gen ekspresyonunu düzenleyen promoter bölgesinin fen bilimleri öğretmen adayları tarafından bilinip bilinmediği irdelenmiştir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %17.8'i (58 kişi) gen ekspresyonunu değiştirmekle ilgili herhangi bir yorumda bulunmamıştır. Katılımcıların %21.5'i de (70 kişi) normalde bulunan genle başka bir kaynaktan alınan aynı genin yer değiştirmesiyle genin ifade edilme oranının değişeceğini düşünmüştür. Katılımcıların %12.3'ü (40 kişi) ise zayıf promoter'ın genin ifade edilme oranını artıracaklarını belirtmiştir. Yanıtlar analiz edildiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının yaklaşık olarak %66'sının gen regülasyonu ve gen regülasyonunu sağlayan etmenlerle ilgili yeterli donanıma sahip olmadığı düşünülmektedir.

Şekil 28

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 16. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi

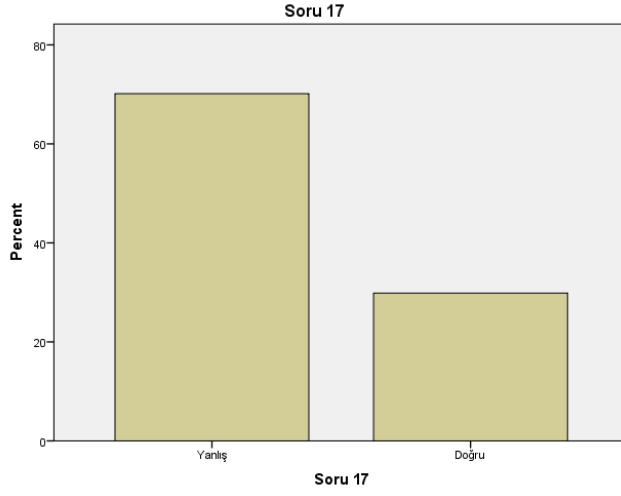


S.17) Dr. Ali Bey, hafta sonları dinlenmek için köydeki çiftlik evine gitmektedir. Bir hafta sonu Ali Bey, çiftlikte yalnızken dışarıdan ses geldiğini duymuş ve dışarı çıkmıştır. Dışarı çıktığında hırsızlık yapan insanlar tarafından vurulmuştur. Hırsızlar; Ali Bey'in cesedini arazinin yan tarafına bırakırken o esnada esen güçlü rüzgârın etkisiyle olay yerindeki dut ağacının yaprakları da hırsızların kamyonetine düşmüştür. Ali Bey'in cesedi ertesi günün sabahı köylülerce bulunmuş ve polise bildirilmiştir. Adli tıp uzmanı, cesedi incelerken ölünün tırnağında veya boynunda yabancı bir hücreye rastlamamıştır. Deneyimli bir dedektif olan Erdal Bey, olay yerini incelerken arazideki teker izlerinden akşam saatlerinde burada bir kamyonetin olabileceğini düşünmektedir. Bu nedenle köydeki tüm kamyonetlerin incelenmesi emrini vermiştir. Kamyonetleri incelerken bazılarının kasalarında dut yaprakları görmüştür. Erdal Bey'in aklına birden olay yerindeki dut ağacı gelmiştir. O nedenle bazı kamyonet sahiplerini şüpheli olarak belirlemiştir. Belirlenen kamyonet sahiplerinin, "Biz çiftçiyiz, tabi ki kamyonetimizde dut yaprağı olabilir. Nereden belli bu dut yapraklarının Ali Bey'in arazisindeki dut ağacından olduğu, belki bizim bahçemizdeki dut ağacındandır." demişlerdir. Bu ifadeler üzerine Erdal Bey, adli tıp uzmanı ile iletişime geçmiştir. Sizce adli tıp uzmanı bu denklemi nasıl çözecektir? (Çok boyutlu)

- a) CRISPR b) FISH c) DNA parmak izi d) Doku mühendisliği e) RISC

Şekil 29

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 17. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



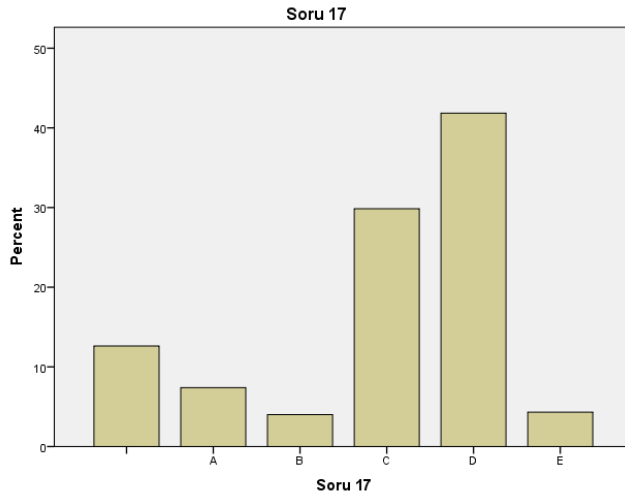
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 17. maddesi, okuryazarlık boyutunun en üst seviyesi olan çok boyutlu okuryazarlığı sorgulamaktadır. Bu maddeye fen bilimleri öğretmen adaylarının %29.8'i (97 kişi) doğru, %70.2'si (228 kişi) de yanlış yanıt vermiştir.

İnsan popülasyonunda DNA'ların % 99'un üzerinde kısmın ortak olmasına rağmen küçük sayıda DNA dizi farklılıkları insanların birbirinden ayrılmasını sağlamaktadır. DNA tanılama testleri de farklılığı sağlayan bu nükleotid dizilerini hedeflemektedir. Bu tanılama testlerinden bir tanesi de DNA parmak izidir (Saad, 2005).

İnsan genomunda dağılmış peş peşe gelen kısa tekrar dizileri (Short Tandem Repeats) bütün insanlarda ortak olmasına rağmen, bireylerdeki bu tekrar dizilerinin (STR) uzunlukları oldukça farklıdır. Diğer bir tanımla bireyden bireye STR'deki tekrar dizilerinin sayısı değişmektedir. Bu nedenle STR'ler DNA parmak izinde bir ayraç (marker) olarak kullanılmaktadır (Godbey, 2014).

Şekil 30

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 17. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



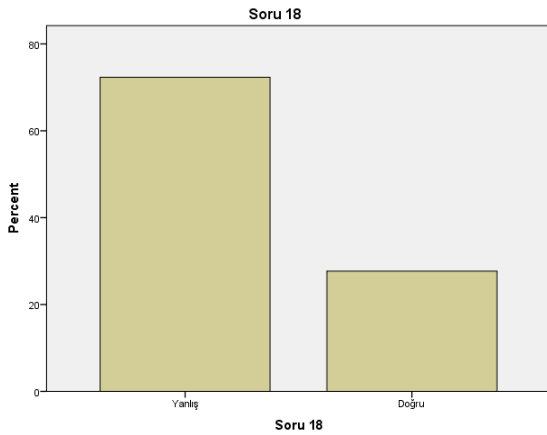
Bu madde ile fen bilimleri öğretmen adaylarının birçok disiplinin ortak ürünü olan, DNA örüntüsünü ortaya çıkarma (DNA profillemeye) bilgileri ölçülmeye çalışılmıştır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %12.6'sı (41 kişi) DNA profillemeye becerisini ölçen maddeyle ilgili hiçbir düşünce ileri sürmemiştir. Katılımcıların %41.8'i de (136 kişi) D seçeneğini işaretleyerek yanıtın doku mühendisliği olduğunu ifade etmiştir. Maddeye verilen yanıtlar ışığında fen bilimleri öğretmen adaylarının neredeyse %70'inin biyoteknolojinin laboratuvar uygulaması olan ve birçok disiplinin işe koşulduğu DNA parmak izi metodunu bilmediği düşünülmektedir.

S.18) Dr. Lena Hanım, babaannesini kanserden kaybettiğinden kanserle ilgili çalışmaları aktif bir şekilde yakından takip etmektedir. Okuduğu bir makalede hastaların kemoterapi için aldığı birçok ilacın kanserli hücrelerin içine geçmekte zorlandığını ya da geçse bile büyük kısmının hücre zarındaki proteinlerce tekrar hücre dışına gönderildiğini anlatmaktadır. Dr. Lena Hanım, kanserli hücrelerde aşırı miktarda ifade edilen böylelikle kanserli hücreleri koruyan bu hücre zarı proteinlerin önüne geçilmesi için başlangıçta bu proteinlerin şifrelerini verecek olan mRNA'larının yok edilmesini gerektiğini düşünmektedir. Sizce Dr. Lena Hanım, hangi yöntemi kullanmalıdır? (Prosedürel)

- a) PCR b) DNA parmak izi c) DNA jel elektroforez d) FISH e) RISC

Şekil 31

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 18. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 18. maddesi, katılımcıların prosedürel okuryazarlığını sorgulayan bir maddedir. Katılımcıların %27.7'si (90 kişi) bu maddeyi doğru yanıtladırken, %72.3'ü de (235 kişi) yanlış yanıtladılmıştır.

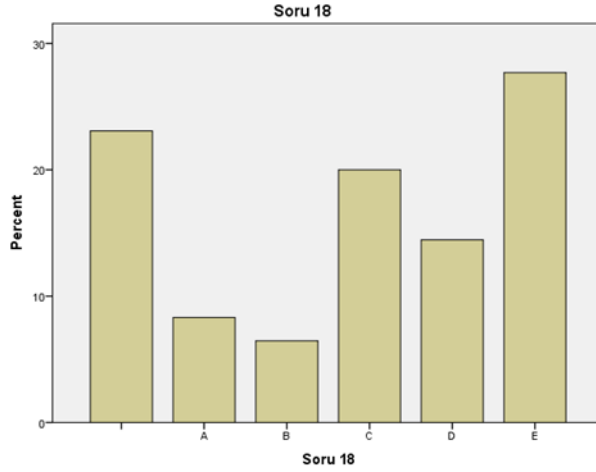
RISC (RNA induced Silencing Complex) yapısında çok sayıda protein kompleksi içeren ve bu komplekse tek zincirli mikro RNA (miRNA) ya da küçük engelleyici RNA (siRNA) dahil edilebilen bir birleşiktir. RISC molekülü hedef komplementer mRNA'yı tanıyabilmek için kalıp olarak miRNA ya da siRNA'yı kullanmaktadır. Bu küçük RNA'lar, komplementer mRNA'ları buldukları zaman RISC bileşiği ribonükleaz aktivitesini harekete geçirerek mRNA'yı kesmeye başlamaktadır (Zhang, 2013).

Bu madde ile hedeflenen fen bilimleri öğretmen adaylarının RISC bileşiği ile (RNA kaynaklı susturucu kompleks-RNA induced silencing complex) transkripte olmuş mRNA'yı parçalayabilme özelliğine ne derece hakim olduklarını göstermektir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %23.1'i (75 kişi) mRNA'nın nasıl parçalanacağına dair bir yorumda bulunmamıştır. Hücre içinde hedeflenen mRNA'nın yıkılmasını fen bilimleri öğretmen adaylarının %8.3'ü (27 kişi) PCR; %6.5'i (21 kişi) DNA parmak izi, %20'si (65 kişi) DNA jel elektroforez, %14.5'i (47 kişi) FISH, %27.7'si de (90 kişi) de RISC yöntemi ile gerçekleştireceğini ifade etmiştir. Verilere göre fen bilimleri öğretmen adaylarının %72.3'ü (235 kişi) mRNA'nın hangi metotla parçalandığını bilmemektedir. Bu maddeye verilen

yanıtlar analiz edildiğinde elde edilen bir sonuç da PCR, DNA parmak izi, DNA jel elektroforez, FISH gibi yöntemlerin işlevleri fen bilimleri öğretmen adaylarınınca yeterince bilinmediği yönündedir.

Şekil 32

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 18. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



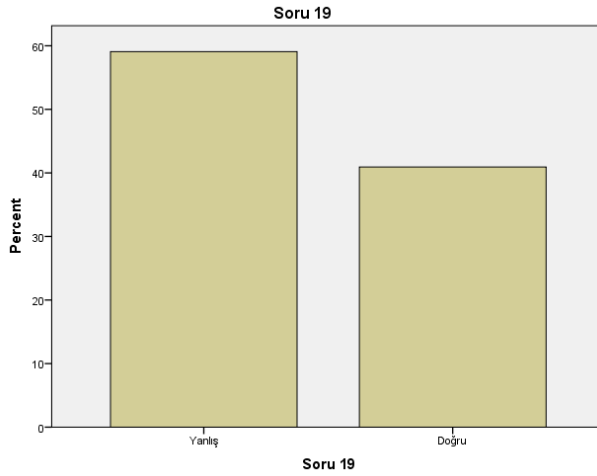
S.19) Normalde aşağıdaki canlılardan hangisi DNA'larındaki düzenli aralıklarla kümelenmiş palindromik tekrar dizi sistemini kullanarak virüslere karşı savunma sistemi oluşturmaktadır? (Fonksiyonel)

- a) hayvanlar b) bitkiler c) mantarlar d) protistalar e) bakteriler

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 19. maddesi, fen bilimleri öğretmen adaylarının fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığını sorgulamaktadır. Katılımcıların %40.9'u (133 kişi) maddeyi doğru yanıtladırken, %59.1'i de (192 kişi) yanlış yanıtladığıdır.

Şekil 33

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 19. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



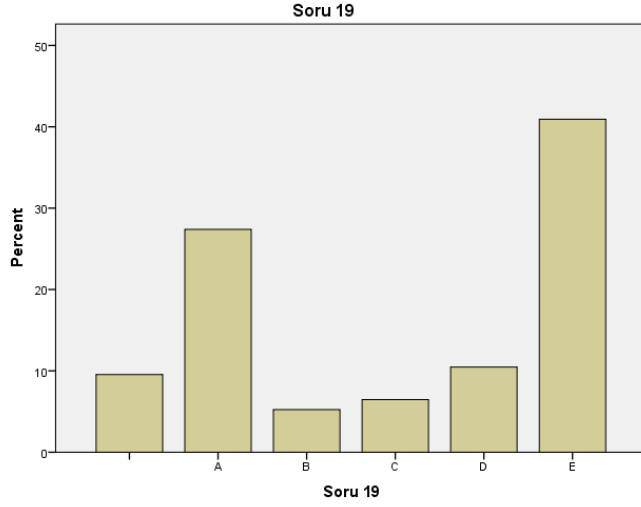
CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Palindromic Repeats) düzenli aralıklarla kümelenmiş palindromik tekrar dizileri bakteri ve arke genomlarının karakteristik özelliklerindedir. CRISPR; cas genleriyle beraber bakterilere, virüslere karşı direnç kazandırmaktadır. Bakterinin virüs ile mücadelesinden sonra bakteri genomuna virüsün genomundan elde edilmiş sekans dizilerinin entegre olduğu gözlemlenmiştir. Özetle CRISPR'ın prokaryotlarda virüslere karşı direnç sağladığı belirtilmektedir (Barrangou ve ark., 2007).

Bu madde ile hedeflenen biyoteknolojide genom düzenlenmesinde kullanılan Cas9 sisteminin temelini oluşturan CRISPR'ın hangi canlı aleminde keşfedildiğinden fen bilimleri öğretmen adaylarının ne derece haberdar olduklarını ortaya çıkarmaktır.

Katılımcıların %9.5'inin (31 kişi) düzenli aralıklarla kümelenmiş palindromik tekrar dizilerinin (CRISPR) hangi canlıda olduğuna dair bir fikirleri bulunmamaktadır. Katılımcıların %27.4'ü (89 kişi) CRISPR'ı hayvanlarda, %5.2'si (17 kişi) bitkilerde, %6.5'i (21 kişi) mantarlarda, %10.5'i de (34 kişi) protistalarda zannetmektedir. Katılımcıların %40.9'unun (133 kişi) CRISPR'ın bakterilerde bulunduğunu ve bu canlılarda savunma sisteminde görev aldığını bildiği söylenebilmektedir.

Şekil 34

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 19. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi

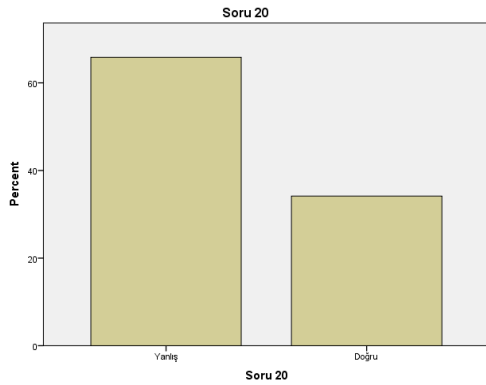


S.20) Organizmadaki kusurlu genin düzgün genle yer değiştirmesine imkan verebilen, genomun nükleotidlerinde eklemeler ve çıkarmalar yaparak da istenmeyen genleri elimine edebilen (knockout) genetik mühendisliği uygulaması hangisidir? (Prosedürel)

- a) DNA elektroforez b) RISC c) CRISPR d) PCR e) FIS

Şekil 35

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 20. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 20. sorusu, prosedürel okuryazarlığı ölçen bir madde olup katılımcıların %34.2'si (111 kişi) maddeyi doğru yanıtladırken, %65.8'i de (214 kişi) yanlış yanıtladığıdır.

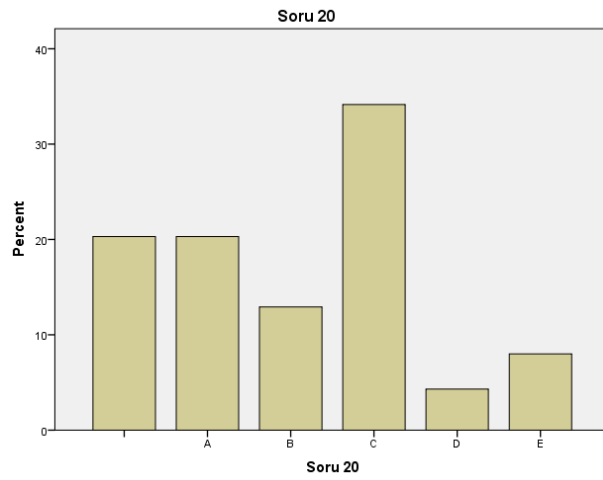
CRISPR-cas9 sistemi genomu düzenlemede kullanılan etkili yöntemlerdendir. Hatalı genlerin düzeltilmesinde, istenmeyen genleri işlevsiz hale getirmede CRISPR-cas9 sistemi tercih edilen moleküler bir araçtır (Zhang ve ark., 2021).

Bu madde ile hedeflenen son zamanlarda genetik mühendisliğinde çığır açan, gen düzeltmelerinde hata oranını oldukça düşüren bir biyoteknolojik uygulama olan CRISPR'ın fen bilimleri öğretmen adaylarınınca tanınma seviyesini belirlemektedir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının %20.3'ü (66 kişi) genom düzenlemesinde hangi yöntemin uygulandığına dair hiçbir yorumda bulunmamıştır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %20.3'ü (66 kişi) gen manipülasyonunu (genin içindeki değişimi) DNA elektroforez, %12.9'u (42 kişi) RISC, %4.3'ü (14 kişi) PCR, %8'i de (26 kişi) FISH yöntemi ile gerçekleştiğini belirtmiştir. Veriler dikkate alındığında fen bilimleri öğretmen adaylarının %65.8'inin (214 kişi) CRISPR'ın genin düzenlemesinde bir araç olarak kullanıldığından habersiz olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 36

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 20. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi

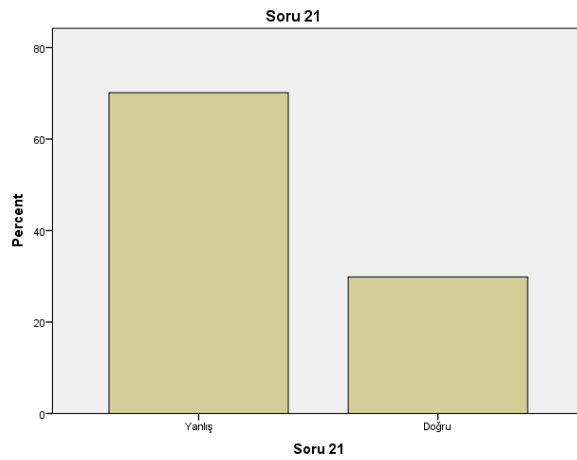


S.21) 2020 Nobel Kimya Ödülü alan ve Genom düzenlemesinde çığır açacak yöntemi keşfeden bilim insanları kimlerdir? (Çok boyutlu)

- a) Aziz Sancar- Gazi Yaşargil
- b) Emmanuelle Charpentier- Jennifer Doudna
- c) Reinhard Genzel– Andrea Gehz
- d) Louise Glück- Abiy Ahmed Ali
- e) James Watson-Francis Crick

Şekil 37

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 21. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 21. maddesi fen bilimleri öğretmen adaylarının çok boyutlu okuryazarlığını sorgulamaktadır. Bu maddeye katılımcıların %29.8'i (97 kişi) doğru yanıt verirken, %70.2'si de (228 kişi) yanlış yanıt vermiştir.

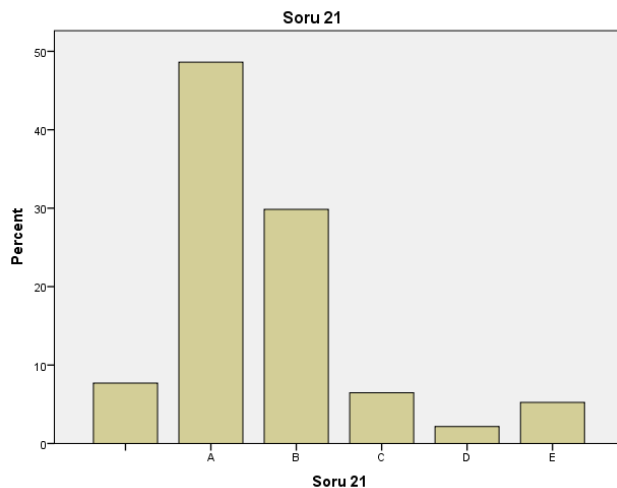
Emmanuelle Charpentier ve Jennifer Doudna yaşamın kodlarını yeniden yazmada bir araç olarak kullanılacak CRISPR/ Cas9'u 'genetik makası' keşfetmeleri nedeniyle 2020 yılında kimya dalında Nobel ödülünü almışlardır (Soysal, 2021).

Testin bu maddesi ile genom düzenlemesinde kullanılan CRISPR/ Cas9 sistemini- genetik makası- keşfeden ve hatalı genlerin nasıl düzeltileceği yöntemini bulan iki önemli bilim insanının fen bilimleri öğretmen adayları tarafından tanınırlığını sorgulamaktadır. Bu madde ile amaçlanan diğer bir husus da fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojik yönden bilim tarihini takip etme seviyelerini ortaya çıkarmaktır.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının %70.2'si (228 kişi) Emmanuelle Charpentier ve Jennifer Doudna'yı tanımamaktadır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının sadece %29.8'i (97 kişi) biyoteknoloji bilim tarihini takip etmektedir.

Şekil 38

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 21. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



S.22)

- | | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 1- Restriksyon enzimi | a) yapıştırma enzimi |
| 2- ligaz | b) hidrojen bağlarını koparan enzim |
| 3- helikaz | c) DNA'yı parçalayan enzim |
| 4- nükleaz | d) makas enzimi |

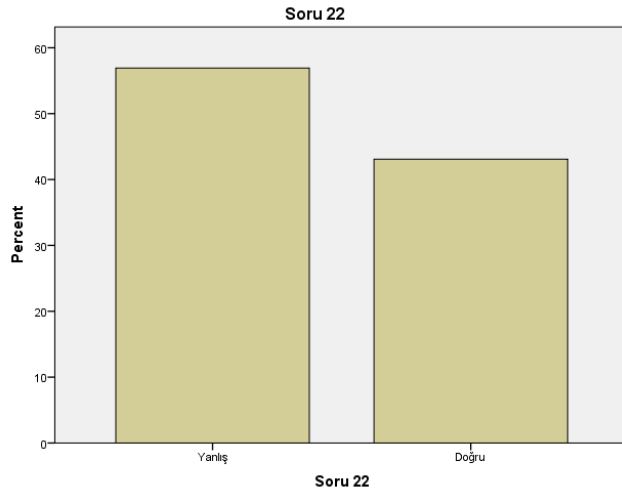
Yukarıdaki eşleşmelerden hangisi doğrudur. (Fonksiyonel)

- | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| a) 1, a; 2,c; 3,d; 4,b | b)1, d; 2,a; 3,c; 4,b | c)1, b; 2,d; 3,a; 4,c |
| d)1, d; 2,a; 3,b; 4,c | e)1, c; 2,a; 3,d; 4,b | |

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 22. maddesi, fen bilimleri öğretmen adaylarının fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığını sorgulamaktadır. Katılımcıların %43.1'i (140 kişi) maddeyi doğru yanıtladırken, %56.9'u da (185 kişi) yanlış yanıtladığıdır.

Şekil 39

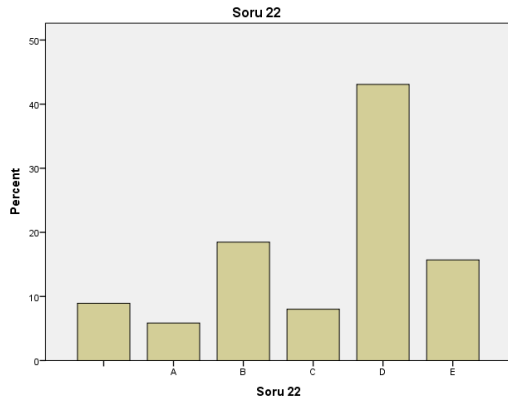
Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 22. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



DNA sarmal (helix) yapısını açan helikaz, DNA dizilerini birbirine bağlayan ligaz, DNA'yı parçalayan enzim ise nükleazdır (Watson ve ark., 2013). Fen bilimleri öğretmen adaylarının %56.9'u da (185 kişi) biyoteknoloji uygulamalarında sıklıkla kullanılan bu enzimlerin işlevlerini doğru yanıtladığıdır.

Şekil 40

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 22. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi

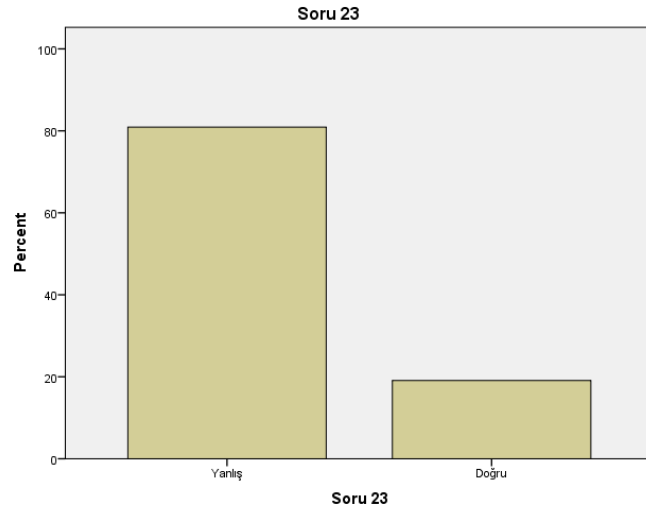


S.23) Model organizmanın savunma sisteminden elde edilen cas 9 enzimi aşağıdaki nükleotid dizilerinden hangisini tanımaya özgüdür? (prosedürel)

- a) PAM b) intron c) ekzon d) 3'UTR e) 5'UTR

Şekil 41

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 23. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 23.sorusu, katılımcıların prosedürel okuryazarlığını irdeleyen bir maddedir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %19.1'i (62 kişi) bu maddeyi doğru yanıtladırken, %80.9'u da (263 kişi) yanlış yanıtladılmıştır.

Prokaryot canlılarda savunma, yabancı genetik materyalin tanınıp; yok edilmesiyle gerçekleşmektedir. Prokaryot canlılarda savunma mekanizması CRISPR-cas sistemiyle sağlanmaktadır. CRISPR-cas 9 sisteminin çalışabilmesi için kritik aşama, cas 9'un (Crisper

associated protein) PAM'ı (Protospacer Adjacent Motif) hedef (yabancı) DNA'da tanınması gerekmektedir. Cas proteinlerinin PAM'ı (belli nükleotid dizisini) tanıyıp bağlanmasıyla; PAM'ın hemen yanındaki bitişik DNA sarmalı açılmakta, açılmış DNA da crRNA ile hibridize olmaktadır. Bu durumda crispr-cas9 sistemi hedef DNA'yı kesebilmektedir (Gleditsch ve ark., 2019).

Bu madde ile hedeflenen Cas9'un hedeflediği DNA'daki tanınma bölgesinden fen bilgisi öğretmen adaylarının ne derece haberdar olduğunu ortaya çıkarmaktır.

Bakterilerde bağışıklık sisteminin temelini oluşturan ve genetik mühendisliğinde genom düzenlemede araç olarak kullanılan CRISPR-cas9 sistemindeki Cas9'un hedeflediği DNA'daki tanınma bölgesinden fen bilimleri öğretmen adaylarının sadece %19.1'i (62 kişi) haberdardır.

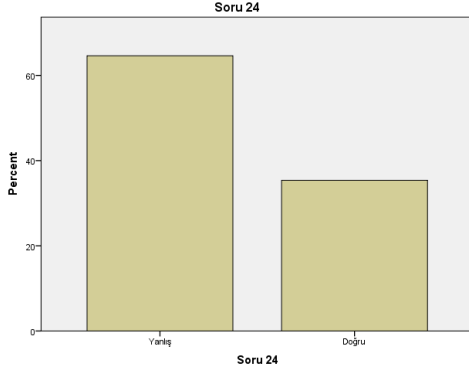
S.24) Singh ve arkadaşları, 2017 yılında yazmış oldukları makalede: "Tasarlanmış organik nanoparçacıklar yardımıyla, gen ve tedavi edici maddelerin taşınıp hücrelere gönderilmesiyle genetik kaynaklı veya genetik kökenli olmayan hastalıkların iyileştirilmesinin sağlanabileceğini" bildirmişlerdir (Singh ve ark., 2017). Singh ve arkadaşları (2017) makalelerindeki bir figürde "Organik Nanopartikül bazlı birleşimin, kanserli hücrenin DNA'sına hasar vererek hücrede Apoptoz'a neden olabileceğini" göstermişlerdir. (Singh ve ark., 2017)

Apoptoz'dan kast edilen aşağıdakilerden hangisidir? (Prosedürel)

- a) Hücrede Otofaji meydana gelmesi
- b) Kanserli hücrenin DNA'sının yerine, Plazmid ile hücreye doğru DNA'nın gönderilmesi
- c) DNA da mutasyona uğramış nükleotidlerin düzeltilmesi
- d) Hatalı genin doğru genle değiştirilip gen terapisiyle hücrenin DNA'sının tamir edilmesi
- e) Kontrollü programlanmış hücre ölümü

Şekil 42

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 24. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



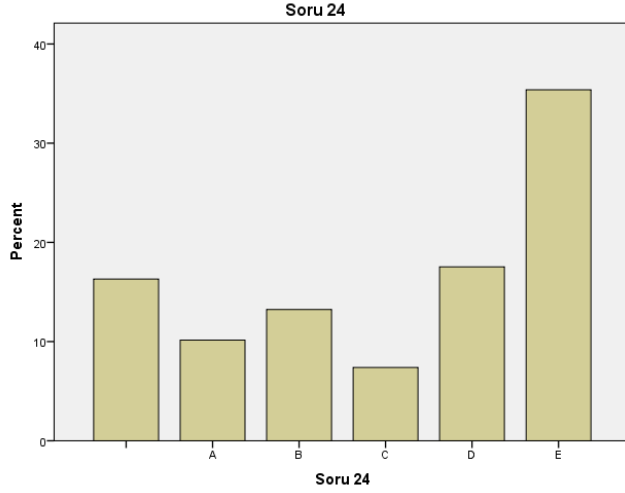
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 24. sorusu prosedürel okuryazarlığı sorgulayan bir maddedir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının %35.4'ü (115 kişi) bu maddeyi doğru yanıtladırken, %64.6'sı da (210 kişi) yanlış yanıtladığıdır.

Programlanmış hücre ölümü apoptoz olarak ifade edilirken (Elmore, 2007), otofaji temel hücrel bir süreç olup; homeostasiyi sağlamak için hücre içinde bulunan kusurlu organelleri, yanlış katlanmış proteinleri ve birçok hücre altı elemanları lizozom aracılığıyla parçalamak olarak belirtilmektedir (Aman ve ark., 2021).

Fen bilimleri öğretmen adaylarının %16.3'ü (53 kişi) apoptozu hiçbir şekilde tanımlamazken, adayların %10.2'si (33 kişi) apoptozu; otofaji, %13.2'si (43 kişi) hücreye plazmid gönderme, %7.4'ü (24 kişi) hatalı nükleotidlerin düzeltilmesi, %17.5'i (57 kişi) gen tedavisi olarak düşünmektedir. Veriler analiz edildiğinde adaylarının %35.4'ünün (115 kişi) apoptozu doğru olarak ifade edebildiği görülmektedir.

Şekil 43

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 24. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi

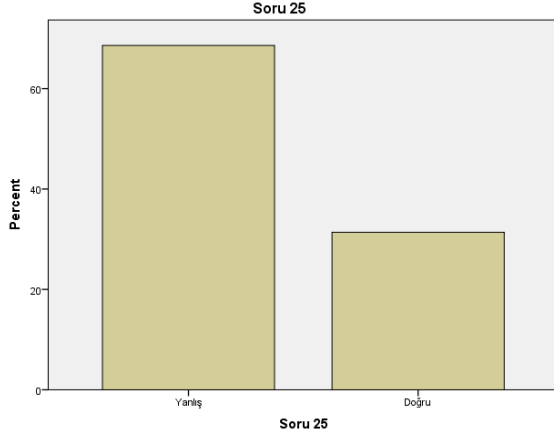


S.25) Erkan ve Dane adlı iki araştırmacı, kök hücre terapisiyle (tedavisiyle) ilgili birçok makale okumuşlardır. Makalelerin çoğunda dışarıdan verilen kök hücrelerin Nörodejenaratif (sinire zarar veren), Kardiyovasküler (kalp-damar), Gastointestinal (mide-bağırsak) ve Renal (böbrekle ilgili) problemleri ortadan kaldırayabileceği belirtilmektedir. Erkan ve Dane, eleştirel düşünmeyi etkin olarak kullanan iki bilim insanı oldukları için, bu hastalıkların gerçekten dışarıdan verilen kök hücrelerden mi iyileştiğini yoksa vücudun kendi ürettiği hücre ya da kök hücre hattından mı düzeldiğini merak etmektedirler. Bu iki bilim insanı aşağıdakilerden hangisini yaparlarsa iyileşmenin dışsal kaynaklı kök hücreden kaynaklandığını ispat etmiş olurlar? (Prosedürel)

- Hasta organizmaya radyoaktif aminoasit verilirse
- Hasta organizmaya işaretli karbon verilirse
- Kök hücre genomuna GFP (yeşil floresan protein) geni eklenirse
- Kök hücre sitoplazmasına radyoaktif protein eklenirse
- Hasta organizmaya işaretli fosfat verilirse

Şekil 44

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 25. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



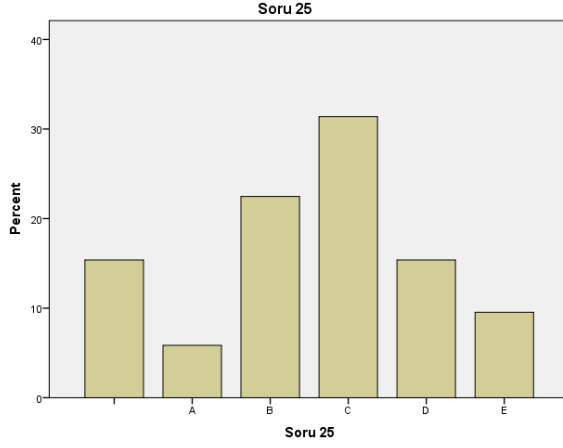
Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 25. sorusu prosedürel okuryazarlığı irdeleyen bir madde olup fen bilimleri öğretmen adaylarının %31.4'ü (102 kişi) maddeyi doğru yanıtladırken, %68.6'sı da (223 kişi) yanlış yanıtladığıdır.

GFP moleküler biyolojide, tıpta, hücre biyolojisinde kromofor (renk veren) bir molekül olmasıyla nedeniyle biyolojik bir ayraç (marker) olarak kullanılmaktadır. Bir gen GFP geni ile birleştirilirse ilgili genin proteinin ürünü kuyruk kısmında GFP taşıyacağından (GFP-tag) hücre içinde proteinin lokasyonu gözlemlenebilecek bunun yanında etrafa yayılan ışık miktarından da (reporter gene) gen ekspresyon seviyesi çıkarılmış olacaktır (Zimmer, 2002).

Fen bilimleri öğretmen adaylarının %15.4'ü (50 kişi) bu maddeye yönelik fikir yürütmemiş olup adayların sadece %31.4'ü (102 kişi) maddeyi doğru yanıtladığıdır. Bu madde ile istenilen fen bilimleri öğretmen adaylarından aşağıdaki düşünce biçimine benzer bir şekilde akıl yürütmeleri idi. "İyileşme kök hücre kaynaklıysa; kök hücre sayısı artarken kök hücre genomu da GFP ile etiklendiğinden GFP'lerin de sayısı artacak sonuç olarak etrafa yayılan ışık miktarı daha fazla olacaktır." şeklindedir.

Şekil 45

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 25. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



S26) Aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri Biyoteknolojiyle üretilebilir? (Prosedürel)

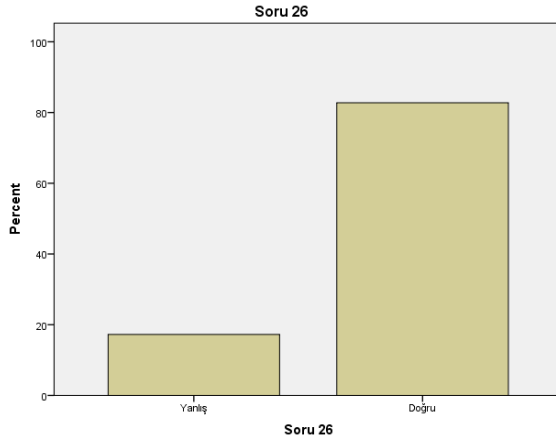
- I. Aşı
- II. Antibiyotik
- III. İnterferon
- IV. Antikor

- a) 2,3,4 b) 2,4 c) yalnız 4 d) 1,2,3,4 e) 3,4

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 26. sorusu prosedürel okuryazarlığı irdeleyen bir madde olup; fen bilimleri öğretmen adaylarının %82.8'i (269 kişi) bu maddeyi doğru yanıtladırken, %17.2'si de (56 kişi) yanlış yanıtladığıdır.

Şekil 46

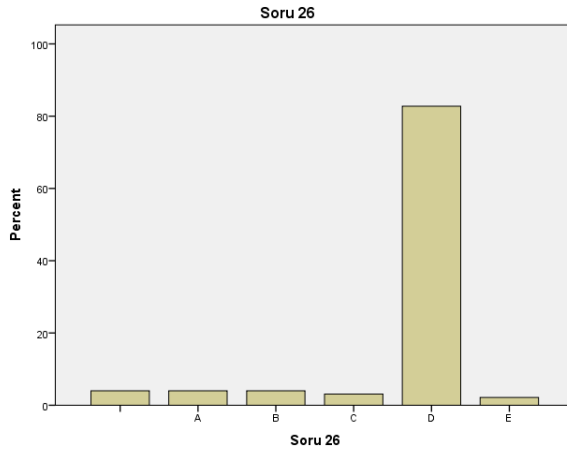
Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 26. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Bu madde ile fen bilimleri öğretmen adaylarının rekombinat DNA ile üretilen maddeleri bilme durumları incelenmiştir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük bir kısmı neredeyse %83'ü biyoteknoloji ile üretilen rekombinant DNA ürünlerini bilmektedir.

Şekil 47

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 26. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



S27). Genetik mühendisi olan Ali Bey ve ekibi, (1) öncelikle bakterilere virüsler aracılığıyla gen transfer etmişlerdir. Sonrasında bu bakteriler besiyerde çoğaltılıp bakterilerin Plazmidleri izole edilmiştir. (2) İzole Plazmidlerde başka bakterilerin sitoplazmalarına gönderilmiştir. Dışsal kökenli plazmid kazanan bu bakteriler, başka bakterilerin bulunduğu besi ortamına konulmuştur. (3) Transgenik bakterilerle besi ortamındaki bakteriler arasında sitoplazmik köprü kurulmuştur. Böylelikle transgenik bakteriden, besin ortamında bulunan

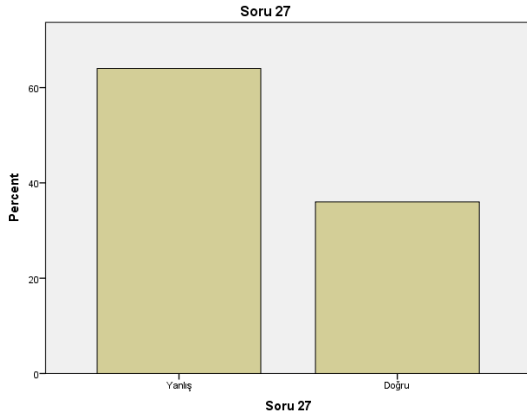
bakteriye plazmid geçişi olmuştur. Yukarıdaki numaralı yerler aşağıdaki olaylardan hangisine denk gelmektedir. (Prosedürel)

	1	2	3
a) Transdüksiyon	Transformasyon	Konjugasyon	
b) Transdüksiyon	Konjugasyon	Transformasyon	
c) Konjugasyon	Transformasyon	Transdüksiyon	
d) Transformasyon	Transdüksiyon	Konjugasyon	
e) Transformasyon	Konjugasyon	Transdüksiyon	

Biyoteknoloji okuryazarlık testinin 27. sorusu prosedürel okuryazarlığı irdeleyen bir madde olup fen bilimleri öğretmen adaylarının %36'sı (117 kişi) bu maddeyi doğru yanıtlandırırken, %64'ü de (208 kişi) yanlış yanıtlandırmıştır.

şekil 48

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 27. Soruyu Doğru ve Yanlış Yanıtlayanların Yüzdesi



Virüsler aracılığı ile bakterilere genetik materyal transfer edilmesi transdüksiyon olarak adlandırılmaktadır. Doğada virüsler aracılığı ile bir bakteriden diğer bakteriye genetik materyal aktarılması kendiliğinden genel transdüksiyon veya özelleşmiş transdüksiyon denilen edilen iki ayrı yolla gerçekleşmektedir. Yatay gen transferi denilen bu yolla bakteri genetik çeşitlilik kazanmaktadır (Schneider, 2021).

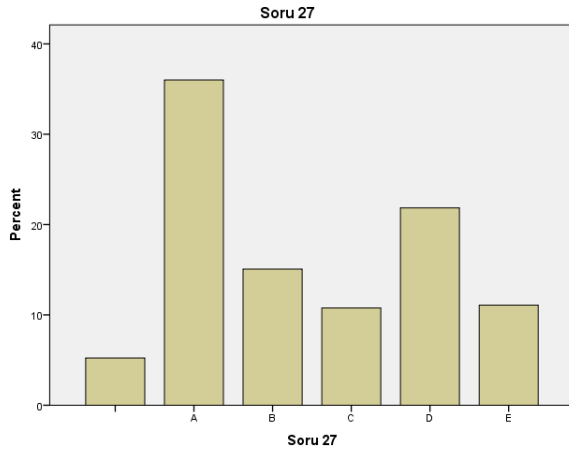
Yapılan alışmalar sonucunda bakterinin genetik materyalini ata hücrenden almasının yanında (dikey kalıtım), diğer kaynaklardan da genetik bilgi alma kapasitesi de (yatay gen transferi) bulunmaktadır (Schneider, 2021).

Bakterilerde yatay gen transferinin üç mekanizması: Transformasyon, konjugasyon ve transdüksyondur. Belli bakterilerde doğal olarak gerçekleşen ve ilk olarak keşfedilen gen transfer mekanizması transformasyondur. Transformasyonun karakteristik özelliği bakterinin ıplak DNA'yı doğrudan çevresinden hücrenin içine alabilmesidir. Buna karşılık konjugasyon bir bakteri hüresinden diğer bakteri hüresine pilus yardımıyla köprü benzeri yapılarla DNA transfer edilmesini içermektedir (Schneider, 2021).

Fen bilimleri öğretmen adaylarına biyoteknoloji laboratuvar uygulamalarında transgenik organizma yapımında oldukça sık kullanılan 3 yöntem sorulmuştur. Madde ile ilgili yapılan analizler neticesinde Fen bilimleri öğretmen adaylarının %5.2'si (17 kişi) bakterilere gen transfer edilmeye kullanılan 3 yöntemle ilgili hiçbir yorumda bulunmamıştır. Adaylarının sadece %36'sı (117 kişi) bu üç yöntemi tam olarak bilmiştir.

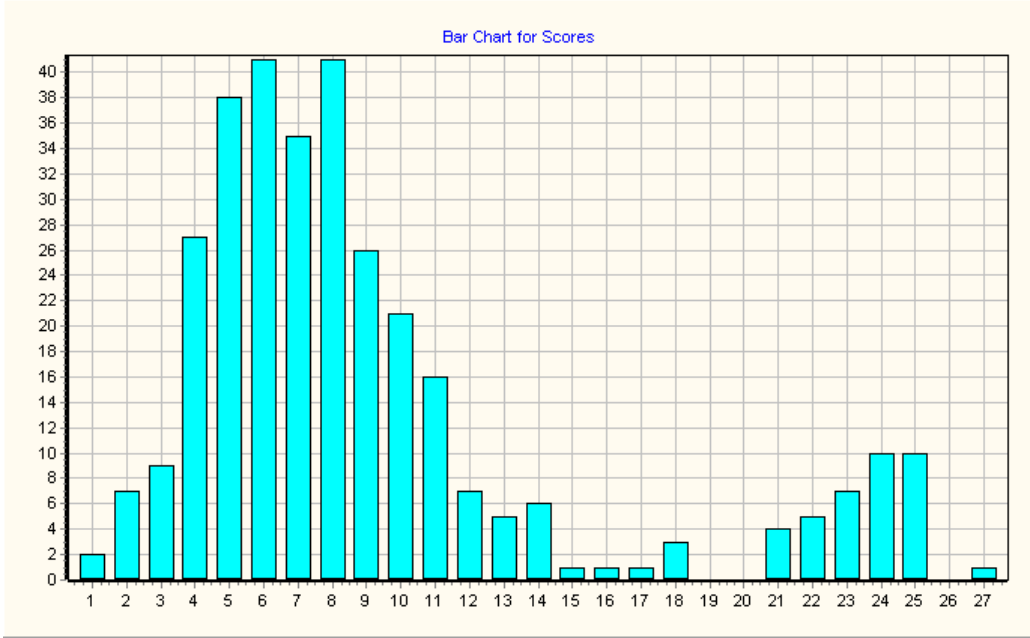
şekil 49

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde 27. Soruya Seçeneklere göre Yanıt Verenlerin Yüzdesi



Şekil 50

Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinden Elde Edilen Puanlar ve Puanlara Denk Düşen Frekanslar



Biyoteknoloji okuryazarlık testinde toplam 27 soru olup her bir soru için doğru yanıtlandırıldığında 1, yanlış ya da boş bırakıldığında 0 puan alınmaktadır. Bir katılımcı biyoteknoloji okuryazarlık testinde tüm soruları doğru bildiğinde alabileceği en fazla puan değer olarak 27 dir. 325 kişiden oluşan fen bilimleri öğretmen adayları örneklem grubuna 27 soruluk biyoteknoloji okuryazarlık testi uygulanmıştır. Uygulama sonrasında sonuçlar puan açısından analiz edildiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının puanlarının aritmetik ortalaması 9.21, medyanı 8, standart sapması da 5.91 olarak hesaplanmıştır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının çoğunluğunun dağılım grafiğinde sayfa düzlemine göre (Bakınız Şekil 66) sağ kısmında kaldığı diğer bir anlatımla sağa çarpık olduğu görülecektir. Bu verilerden hareketle örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük kısmının biyoteknoloji okuryazarlık açısından alt seviyede kaldığı söylenebilmektedir.

Tablo 5*Uygulama sonucu oluşan istatistiksel değerler*

Madde	Sayısı	N	\bar{x}	S	min puan	max puan
27		325	9.21	5.913	1	27

Tablo 6*Katılımcının Puan, Frekans ve Yüzdesini Gösterir Tablo*

Puan	Kişi Sayısı	Yüzde	Geçerli Yüzde	Toplam Yüzde
1	2	.6	.6	.6
2	7	2.2	2.2	2.8
3	9	2.8	2.8	5.5
4	27	8.3	8.3	13.8
5	39	12.0	12.0	25.8
6	41	12.6	12.6	38.5
7	35	10.8	10.8	49.2
8	41	12.6	12.6	61.8
9	26	8.0	8.0	69.8
10	21	6.5	6.5	76.3
11	16	4.9	4.9	81.2
12	7	2.2	2.2	83.4
13	5	1.5	1.5	84.9
14	6	1.8	1.8	86.8
15	1	.3	.3	87.1
16	1	.3	.3	87.4
17	1	.3	.3	87.7
18	3	.9	.9	88.6
21	4	1.2	1.2	89.8
22	5	1.5	1.5	91.4
23	7	2.2	2.2	93.5
24	10	3.1	3.1	96.6
25	10	3.1	3.1	99.7
27	1	.3	.3	100.0
Toplam	325	100.0	100.0	

Tablo 7*Biyoteknoloji Okuryazarlık Testinde Bulunan Maddelerin İlişkili Olduğu Boyutlar*

Biyoteknoloji Okuryazarlık Alt boyutu	Maddeler	Madde Sayısı
Nominal Biyoteknoloji Okuryazarlığı Ölçen	S1, S2, S6	Toplam 3 madde
Fonksiyonel Biyoteknoloji Okuryazarlığı Ölçen	S3, S4, S7, S8, S10, S11, S19,S22	Toplam 8 madde
Prosedürel Biyoteknoloji Okuryazarlığı Ölçen	S9, S12, S13, S14, S15 S16, S18, S20, S23, S24, S25, S26, S27	Toplam 13 madde
Çok Boyutlu Biyoteknoloji Okuryazarlığı Ölçen	S5, S17, S21	Toplam 3 madde

Nominal biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen üç sorunun (S1, S2, S6) örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının yanıtları neticesinde aritmetik ortalama değeri 1.36 olarak bulunmuştur.

Fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen sekiz sorunun (S3, S4, S7, S8, S10, S11, S19, S22) örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının yanıtları neticesinde aritmetik ortalama değeri 2.64 olarak bulunmuştur.

Prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen (S9, S12, S13, S14, S15, S16, S18, S20, S23, S24, S25, S26, S27) on üç maddenin örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının yanıtları neticesinde aritmetik ortalama değeri 4.28 olarak bulunmuştur.

Çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığı ölçen üç sorunun (S5, S17, S21) örneklem grubundaki fen bilimleri öğretmen adaylarının yanıtları neticesinde aritmetik ortalama değeri 0.90 olarak bulunmuştur.

Yukarıdaki veriler dikkate alındığında fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık boyutlarıyla ilgili: Bilimsel bir ifadeyi sadece ad (isim) düzeyinde bilme olan nominalde; bilimsel bir ifadeyi işlev konusunda bilme olan fonksiyonelde; bilimsel kavramı

ilgili disiplinle bağlantı kurarak açıklayan ve laboratuvar uygulama becerilerini içeren prosedürelde; bilimsel ifadeleri geçirdiği değişimlerle takip etme, bilim tarihiyle bağlantı kurma ve fen alanındaki bilgileri topluma yansıtma becerilerini içeren çok boyutluda adayların alt seviyelerde oldukları gözlenmiştir.

Bölüm 5

Sonuç ve Öneriler

Araştırma ile fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeyleri ve biyoteknoloji bilgilerinin nasıl olduğu incelenmeye çalışılmıştır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık seviyelerini ortaya çıkarmak için Bybee'nin (1997) kategorize ettiği bilimsel okuryazarlık seviyelerini içeren 27 sorudan oluşmuş biyoteknoloji okuryazarlık testi öğretmen adaylarına uygulanmıştır.

325 katılımcıdan oluşan fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık testine verdikleri yanıtların aritmetik ortalaması 9.21'dir. Fen bilimleri öğretmen adayları, biyoteknoloji okuryazarlık testindeki tüm soruları doğru yanıtladıkları takdirde elde edecekleri puan en fazla 27 olacaktır. Adayların yanıtlarının puan ortalamasının 9.21 olması, fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlık düzeylerinin düşük seviyede olduğunu göstermektedir.

Testte nominal biyoteknoloji okuryazarlığını irdeleyen; Bloom Taksonomisinde bilgi basamağına denk gelen üç sorunun (soru 1, soru 2 ve soru 6'nın) aritmetik ortalamasının 1.36 olması fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojinin temeli olan genetik materyallerle bağlantılı kavram ve ilkeleri az bildikleri şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca testte fonksiyonel biyoteknoloji okuryazarlığını irdeleyen; Bloom taksonmosinde kavrama basamağına denk gelen sekiz sorunun (soru 3, soru 4, soru 7, soru 8, soru 10, soru 11, soru 19 ve soru 22'nin) aritmetik ortalamasının da 2.64 olması fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknolojiyle ilgili materyallerin işlevlerine düşük oranda hakim olduklarını düşündürmektedir.

Bunlara ilavaten testte prosedürel biyoteknoloji okuryazarlığını irdeleyen; Bloom Taksonomisinde en az uygulama basamağına denk gelen on üç sorunun (soru 9, soru 12, soru 13, soru 14, soru 15, soru 16, soru 18, soru 20, soru 23, soru 24, soru 25, soru 26 ve soru 27'nin) aritmetik ortalamasının 4.28 olması fen bilimleri öğretmen adaylarının

laboratuvar uygulama becerilerine yeterli düzeyde sahip olmadıkları şeklinde algılanmıştır. Ayrıca testte çok boyutlu biyoteknoloji okuryazarlığını irdeleyen üç sorunun (soru 5, soru 17 ve soru 21'nin) aritmetik ortalamasının da 0.90 olması fen bilimleri öğretmen adaylarının üst düzey düşünme becerileri kullanma, bilgi-toplum-çevre ilişkisini bilim tarihi çerçevesinde kurma yeteneklerine az oranda sahip oldukları şeklinde yorumlanmıştır. Biyoteknoloji okuryazarlığın alt boyutlarıyla ilgili veriler harmanlandığında fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlığın alt boyutlarında da yeterli olmadığı sonucu doğmaktadır.

Medikal biyoteknolojinin alt yapısını oluşturan teknikler olan PCR, FISH, RNA sekanslama, RISC, DNA jel elektroforez, DNA parmak izi ve genom düzenlemesi fen bilimleri öğretmen adaylarınca fazla tanınmamakta ve işlevleri de az oranda bilinmektedir.

Bu araştırma ile fen bilimleri öğretmen adaylarında bazı kavram yanlışları da tespit edilmiştir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının bazılarının 'bir genden sadece bir protein' üretilir ifadesi bazı öğretmen adaylarının potansiyel olarak bir genden daha fazla protein üretilmesini sağlayacak alternatif splicing (birleştirme) mekanizmasını bilmediklerini göstermektedir. Bunun yanında 'bir gen bir protein' hipotezinin doğru olduğunu düşünen fen bilimleri öğretmen adaylarının da aynı zamanda insan genom projesinin sonuçlarından habersiz oldukları düşünülmektedir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının bazılarında görülen diğer kavram yanlışları da şunlardır:

RNA'nın sadece üç çeşidi (mRNA, tRNA, rRNA) olduğunu zannetmeleri

Bütün DNA'ların sadece çift zincirden meydana geldiğini zannetmeleri

DNA'dan transkripsiyonla hemen mature (yetkin) mRNA oluştuğunu düşünmeleridir.

Bunlara ek olarak bazı fen bilimleri öğretmen adaylarının RNA'dan kesinlikle DNA elde edilemeyeceğini düşünmeleri bu adayların; retrovirüslerin (genomunda sadece RNA taşıyan) çoğalmaları için önemli olan, RNA'dan cDNA yapımında görev alan enzimden

(Reverse transkriptaz'dan) habersiz oldukları anlaşılmaktadır. Ayrıca bu kavram yanılığının potansiyel nedenlerinden biri de santral dogma mekanizmasında tek yönlü olan gösterilen (DNA \longrightarrow RNA) transkripsiyon kısmı olduğu zannedilmektedir. Bu kavram yanılığının giderilebilmesi için santral dogma mekanizmasının bazı özgün etkileşim durumlarında (retrovirüs-canlı konakçı hücre ilişkisi gibi) reverse transkripsiyon kısmını (RNA \longrightarrow DNA) da içerebileceği belirtilmelidir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük kısmı insan genomunda yer alan protein kodlama bölgesi ve kodlama yapmayan bölgelerin oranını bilmemekte olup genomun daha çok protein kodlayan bölgeden oluştuğunu zannetmektedir. Bu da fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük kısmının insan genom projesinin çıktılarından habersiz olduğunu göstermektedir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu genin ifade edilme düzeyini (ekspresyonunu) etkileyen ve gen regülasyonunda görev alan 3' UTR, 5' UTR, promoter, miRNA, siRNA gibi genom kaynaklı materyallerin varlığından ve işlevlerinden habersizdir. Fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük kısmı da biyoteknolojik çalışmalarda laboratuvarında kullanılan model organizmaların hangi canlılar olduğunu ve neden tercih edildiğini bilmemektedir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu transgenik organizma elde etme sürecinde kullanılan transformasyon ve transdüksiyon gibi işlemlerden habersizdir. Bu yöntemlerden haberdar olan fen bilimleri öğretmen adayları da transformasyon sürecinde yer alan genetik materyalin hücre içine alınmasını sağlayan tekniklerin (ısı şoku, elektroporasyon vb.) ne olduğunu ve bu tekniklerin uygulama şeklini bilme oranı oldukça düşüktür.

Hücre kansere yakalandığında ya da hücre içi işleyişte ciddi sıkıntılar yaşandığında hücre programlanmış kontrollü ölümü apoptozu tercih etmektedir. Apoptoz özellikle uzun süre yaşayan memelilerde istenmeyen ve gereksiz hücreleri doğal olarak elimine eden bir mekanizmadır bu sayede canlıda homeostasi sağlanmaktadır (Pfeffer & Singh, 2018). Fen

bilimleri öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu canlılar için önemli olan bu apoptoz kavramından da haberdar değildir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük kısmı gen ekspresyon seviyesini belirlemede ve proteinin hücre içinde yerleşim yerini bildirmede görev alan GFP ile etiketleme konusunda da habersizdir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu genom düzenlemede son zamanlamada çığır açan, hastalığa neden olan hatalı genleri doğru genle değiştirme ya da mutasyonu düzeltme olanağı sağlayan, bu durumda birçok genetik materyal kaynaklı hastalığı elimine edecek CRISPR- Cas9 sistemini ve bu sistemi dünyaya açıklayan Jennifer Doudna ve Emmanuelle Charpentier'i tanımamaktadır. CRISPR-Cas9 sisteminden haberdar olan fen bilimleri öğretmen adaylarının da CRISPR-Cas9 mekanizmasının çalışma şekillerini bilmeleri sınırlıdır. CRISPR- Cas9 sisteminin çoğu katılımcı tarafından bilinmemesi fen bilimleri öğretmen adaylarının güncel biyoteknolojik gelişmeleri takip etme düzeyinin yeterli olmadığını göstermektedir.

Bütün bu yukarıdaki veriler dikkate alındığında fen bilimleri öğretmen adaylarının nominal, fonksiyonel, prosedürel ve çok boyutlu okuryazarlıkta düşük seviye oldukları sonucunu doğurmaktadır.

Medikal biyoteknolojinin insan yaşamını birinci dereceden ilgilendiren bir disiplin olmasına rağmen bu disiplindeki uygulamalardan fen bilimleri öğretmen adaylarının düşük oranda bilgi sahibi olması üniversitelerde verilen Biyoloji 3 dersinin irdelenmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının testteki biyoteknoloji uygulama sorularından düşük puanlar elde etmesi üniversitelerde Biyoloji 3 dersinin ağırlıklı olarak teorik olarak işlendiği şeklinde yorumlanmıştır. Bu nedenle teorik biyoteknoloji bilgileri laboratuvar uygulamalarıyla da desteklenmelidir.

Son dönem biyoteknolojideki değişimleri takip edebilmek adına fen bilimleri öğretmen adayları pub-med, ncbi gibi internet siteleriyle tanıştırılmalıdır. Ayrıca adaylara biyoteknolojiyle ilgili makale, derleme makalesi (review) gibi inceleme ödevleri verilerek adayların biyoteknolojideki güncel değişimleri izlemeleri sağlanmalıdır.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlıklarının artırılması için üniversitelerdeki biyoteknoloji müfredatının modern biyoteknoloji uygulamalarını içerecek şekilde güncellenmesi ve ayrıca modern biyoteknoloji uygulamalarının öğretmen adaylarına laboratuvar temelli etkinlikler şeklinde verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Biyoteknoloji laboratuvar uygulamaları da özellikle DNA elektroforez, PCR, FISH, DNA parmak izi, DNA sekanslama, RNA sekanslama, transformasyon, transdüksiyon gibi elzem yöntemleri içermelidir. Bu durumda fen bilimleri aday öğretmenleri laboratuvar temelli etkinlikler sayesinde ilk elden deneyimler kazanacak, yaparak yaşayarak öğreneceklerdir. Biyoteknoloji öğretim programında güncel biyoteknolojik konuların yanı sıra biyoteknoloji ile ilgili sosyobilimsel konulara da yer verilmeli ve ayrıca öğretim programı fen bilimleri öğretmen adaylarına sosyobilimsel konuları tüm yönleriyle derinlemesine tartışma fırsatı da vermelidir. Biyoteknoloji dersi; fen bilimleri öğretmen adaylarına aktif öğrenme yaklaşımları olan probleme dayalı öğrenme, proje tabanlı öğrenme, sorgulamaya dayalı öğrenme, argümantasyona dayalı öğrenme, web tabanlı öğretim gibi stratejilerle sunulmalıdır.

Araştırmada elde edilen bulgular dikkate alındığında üniversitelerde fen bilgisi öğretmen adaylarına uygulanan mevcut programın biyoteknoloji kazanımları açısından yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca biyoteknoloji ile ilgili bu kazanımların, günlük yaşamdaki biyoteknolojik uygulamalarla da bağdaşmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle kazanımların güncellenmesiyle fen bilimleri öğretmen adaylarının çağdaş biyoteknoloji uygulamalarına yönelik farkındalıklarının artacağı öngörülmektedir. Ayrıca İngiltere'de bulunan Ulusal Biyoteknoloji Eğitimi Konseyi (NCBE), Biyoteknoloji ve Biyolojik Bilimler Araştırması (BBSRC), Tıbbi Araştırma Merkezi (MRC) ve SAPS gibi biyoteknoloji temelli kuruluşların Türkiye'de de kurulması gerekmektedir. Çünkü bu kuruluşlar hem

öğretmenlerin hem de öğrencilerin biyoteknoloji okuryazarlıklarını geliştirmelerine katkıda bulunmaktadır.

Biyoloji 3 dersi fen bilimleri öğretmen adaylarına sarmal program yaklaşımıyla sekiz döneme yayılmalıdır. Biyoloji 3 dersi, fen toplum çevre ilişkisi kurularak işlenmeli ayrıca dersin kazanımları biyoteknolojideki bilgi ve uygulamalardaki değişimleri yansıtacak şekilde dinamik olarak güncellenmelidir. Aynı zamanda bu durum alt öğretim kademeleri olan ortaokul ve lise müfredatı için de geçerli olmalıdır.

Biyoteknoloji güncel konu ve uygulamalarının sadece programa eklenmesi nitelikli bir biyoteknoloji eğitimi için yeterli görülmemektedir. Ayrıca üniversitelerdeki biyoteknoloji alan uzmanları, alan eğitimcileri, program geliştirmeciler bir araya gelip biyoteknoloji alanyazında ileri ülkelerin biyoteknoloji eğitim materyalleri inceleyerek güncel biyoteknoloji konu ve uygulamalarını kapsayan her öğretim kademesine yönelik ders kitapları hazırlamalıdır.

Teorik olarak biyoteknoloji açısından iyi yetişmiş donanımlı öğretmenlerin, öğrencilerin biyoteknolojik okuryazarlıklarının gelişmesine daha fazla katkı sağlayacağı düşünüldüğünden ilgili toplumda biyoteknolojiye dayalı ürün ve buluşun artacağı nihayetinde de ilgili toplumun ekonomik olarak da daha çok gelişeceği varsayılmaktadır.

Kaynaklar

- Açıkgül Fırat, E. (2015). *Web 2.0 araçlarıyla desteklenen öğretimin öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlıklarına etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). İnönü Üniversitesi, 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.
- Agaç, H. (2019). *Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının "Tarımsal Biyoteknoloji" Konusundaki Yapılandırılmış Deney Uygulamalarının Bilgi ve Tutumlarına Etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Aksoy Çağlar, F. (2012). *Lise Öğrencilerine Yönelik Model Bir Modern Biyoteknoloji - Tüketici Eğitimi Programının Geliştirilmesi ve Uygulanması* (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü, Ankara.
- Alanazi, F. H. (2023). Saudi students' and science teachers' knowledge of and attitudes towards biotechnology. *Journal of Biological Education*, 57(1), 196-213.
- Aman, Y., Schmauck-Medina, T., Hansen, M., Morimoto, R.I., Simon, A.K., Bjedov, I., Palikaras, K., Simonsen, A., Johansen, T., Tavernarakis, N., Rubinsztein, D. C., Partridge, L., Kroemer, G., Labbadia, J., & Fang E. F. (2021). Autophagy in healthy aging and disease. *Nature Aging*, 1(8), 634–650.
- Ansari, A. Z., Rosner, M. R., & Adler, J. (2011). Har Gobind Khorana 1922–2011. *Cell*, 147(7), 1433-1435.
- Arslankara, V. (2019). *Fen Bilgisi Eğitiminde Biyoteknolojinin Önemine Yönelik Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Görüşleri: Konya Örneği* (Yüksek lisans tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Arber, W., & Dussoix, D. (1962). Host specificity of DNA produced by Escherichia coli: I. Host controlled modification of bacteriophage λ . *Journal of molecular biology*, 5(1), 18-36.

- Arber, W., & Linn, S. (1969). DNA modification and restriction. *Annual review of biochemistry*, 38(1), 467-500.
- Arber, W. (1978). Restriction endonucleases. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 17(2), 73-79.
- Ashrafizadeh, S. N., & Seifollahi, Z. (2021). Trends in Biotechnology and Ties with Chemical Engineering. *Journal of Biotechnology and Biomedicine*, 4(4), 169-186.
- Atabaş, Ü. (2012). *A Study For Training And Raising Awareness Of Elementary School Students About Nanotechnology And Biotechnology Subjects* (Yüksek lisans tezi). Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Australia Education Council. (1994). *Science- A Curriculum Profile for Australian Schools*. Carlton, Australia. Curriculum Corporation.
- Aydoğmuş, O. (2013). *Ortaöğretim Biyoloji Dersinde Biyoteknoloji Konusunun laboratuvar Destekli Anlatılmasının Öğrencilerin Başarısı Üzerine Etkisi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Bachmann, R. T., Johnson, A. C., & Edyvean, R. G. (2014). Biotechnology in the petroleum industry: an overview. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 86, 225-237.
- Baker, M. (2011). The next step for the synthetic genome. *Nature*, 473(7347), 403-408.
- Barcelos, M. C., Lupki, F. B., Campolina, G. A., Nelson, D. L., & Molina, G. (2018). The colors of biotechnology: general overview and developments of white, green and blue areas. *FEMS microbiology letters*, 365(21), fny239.
- Barrangou, R., Fremaux, C., Deveau, H., Richards, M., Boyaval, P., Moineau, S., Romero, D.A., & Horvath, P. (2007). CRISPR provides acquired resistance against viruses in prokaryotes. *Science*, 315(5819), 1709-1712.
- Bartlett, J. M., & Stirling, D. (2003). A short history of the polymerase chain reaction. *PCR protocols*, 3-6.

- Bates, S. L., Zhao, J. Z., Roush, R. T., & Shelton, A. M. (2005). Insect resistance management in GM crops: past, present and future. *Nature biotechnology*, 23(1), 57-62.
- Baybura, O. A. (2019). *Türkiye'deki Biyoteknoloji Sektörünün Yapısı Ve İnovasyon Kapasitesinin Belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.
- Bhatia, S., & Goli, D. (2018). History, scope and development of biotechnology. *Introduction to Pharmaceutical Biotechnology*, 1, 1-61.
- Breedveld, F. C. (2000). Therapeutic monoclonal antibodies. *The Lancet*, 355(9205), 735-740.
- Borgerding, L. A., Sadler, T. D., & Koroly, M. J. (2013). Teachers' concerns about biotechnology education. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 133-147.
- Botstein, D., White, R. L., Skolnick, M., & Davis, R. W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American journal of human genetics*, 32(3), 314.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2016). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem A Yayıncılık.
- Bybee, R. W. (1997) *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*, Heinemann, Portsmouth, NH.
- Campbell, K. H., McWhir, J., Ritchie, W. A., & Wilmut, I. (1996). Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line. *Nature*, 380(6569), 64-66.
- 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.

- Cebesoy, U. B., & Öztekin, C. (2018). Genetics literacy: Insights from science teachers' knowledge, attitude, and teaching perceptions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 1247-1268.
- Chabalengula, V.M., Mumba, F., & Chitiyo, J. (2011a). American elementary education pre-service teachers' attitudes towards biotechnology processes. *International Journal of Environmental & Science Education* 6(4), 341-357.
- Chabalengula, V. M., Mumba, F., & Chitiyo, J. (2011b). Elementary education preservice teachers' understanding of biotechnology and its related processes. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 39(4), 321-325.
- Chalfie, M., Tu, Y., Euskirchen, G., Ward, W. W., & Prasher, D. C. (1994). Green fluorescent protein as a marker for gene expression. *Science*, 263(5148), 802-805.
- Chen, S. Y., & Raffan, J. (1999). Biotechnology: student's knowledge and attitudes in the LJK and Taiwan. *Journal of Biological Education*, 34(1), 17-23.
- Chen, S. Y., Chu, Y. R., Lin, C. Y., & Chiang, T. Y. (2016). Students' knowledge of, and attitudes towards biotechnology revisited, 1995–2014: Changes in agriculture biotechnology but not in medical biotechnology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 44(5), 475-491.
- Cohen, S. N., Chang, A. C., & Hsu, L. (1972). Nonchromosomal antibiotic resistance in bacteria: genetic transformation of *Escherichia coli* by R-factor DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 69(8), 2110-2114
- Cohen, S. N., Chang, A. C., Boyer, H. W., & Helling, R. B. (1973). Construction of biologically functional bacterial plasmids in vitro. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 70(11), 3240-3244.
- Cooper, D. N., Smith, B. A., Cooke, H. J., Niemann, S., & Schmidtke, J. (1985). An estimate of unique DNA sequence heterozygosity in the human genome. *Human genetics*, 69(3), 201-205.

- Craig, F. F., Coote, J. G., Parton, R., Freer, J. H., & Gilmour, N. J. L. (1989). A plasmid which can be transferred between *Escherichia coli* and *Pasteurella haemolytica* by electroporation and conjugation. *Microbiology*, 135(11), 2885-2890.
- Crick, F. (1970). Central dogma of molecular biology. *Nature*, 227(5258), 561-563.
- Çimen, S. Y. (2015). *Uygulamalı biyoteknoloji eğitiminin öğretmen ve öğretmen adaylarının biyoteknolojik algıları üzerine etkileri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Darçın, E. S. (2007). *Fen-teknoloji ve biyoloji öğretmen adayları için biyoteknoloji eğitiminin deneysel planlanması* (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Dawson, V., & Soames, C. (2006). The effect of biotechnology education on Australian high school students' understandings and attitudes about biotechnology processes. *Research in Science & Technological Education*, 24(2), 183-198.
- De la Hoz, M. C. (2015). *Biotechnology literacy of future teachers: A new educational approach*. Doctoral dissertation, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- 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.
- Demirci, M. (2017) *Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Konusunun Öğretiminde 8. Sınıf Öğrencileri İçin Dersin Deneysel Planlanması* (Yüksek lisans tezi). Kafkas Üniversitesi, Kars.
- Dereli, F. (2022). *9. Sınıf Ortaöğretim Biyoloji Ders Kitabı*. Ez-De Yayınları.
- Dityatkin, S. Y., Lisovskaya, K. V., Panzhava, N. N., & Iliashenko, B. N. (1972). Frozen-thawed bacteria as recipients of isolated coliphage DNA. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Nucleic Acids and Protein Synthesis*, 281(3), 319-323.

- Doğru, M. S. (2010). *İlköğretim 8. Sınıf Öğrencilerinin Biyoteknoloji İle İlgili Yaklaşımları Ve Bilgi Seviyelerinin Ölçülmesi* (Yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniveristesi, Kastamonu.
- Dua, M., Singh, A., Sethunathan, N., & Johri, A. (2002). Biotechnology and bioremediation: successes and limitations. *Applied microbiology and biotechnology*, 59(2-3), 143-152.
- Dussoix, D., & Arber, W. (1962). Host specificity of DNA produced by Escherichia coli: II. Control over acceptance of DNA from infecting phage λ . *Journal of molecular biology*, 5(1), 37-49.
- Ebel, R.L., & Frisbie, D.A. (1991). *Essentials of Educational Measurement*. 5th Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Echko, M., & Dozier, S. (2010). Recombinant antibody technology for the production of antibodies without the use of animals. *AltTox*. September, 15.
- Elmore, S. (2007). Apoptosis: a review of programmed cell death. *Toxicologic pathology*, 35(4), 495-516.
- Erdogan, M., Özel, M., Uşak, M., & Prokop, P. (2009). Development and validation of an instrument to measure university students' biotechnology attitude. *Journal of Science Education and Technology*, 18, 255-264.
- Erdogan, M., Ozel, M., BouJaoude, S., Lamanaskas, V., Usak, M., & Prokop, P. (2012). Assessment of preservice teachers' knowledge and attitudes regarding biotechnology: a cross-cultural comparison. *Journal of Baltic Science Education*, 11(1), 78-93.
- Eş, N. E. (2010). *Biyoteknolojik Gıdaların Kullanımı Bağlamında İlköğretim Öğrencilerinin Sürdürülebilir Tüketim Tercihlerinin Proje Tabanlı Öğrenme Yaklaşımıyla Oluşturulması* (Yüksek lisans tezi). Muğla Üniversitesi, Muğla.

- Fiedler, S., & Wirth, R. (1988). Transformation of bacteria with plasmid DNA by electroporation. *Analytical biochemistry*, 170(1), 38-44.
- Finotello, F., & Di Camillo, B. (2015). Measuring differential gene expression with RNA-seq: challenges and strategies for data analysis. *Briefings in functional genomics*, 14(2), 130-142.
- Fire, A., Xu, S., Montgomery, M. K., Kostas, S. A., Driver, S. E., & Mello, C. C. (1998). Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. *nature*, 391(6669), 806-811.
- Fraenkel, J., Wallen, N., & Hyun, H.H. (2012). *How to design and evaluate research in education*. (8th ed.). McGraw Hill.
- Gall, J. G., & Pardue, M. L. (1969). Formation and detection of RNA-DNA hybrid molecules in cytological preparations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 63(2), 378-383.
- Gatehouse, A. M. R., Ferry, N., Edwards, M. G., & Bell, H. A. (2011). Insect-resistant biotech crops and their impacts on beneficial arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1569), 1438-1452.
- Gerard, G. F., Fox, D. K., Nathan, M., & D'alessio, J. M. (1997). Reverse transcriptase. *Molecular biotechnology*, 8(1), 61.
- Gibbs, R. A. (2020). The human genome project changed everything. *Nature Reviews Genetics*, 21(10), 575-576.
- Gibson, B., Wilson, D. J., Feil, E., & Eyre-Walker, A. (2018). The distribution of bacterial doubling times in the wild. *Proceedings of the Royal Society B*, 285(1880), 20180789.
- Gibson D. G., Benders G. A., Andrews-Pfannkoch C., Denisova E. A., Baden-Tillson H., Zaveri J., Stockwell T. B., Brownley A., Thomas D. W., Algire M. A., Merryman C., Young L., Noskov V. N., Glass J. I., Venter J. C., Hutchison C. A. 3rd, & Smith, H.

- O. (2008). Complete chemical synthesis, assembly, and cloning of a *Mycoplasma genitalium* genome. *science*, 319(5867), 1215-1220.
- Gibson D. G., Glass J. I., Lartigue C., Noskov V. N., Chuang R. Y., Algire M. A., Benders G. A., Montague M. G., Ma L., Moodie M. M., Merryman C., Vashee S., Krishnakumar R., Assad-Garcia N., Andrews-Pfannkoch C., Denisova E. A., Young L., Qi Z. Q., Segall-Shapiro T. H., Calvey C. H., Parmar P. P., Hutchison C. A. 3rd, Smith H. O., & Venter, J. C. (2010). Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. *science*, 329(5987), 52-56.
- Gleditzsch, D., Pausch, P., Müller-Esparza, H., Özcan, A., Guo, X., Bange, G., & Randau, L. (2019). PAM identification by CRISPR-Cas effector complexes: diversified mechanisms and structures. *RNA biology*, 16(4), 504-517.
- Godbey, W. T. (2014). DNA Fingerprinting. An Introduction to Biotechnology, 323–329. doi:10.1016/b978-1-907568-28-2.00015-0
- Gürkan, G. (2013). *Fen bilgisi öğretmen adayları ve öğretmenlerinin biyoteknoloji ve genetik mühendisliği bilgi düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından karşılaştırılması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Hafeez, U., Gan, H. K., & Scott, A. M. (2018). Monoclonal antibodies as immunomodulatory therapy against cancer and autoimmune diseases. *Current opinion in pharmacology*, 41, 114-121.
- Hin, K. K., Yasin, R. M., & Amin, L. (2019). Systematic review of secondary school biotechnology teaching. *International Research Journal of Education and Sciences*, 3(2), 39-49
- Horowitz, N. H. (1995). One-gene-one-enzyme: Remembering biochemical genetics. *Protein Science*, 4(5), 1017-1019.
- International Human Genome Sequencing Consortium. (2004). Finishing the euchromatic sequence of the human genome. *Nature*, 431(7011), 931-945.

- Jackson, N. A., Kester, K. E., Casimiro, D., Gurunathan, S., & DeRosa, F. (2020). The promise of mRNA vaccines: a biotech and industrial perspective. *npj Vaccines*, 5(1), 1-6.
- Jeffreys, A. J., Wilson, V., & Thein, S. L. (1992). Hypervariable 'minisatellite' regions in human DNA. 1985. *Biotechnology (Reading, Mass.)*, 24, 467-472.
- Jeffreys, A. J., Wilson, V., & Thein, S. L. (1985a). Hypervariable 'minisatellite' regions in human DNA. *Nature*, 314(6006), 67-73.
- Jeffreys, A. J., Wilson, V., & Thein, S. L. (1985b). Individual-specific 'fingerprints' of human DNA. *Nature*, 316(6023), 76-79.
- Kampourakis, K., Reydon, T. A., Patrinos, G. P., & Strasser, B. J. (2014). Genetics and society—educating scientifically literate citizens: introduction to the thematic issue. *Science & Education*, 23, 251-258.
- Karlapudi, A. P., Venkateswarulu, T. C., Tammineedi, J., Kanumuri, L., Ravuru, B. K., ramu Dirisala, V., & Kodali, V. P. (2018). Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution-a review. *Petroleum*, 4(3), 241-249.
- Kaya, H. (2015). *Fen bilgisi öğretmenlerinin gözüyle biyoteknoloji öğretimi*, (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Kelly Jr, T. J., & Smith, H. O. (1970). A restriction enzyme from *Hemophilus influenzae*: II. Base sequence of the recognition site. *Journal of Molecular Biology*, 51(2), 393-409.
- Kidman, G. (2009). Attitudes and interests towards biotechnology: the mismatch between students and teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 5(2), 135-143.
- Kim, B., Kim, H. M., Kang, M. K., Sohn, D. H., & Han, S. J. (2020). 5'-UTR and ORF elements, as well as the 3'-UTR regulate the translation of Cyclin. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 527(4), 968-973.

- Klebe, R. J., & Bentley, K. L. (1987). Chemically mediated cell fusion. In *Methods of Hybridoma Formation* (pp. 77-96). Humana Press.
- Klop, T., & Severiens, S. (2007). An exploration of attitudes towards modern biotechnology: A study among Dutch secondary school students. *International Journal of Science Education, 29*(5), 663-679.
- Klop, T., Severiens, S. E., Knippels, M. C. P., van Mil, M. H., & Ten Dam, G. T. (2010). Effects of a science education module on attitudes towards modern biotechnology of secondary school students. *International Journal of Science Education, 32*(9), 1127-1150.
- 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.
- Komor, A. C., Badran, A. H., & Liu, D. R. (2017). CRISPR-based technologies for the manipulation of eukaryotic genomes. *Cell, 168*(1), 20-36.
- Korenblit, J. (2006). Biotechnology innovations in developing nations. *Biotechnology Healthcare, 3*(1), 55.
- Krug, M. S., & Berger, S. L. (1987). First-strand cDNA synthesis primed with oligo (dT). *Methods in enzymology, 152*.
- Kruyer, N. S., & Peralta-Yahya, P. (2017). Metabolic engineering strategies to bio-adipic acid production. *Current opinion in biotechnology, 45*, 136-143.
- Köhler, G., & Milstein, C. (1975). Continuous cultures of fused cells secreting antibody of predefined specificity. *nature, 256*(5517), 495-497
- Lamanauskas, V., & Makarskaitė-Petkevičienė, R. (2008). Lithuanian university students' knowledge of biotechnology and their attitudes to the taught subject. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 4*(3), 269-277.

- Lander, E. S., Linton, L. M., Birren B., Nusbaum, C., Zody, M. C., Baldwin, J., Devon, K., Dewar, K., Doyle, M., FitzHugh, W., Funke, R., Gage, D., Harris, K., Heaford, A., Howland, J., Kann, L., Lehoczky, J., LeVine, R., McEwan, P., ... & Szustakowki, J. (2001). Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature*, *409*(6822), 860-921.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*, *28*(4), 563-575.
- LePecq, J. B., & Paoletti, C. (1967). A fluorescent complex between ethidium bromide and nucleic acids: physical—chemical characterization. *Journal of molecular biology*, *27*(1), 87-106.
- Levy, S., Sutton, G., Ng, P. C., Feuk, L., Halpern, A. L., Walenz, B. P., Axelrod, N., Huang, J., Kirkness, E. F., Denisov, G., Lin Y., MacDonald, J. R., Pang, A. W., Shago, M., Stockwell, T. B., Tsiamouri, A., Bafna, V., Bansal, V., Kravitz, S. A., ... & Venter, J. C. (2007). The diploid genome sequence of an individual human. *PLoS biology*, *5*(10), e254.
- Li, J., & Zhang, Y. (2014). Relationship between promoter sequence and its strength in gene expression. *The European physical journal E*, *37*, 1-6.
- Liu, X. Y., Pop, L. M., & Vitetta, E. S. (2008). Engineering therapeutic monoclonal antibodies. *Immunological reviews*, *222*(1), 9-27.
- MacRae, I. J., Zhou, K., Li, F., Repic, A., Brooks, A. N., Cande, W. Z., Adams, P. D., & Doudna, J. A. (2006). Structural basis for double-stranded RNA processing by Dicer. *Science*, *311*(5758), 195-198.
- Mercadante, A. A., Dimri, M., & Mohiuddin, S. S. (2019). Biochemistry, replication and transcription.

- Miller, J. F., Dower, W. J., & Tompkins, L. S. (1988). High-voltage electroporation of bacteria: genetic transformation of *Campylobacter jejuni* with plasmid DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85(3), 856-860.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2006). *İlköğretim Fen ve Teknoloji Dersi (6, 7 ve 8. sınıflar) Öğretim Programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2018a). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı*. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325>
- Milli Eğitim Bakanlığı (2018b). *Ortaöğretim Biyoloji Dersi Öğretim Programı*. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=361>
- Mu, X. J., Lu, Z. J., Kong, Y., Lam, H. Y., & Gerstein, M. B. (2011). Analysis of genomic variation in non-coding elements using population-scale sequencing data from the 1000 Genomes Project. *Nucleic acids research*, 39(16), 7058-7076.
- Muik, A., Wallisch, A. K., Sanger B., Swanson, K. A, Muhl, J., Chen, W., Cai, H., Maurus, D., Sarkar, R., Tureci, . , Dormitzer, P. R., & ahin, U. (2021). Neutralization of SARS-CoV-2 lineage B. 1.1. 7 pseudovirus by BNT162b2 vaccine–elicited human sera. *Science*, 371(6534), 1152-1153.
- Mullis, K. B., & Faloona, F. A. (1987). Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalyzed chain reaction. In *Methods in enzymology* (Vol. 155, pp. 335-350). Academic Press.
- Muniz, C. C., Zelaya, T. E. C., Esquivel, G. R., & Fernandez, F. J. (2007). Penicillin and cephalosporin production: A historical perspective. *Revista Latinoamericana de Microbiologıa*, 49(3-4), 88-98.
- Nguyen, D. V., & Rocke, D. M. (2002). Tumor classification by partial least squares using microarray gene expression data. *Bioinformatics*, 18(1), 39-50.

- Nam, D. K., Lee, S., Zhou, G., Cao, X., Wang, C., Clark, T., Chen, J., Rowley, J. D., & Wang, S. M. (2002). Oligo (dT) primer generates a high frequency of truncated cDNAs through internal poly (A) priming during reverse transcription. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(9), 6152-6156.
- NRC (National Research Council). (1996). *National science education standards*. Washington DC, National Academy Press.
- Orhan, T.Y. (2019). *Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknolojiye İlişkin Laboratuvar Deneyimlerine Yenilikçi Öğretim Yaklaşımlarının Etkisi* (Doktora tezi). Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Öcal, E. (2012). *İlköğretim fen bilgisi öğretmenlerinin biyoteknoloji (genetik mühendisliği) farkındalık düzeyleri*, (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Özel, M., Erdogan, M., Usak, M., & Prokop, P. (2009). High School Students' Knowledge and Attitudes regarding Biotechnology Applications. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 9(1), 321-328.
- Öztürk Akar, E. (2017). Turkish university students' knowledge of biotechnology and attitudes toward biotechnological applications. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45(2), 115-125.
- Pas, M., Vogrinc, J., Raspor, P., Udovč Knežević, 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 *Omics technologies and bio-engineering* (pp. 449-469). Academic Press.
- Peterson, P. L., Baker, E., & McGaw, B. (2010). *International encyclopedia of education*. Elsevier Ltd..

- Pfeffer, C. M., & Singh, A. T. (2018). Apoptosis: a target for anticancer therapy. *International journal of molecular sciences*, 19(2), 448.
- Pray, L. (2008). Restriction enzymes. *Nature education*, 1(1), 38.
- Rafeeq, H., Afsheen, N., Rafique, S., Arshad, A., Intisar, M., Hussain, A., Bilal, M., & Iqbal, H. M. (2023). Genetically engineered microorganisms for environmental remediation. *Chemosphere*, 310, 136751.
- RajBhandary, U. L. (2011). Har Gobind Khorana (1922–2011). *Nature*, 480(7377), 322-322..
- Robinton, D. A., & Daley, G. Q. (2012). The promise of induced pluripotent stem cells in research and therapy. *Nature*, 481(7381), 295-305.
- Rota, G., & Izquierdo, J. (2003). " Comics" as a tool for teaching biotechnology in primary schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, 6(2), 85-89.
- Roy, B., M Haupt, L., & R Griffiths, L. (2013). Alternative splicing (AS) of genes as an approach for generating protein complexity. *Current genomics*, 14(3), 182-194.
- Rudkin, G. T., & Stollar, B. D. (1977). High resolution detection of DNA–RNA hybrids in situ by indirect immunofluorescence. *Nature*, 265(5593), 472-473.
- Saad, R. (2005, April). Discovery, development, and current applications of DNA identity testing. In *Baylor University Medical Center Proceedings* (Vol. 18, No. 2, pp. 130-133). Taylor & Francis.
- Saidi, T., & Sigauke, E. (2017). The use of Museum Based Science Centres to Expose Primary School Students in Developing Countries to Abstract and Complex Concepts of Nanoscience and Nanotechnology. *Journal of Science Education and Technology*, 26(5), 470-480.
- Schleicher, A. (2019). PISA 2018: Insights and interpretations. *oecd Publishing*.

- Schneider, C. L. (2021). Bacteriophage-mediated horizontal gene transfer: transduction. *Bacteriophages: biology, technology, therapy*, 151-192.
- Segers, V. F., & Lee, R. T. (2008). Stem-cell therapy for cardiac disease. *Nature*, 451(7181), 937-942.
- Sıcaker, A. (2013). *Biyoteknoloji ve Gen Mühendisliği Konusunda Ortaöğretim öğrencilerine Yönelik Rasch Analizi ile Ölçek Geliştirme* (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir
- Sigmon, J., & Larcom, L. L. (1996). The effect of ethidium bromide on mobility of DNA fragments in agarose gel electrophoresis. *Electrophoresis*, 17(10), 1524-1527.
- Singh, B. N., Gupta, V. K., Chen, J., & Atanasov, A. G. (2017). Organic nanoparticle-based combinatory approaches for gene therapy. *Trends in biotechnology*, 35(12), 1121-1124.
- Soğukpınar, R. (2019). *Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Genetik Ve Biyoteknolojiye Yönelik Tutumlarının İncelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Sorgo, A., & Ambrozis-Dolinsek, J. (2009). The relationship among knowledge of, attitudes toward and acceptance of genetically modified organisms (GMOs) among Slovenian teachers. *Electronic Journal of Biotechnology*, 12(4), 1-2.
- Soysal, T. (2021). Crispr Genom Düzenleme Teknolojileri: Patentlenebilirlikleri ve Covid-19 Salgınında Kullanımı. *Adalet Dergisi*, (66), 227-292.
- Sönmez, E. (2014). *Müfredat dışı biyoteknoloji etkinliklerinin öğrencilerin biyoteknoloji bilgilerine ve bilimin doğası hakkındaki görüşlerine etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu.
- Stretton, S., Techkarnjanaruk, S., McLennan, A. M., & Goodman, A. E. (1998). Use of green fluorescent protein to tag and investigate gene expression in marine bacteria. *Applied and environmental microbiology*, 64(7), 2554-2559.

- Sürmeli, H. (2008). *Üniversite Öğrencilerinin Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Çalışmaları ile İlgili Tutum, Bilgi ve Biyoetik Görüşlerinin Değerlendirilmesi* (Doktora tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Şentürk, P. (2009). *Öğretmen ve Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji ile İlgili Temel Terim ve Kavramları Anlama ve Algılamalarının Araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Taj, M. K., Samreen, Z., Ling, J. X., Taj, I., Hassan, T. M., & Yunlin, W. (2014). Escherichia coli as a model organism. *International Journal of Engineering Research and Science and Technology*, 3(2), 1-8.
- Takahashi, K., & Yamanaka, S. (2006). Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *cell*, 126(4), 663-676.
- Takahashi, K., Tanabe, K., Ohnuki, M., Narita, M., Ichisaka, T., Tomoda, K., & Yamanaka, S. (2007). Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors. *cell*, 131(5), 861-872.
- Thieman, W. J. (2009). *Introduction to biotechnology*. 4th ed. Pearson Education India
- Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2014). *Introduction to biotechnology*. (3th ed.). Pearson Education Limited.
- Trontelj, K., Ušaj, M., & Miklavčič, D. (2010). Cell electrofusion visualized with fluorescence microscopy. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (41), e1991.
- Truong, K., Gibaud, A., Dupont, J. M., Guilly, M. N., Soussaline, F., Dutrillaux, B., & Malfoy, B. (2003). Rapid prenatal diagnosis of Down syndrome using quantitative fluorescence in situ hybridization on interphase nuclei. *Prenatal Diagnosis: Published in Affiliation With the International Society for Prenatal Diagnosis*, 23(2), 146-151.
- Turan, M., & Koç, I. (2012). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji Uygulamalarına Yönelik Tutumları. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(2), 74-83.

- Uşak, M., Erdogan, M., Prokop, P., & Ozel, M. (2009). High school and university students' knowledge and attitudes regarding biotechnology: A Turkish experience. *Biochemistry and molecular biology education*, 37(2), 123-130.
- Van Der Zande, P., Waarlo, A. J., Brekelmans, M., Akkerman, S. F., & Vermunt, J. D. (2011). A knowledge base for teaching biology situated in the context of genetic testing. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2037-2067.
- 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.
- Venter, J. C., Adams, M. D., Myers, E. W., Li, P. W., Mural, R. J., Sutton, G. G., Smith, H. O., Yandell, M., Evans, C. A., Holt, R. A., Gocayne, J. D., Amanatides, P., Ballew, R. M., Huson, D. H., Wortman, J. R., Zhang, Q., Kodira, C. D., Zheng, X. H., Chen, L., ... & Zhu, X. (2001). The sequence of the human genome. *science*, 291(5507), 1304-1351.
- Vuran, F. E. (2019). *Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Etkinliklerinin Öğrencilerin Başarı, Tutum ve Öz Değerlendirmeleri Üzerine Etkisi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Watson, J. D., Baker, T. A., Gann, A., Bell, S. P., Levine, M., & Losick, R. M., Harrison, S. C. (2013). *Molecular biology of the gene*. (Seventh Edition). Pearson Education.
- Wheeler, D. A., Srinivasan, M., Egholm, M., Shen, Y., Chen, L., McGuire, A., He, W., Chen, Y. J., Makhijani, V., Roth, G. T., Gomes, X., Tartaro, K., Niazi, F., Turcotte, C. L., Irzyk, G. P., Lupski, J. R., Chinault, C., Song, X. Z., Liu, Y., ... & Rothberg, J. M. (2008). The complete genome of an individual by massively parallel DNA sequencing. *nature*, 452(7189), 872-876.
- Wieacker, P., & Steinhard, J. (2010). The prenatal diagnosis of genetic diseases. *Deutsches Aerzteblatt International*, 107(48), 857.

- Winter, S., & Bill, T. (2022). The future of genetic engineering in biotechnology. *J Appl Biotechnol Bioeng*, 9(1), 1-3.
- Wolinsky, H. (2007). The thousand-dollar genome: Genetic brinkmanship or personalized medicine?. *EMBO reports*, 8(10), 900-903.
- Wong, J. K., Mohseni, R., Hamidieh, A. A., MacLaren, R. E., Habib, N., & Seifalian, A. M. (2017). Will nanotechnology bring new hope for gene delivery? *Trends in biotechnology*, 35(5), 434-451.
- Woodward, R. (2009). *The organisation for economic co-operation and development* (OECD). Routledge.
- Wu, Y., Liang, D., Wang, Y., Bai, M., Tang, W., Bao, S., Yan, Z., Li, D., & Li, J. (2013). Correction of a genetic disease in mouse via use of CRISPR-Cas9. *Cell stem cell*, 13(6), 659-662
- Wyman, A. R., & White, R. (1980). A highly polymorphic locus in human DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 77(11), 6754-6758.
- Yeung, A. W. K., Tzvetkov, N. T., Gupta, V. K., Gupta, S. C., Orive, G., Bonn, G. K., ... & Atanasov, A. G. (2019). Current research in biotechnology: exploring the biotech forefront. *Current Research in Biotechnology*, 1, 34-40.
- Yüce, Z. (2011). *Fen Bilgisi Öğretmenliği Öğrencilerinin Biyoteknolojik Konusundaki Bilgileri ve Biyoteknoloji Uygulamalarına Yönelik Bioetik Yaklaşımları: Tutum, Görüş ve Değer Yargıları* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yüksek Öğretim Kurumu (2018, May 30). *Yeni Öğretmen Yetiştirme Lisans Programları*. <https://www.yok.gov.tr/kurumsal/idari-birimler/egitim-ogretim-dairesi/yeni-ogretmen-yetistirme-lisans-programlari>
- Zhang, P., Wu, W., Chen, Q., & Chen, M. (2019). Non-coding RNAs and their integrated networks. *Journal of integrative bioinformatics*, 16(3).

- Zhang, S., Shen, J., Li, D., & Cheng, Y. (2021). Strategies in the delivery of Cas9 ribonucleoprotein for CRISPR/Cas9 genome editing. *Theranostics*, 11(2), 614.
- Zhang, Y. (2013). RNA-induced Silencing Complex (RISC). *Encyclopedia of Systems Biology*, 1876–1876. doi:10.1007/978-1-4419-9863-7_329
- Zimmer, M. (2002). Green fluorescent protein (GFP): applications, structure, and related photophysical behavior. *Chemical reviews*, 102(3), 759-782.
- Zimmer, M. (2009). GFP: from jellyfish to the Nobel prize and beyond. *Chemical Society Reviews*, 38(10), 2823-2832.
- Zimmerman, S. B., Little, J. W., Oshinsky, C. K., & Gellert, M. (1967). Enzymatic joining of DNA strands: a novel reaction of diphosphopyridine nucleotide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 57(6), 1841-1848

EK-A: Veri Toplama Aracı**Taslak Biyoteknoloji Okuryazarlık Testi (40 Soruluk)**

S1. Sizce kaç çeşit RNA vardır.

- a) 1 b) 2 c) 3 d)4 e) 5 ve daha fazla

S2.DNA'nın kendisini eşlemesi olayının adı nedir?

- I- Replikasyon
II- Duplikasyon
III- Transkripsiyon
IV- Translasyon

- b) Yalnız 1 b) Yalnız 2 c)1, 2 d)1,2,3 e) 1,3,4

S3. RNA dan DNA elde edilebilir mi? Evet (a) Hayır (b)

S4.Reverse transkriptaz enziminin fonksiyonu(işlevi) nedir?

- a)DNA dan tek zincirli DNA üretilmesini sağlar.
b) DNA dan çift zincirli DNA üretilmesini sağlar.
c)RNA dan tek zincirli DNA üretilmesini sağlar.
d)RNA dan çift zincirli DNA üretilmesini sağlar
e) DNA'dan mRNA üretilmesini sağlar.

S5. İnsan genomun ortalama yüzde kaçından mevcut proteinlerimiz üretilmektedir?

- a) % 1.5 b) % 15 c) % 30 d) % 75 e) %100

S6. Bir canlıda bulunan DNA miktarının fazla olması o canlının gelişmiş olduğunu gösterir.

- D (a) Y (b)

S7.

1. İsim kökeni bakterilerden gelir.
2. Yalnızca virüslerde bulunur.
3. DNA dizisini herhangi bir nükleotidten rastgele keserler.
4. Yalnızca Genetik mühendisliği uygulamalarında kullanılır.
5. İşlevi ayrık iki DNA zincirini birbirine bağlamaktır.

Yukarıda yazılan ifadelerden hangisi Restriksyon enzimi için yanlıştır.

a) 2,3 b)1,2,3,4 C)1,2,3,5 d)2,3,4,5 e)1,2,3,4,5

S8. DNA → DNA → RNA → Protein

Yukarıdaki olay aşağıdaki seçeneklerin hangisinde sırasıyla belirtilmiştir?

- a) transkripsiyon, replikasyon, translasyon
- b) translasyon, transkripsiyon, replikasyon
- c) replikasyon, transkripsiyon, translasyon
- d) replikasyon, translasyon, transkripsiyon
- e) transkripsiyon, translasyon, replikasyon

S9. İnsan genomun ortalama yüzde kaç gen regülasyonundan sorumlu, protein-kodlamayan bölgeden oluşur?

a) % 98 b) % 75 c) % 35 d) % 20 e) % 1.5

S10.

1. Ökaryotlarda transkripsiyon sırasında sadece ekzonlar üretilir.
2. Ökaryotlarda Olgunlaşmamış pre-mRNA da hem intronlar hem ekzonlar bulunur.
3. Ökaryotlarda çekirdek zarından sitoplazmaya geçmiş mRNA da sadece intronlar bulunur.
4. 3' UTR içindeki nükleotidler translasyonda amino asit şifrelerler.
5. 5' UTR içindeki nükleotidler translasyonda amino asit şifrelerler.
6. Promoter dizisi protein sentezi için gerekli start kodonunu içerir.

Yukarıda yazılan ifadelerden hangisi ökaryotlar için yanlıştır?

a) 1,3,6 b)1,3,4,6 C)1,2,3,5 d)1,3,4,5 e)1,3,4,5,6

S11. Enver, Kader ve Ender bir üniversitenin moleküler biyoloji ve genetik departmanında çalışan üç araştırmacıdır. Bu araştırmacılar insülin hormonunu bakteride seri bir şekilde üretme istemektedirler. Sizce aşağıdakilerden hangi sırayı takip ederlerse bu emellerine ulaşabilirler?

- I. Transgenik bakterinin 37 °C de petri kabındaki besiyerde çoğaltılması
- II. Transgenik bakteriden purifikasyonla insülin proteini çıkarılması

- III. İnsülin geni, genomik DNAdan restriksiyon enzimi ile kesilmeli
- IV. Plazmid restriksiyon enzimi ile kesilip, plazmide insülin geni ilave edilmeli
- V. İnsülin geni yüklenmiş plazmidin bakteriye aktarılması

a) 3,4,5,2,1 b) 1,2,5,3,4 c)4,5,3,1,2 d)5,1,2,3,4 e)3,4,5,1,2

S12. Bir DNA molekülünü laboratuvar ortamında çoğaltmak isteyen Dane Hanım aşağıdakilerden hangisini kullanmalıdır?

- a) agorose jel b) dna jel elektroforez c)elektrospektrofotometri d)pcr e) santrifüjleme

S13. Sinir hücrelerinin kendisini nasıl yenilediğini moleküler olarak görmek isteyen bir araştırmacı öncelikle hangi canlı organizmayı model olarak almalıdır?

- a) E.coli b) şapkalı mantar c) maya d) Drosophila melanogaster (meyve sineği) e) zebra balığı

S14. Elindeki geni seri olarak çoğaltmak isteyen bir araştırmacı biyoteknolojide öncelikle hangi organizmayı seçmelidir?

- a) E.coli b) şapkalı mantar c) maya d) Drosophila melanogaster (meyve sineği) e) zebra balığı

S15. Drosophila melanogasterde (meyve sineği) DScam geninden en fazla kaç çeşit protein üretir?

- a) Yalnız 1 b) 10 c) 18.016 d)38.016 e) 48.016

S16. Yasemin ve Fatma bir üniversitenin moleküler biyoloji ve genetik departmanında çalışan iki araştırmacıdır. Yasemin inceleme altındaki gen ile ilgili bazı ifadeler kullanmıştır. Bu ifadelerden hangisi en doğru açıklamadır.

- a) Bu genden en fazla bir çeşit protein elde edilir. Çünkü 1 gen sadece 1 protein çeşidini kodlar.
- b) Bu genden bir çok protein üretilebilir bunun da nedeni post transkripsiyonel mekanizmalardaki intronların hepsinin translasyona gönderilmesidir.
- c) Bu genden birçok protein çeşidi üretilebilir bunda nedeni alternatif splicingdir.

d) Bu genden birçok protein çeşidi üretilebilir bunun da nedeni post translasyonel mekanizmalardır.

e) Bu genin hepsi protein kodlamayan dna dizisinden oluşur.

S17. Erkan ve Ali adlı iki çiftçi İç Anadolu bölgesinin topraklarına buğday ekmişlerdir. Bu çiftçilerin o yıl ektikleri buğdayların büyük kısmı topraktaki tuzlaşmadan ölmüştür. Bu çiftçilere yardım etmek isteyen bir biyoteknoloji uzmanı tuza dayanıklı buğday ekini oluşturmak istemektedir sizce aşağıdaki uygulamalardan hangisini yapması en doğru olur?

- a) Tuza dayanıklılık genini doğrudan buğday tanesine naklederek.
- b) Tuza dayanıklılık genini oda sıcaklığında buğday tohumun sitoplazmasına göndererek
- c) Tuza dayanıklılık genini plazmide yükleyip – 4 C de buğday tanesine göndererek
- d) Tuza dayanıklılık genini içeren plazmidi, ısı şoku ile buğday tohumuna göndererek
- e) Tuza duyarlılık genini içeren plazmidi, 70 C de buğday tohumuna göndererek

S18. Bir üniversitenin moleküler biyoloji ve genetik departmanında çalışan iki araştırmacı tuzlu bölgede yaşayabilen bir bitkinin, tuza tolerans genlerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadırlar. İşlem basamakları hangi sıra ile olmalıdır?

- 1- Bitkinin tüm mRNA larını izole etmek
- 2- Bitkinin tüm tRNA larını izole etmek
- 3- Bitkinin tüm rRNAlarını izole etmek
- 4- DNA polimeraz enzimi ve PCR yardımı ile tek zincirli cDNA library (kütüphanesi) yapmak
- 5- Reverse transkriptaz enzimi ve PCR yardımı ile çift zincirli cDNA library (kütüphanesi) yapmak
- 6- RNA polimeraz enzimi ve PCR yardımı ile tek zincirli cDNA library (kütüphanesi) yapmak
- 7- DNA polimeraz enzimi ve PCR yardımı ile çift zincirli cDNA library (kütüphanesi) yapmak
- 8- Her bir geni homolog rekombinasyon yöntemi ile bir plazmide yüklemek

S21. Moleküler Biyoloji ve Genetik Uzmanı Dr. Gazi Bey, şeker hastaları için insülin üreten bir fabrikada çalışmaktadır. Yalnız şirket yıllık üretilen insülin miktarını yeterli bulmamakta ve insülin üretiminde kullanılan model organizmayı da değiştirmeyi düşünmemektedir. Dr Gazi bey nasıl bir çözüm yolu bulursa model organizma değişmeksizin insülin üretimini kolay bir şekilde artırabilir?

- a) Genin 3' Utr kısmını değiştirerek
- b) Genin 5' Utr kısmını değiştirerek
- c) başka bir canlıdan alınan insülin genini, model organizmada bulunan insülin geni ile değiştirerek
- d) genin promoter kısmını zayıf bir promoterla değiştirerek
- e) genin promoter kısmını güçlü bir promoterla değiştirerek

S22. Dr. Ali bey haftasonları dinlenmek için köydeki çiftlik evine gitmektedir. Bir hafta sonu Ali bey çiftlikte yalnızken dışarıdan ses geldiğini duyar ve dışarı çıkar. Dışarı çıktığında maalesef hırsızlık yapan insanlar tarafından vurulacaktır. Hırsızlar; Ali beyin cesedini arazinin yan tarafına bırakırken o esnada esen güçlü rüzgarın etkisiyle olay yerindeki dut ağacının yaprakları da hırsızların kamyonetine düşecektir. Ali beyin cesedi ertesi günün sabahı köylülerce bulunacak ve polise bildirilecektir. Adli tıp uzmanı cesedi incelerken, ölünün tırnağında veya boynunda yabancı bir hücreye rastlamamıştır. Deneyimli bir dedektif olan Erdal bey olay yerini incelerken arazideki teker izlerinden akşam saatlerinde burada bir kamyonetin olabileceğini düşünmektedir. Bu nedenle köydeki tüm kamyonetlerin incelenmesi emri vermiştir. Kamyonetleri incelerken bazılarının kasalarında dut yaprakları görmüştür. Erdal bey'in aklına birden olay yerindeki dut ağacı gelmiştir. O nedenle 4-5 kamyonet sahibini şüpheli olarak belirlemiştir. Bazı kamyonet sahiplerinin "Biz çiftçiyiz tabi ki kamyonetimizde dut yaprağı olabilir, nerden belli bu dut yapraklarının Ali beyin arazisindeki dut ağacı olduğu belki bizim bahçemizdeki dut ağacındandır" demişlerdir. Bu ifadeler üzerine Erdal bey, adli tıp uzmanı ile iletişime geçmiştir. Sizce adli tıp uzmanı bu denklemi nasıl çözecektir?

- a)CRISPR b)FISH c)DNA parmak izi d)Doku mühendisliği e) RISC

S23. Dr. Lena hanım babaannesini kanserden kaybettiğinden kanserle ilgili çalışmaları aktif bir şekilde yakından takip etmektedir. Okuduğu bir makalede hastaların kemoterapi için aldığı bir çok ilacın kanserli hücrelerin içine geçmekte zorlandığını ya da geçse bile büyük kısmının hücre zarındaki proteinlerce tekrar hücre dışarısına gönderildiğini anlatmaktadır. Dr. Lena hanım kanserli hücrelerde aşırı miktarda ifade edilen böylelikle kanserli hücreleri koruyan bu hücre zarı proteinlerin, önüne geçilmesi için başlangıçta bu proteinlerin şifrelerini verecek olan mRNA larının yok edilmesini gerektiğini düşünmektedir. Sizce Dr Lena hanım hangi yöntemi kullanmalıdır?

- a) PCR b) DNA parmak izi c) DNA jel elektroforez d) FISH e) RISC

S24. Çağdaş öğretmen öğrencilerine: Bir dağa tırmandığınızı hayal edin, bu dağın tepesinde 200 milyon yıllık buzulun olduğunu düşünün, buzulun içinde de 200 milyon yıl öncesine ait bir sinek olduğunu varsayınız. Bu sineğin geçmişte potansiyel olarak dinazorlardan da kan emdiğini düşünüyorsunuz öncelikle sinekte bulunan dinazora ait hücrenin DNA'sını nasıl çıkarırsınız? Ve hangi yöntemle dinazorun DNA'sını çoğaltırsınız?

- 1- Hidrofilik maddeyle dinazorun hücre zarını ve çekirdek zarını eritirim.
- 2- Deterjanla dinazorun hücre zarını ve çekirdek zarını eritirim.
- 3- Hücre zarı ve çekirdek zarı eridikten sonra DNA serbest kalsın diye proteinaz enzimini eklerim
- 4- Hücre zarı ve çekirdek zarı eridikten sonra DNA serbest kalsın diye nükleaz enzimini eklerim
- 5- Hücre zarı ve çekirdek zarı eridikten sonra DNA serbest kalsın diye lipaz enzimini eklerim
- 6- Solüsyonda DNA'nın çözünürlüğünü engellemek için tuz ve etanol eklerim
- 7- Solüsyonda DNA'nın çözünürlüğünü engellemek için lipit eklerim.
- 8- Solüsyonda artık çözünmeyen pellet DNA'yı tuzlardan ayırmak etanol ile yıkarım.
- 9- Solüsyonda artık çözünmeyen pellet DNA'yı lipitten ayırmak için yağ parçalayacak enzim eklerim.

10- Solüsyonu santrifüjleyip; pellet (topak) dna dışında diğer kısımları pipetle uzaklaştırırım böylelikle saf dinazor dnasını elde etmiş olurum.

a) 2,4,7,9,10 b)1,3,6,8,10 c)2,4,6,8,10 d)1,5,7,9,10 e)2,3,6,8,10

S25. Normalde aşağıdaki canlılardan hangisi DNA'larındaki düzenli aralıklarla kümelenmiş palindromik tekrar dizi sistemini kullanarak virüslere karşı savunma sistemi oluşturmaktadır?

a) Hayvanlar b) bitkiler c)mantarlar d) protistalar e) bakteriler

S26. Düzenli aralıklarla kümelenmiş palindromik tekrar dizi sistemi ve onunla entegre olmuş proteinin biyoteknoloji uygulamalarındaki genel amacı hangisidir?

a) Mutasyon meydana getirmek b)Modifikasyon oluşturmak c) inversiyonu düzenlemek d) translokasyonu teşvik etmek e) genom düzenlenmesi yapmak

S27. Organizmadaki kusurlu genin düzgün genle yer değiştirmesine imkan verebilen (in vitro) ayrıca genomun nükleotidlerinde eklemeler ve çıkarmalar yaparak istenmeyen genleri elimine edebilen (knock out) genetik mühendisliği uygulaması hangisidir?

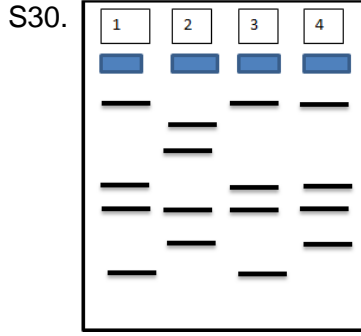
a) DNA elektroforez b) RISC c) CRISPR d) PCR e)FISH

S28. Ökaryot organizmalarda hücre içinde herhangi bir etmen sonucu DNA iki zincirinden birden kırılırsa, hücre içindeki DNA tamir sistemi kırılan iki ucunu hangi yöntemle birleştirirse mutasyon görülme olasılığı en düşük olur.

a) NHEJ b)HDR c)FISH d)DNA elektroforez e) Ligaz

S29. 2020 Nobel kimya ödülü alan ve genom düzenlemesinde çığır açacak yöntemi keşfeden bilim insanları kimlerdir?

- a) Aziz sancar- Gazi Yaşargil
- b) Emmanuelle Charpentier- Jennifer Doudna
- c) Reinhard Genzel – Andrea Gehz
- d) Louise Glück- Abiy Ahmed Ali
- e) James Watson-Francis Crick



Bir markette hırsızlık olayı gerçekleşmiştir. Polis olay yerinde saç numuneleri bulunmuştur. Polis olayla ilgili 3 şüpheliyi tutuklamıştır. Polis olayı çözmek için adli tıp uzmanından yardım istemiştir. Adli tıp uzmanı olay yerinden elde ettiği DNA'yı 1 numaralı kuyuya koymuştur. 1. Şüpheliden elde edilen DNA 2 numaralı kuyuya, 2. Şüpheliden elde edilen DNA 3 numaralı kuyuya, 3. Şüpheliden elde edilen DNA ise 4 numaralı kuyuya eklenmiştir. Gel analizi sonucu yukarıdaki sonuç elde edildiğine göre hırsızlığa hangi şüpheli veya şüpheliler katılmıştır?

- a) Yalnız 1 b) yalnız 2 c) yalnız 3 d) 2 ve 3 e) 1 ve 2

S31. 1-Restriksiyon enzimi

a) yapıştırma enzimi

2-ligaz

b) hidrojen bağlarını koparan enzim

3- helikaz

c) DNA'yı kesen enzim

4-nükleaz

d) makas enzimi

Yukarıdaki eşleşmelerden hangisi doğrudur.

- a) 1, a; 2,c; 3,d; 4,b b) 1, d; 2,a; 3,c; 4,b c) 1, b; 2,d; 3,a; 4,c d) 1, d; 2,a; 3,b; 4,c
e) 1, c; 2,a; 3,d; 4,b

S32. Model organizmanın savunma sisteminden elde edilen cas 9 enzimi aşağıdaki nükleotid dizilerinden hangisini tanımaya özgüdür?

- a) PAM b) intron c) ekzon d) 3'UTR e) 5'UTR

S33. Petrol çıkarma ve işleme sektöründe çevre mühendisi olarak çalışan Erkan Bey, denizde bulunan petrol çıkarma ve rafineri işleminin gerçekleştiği kuyuların yanından haftalık su numuneleri almakta ve bunların içeriklerini de düzenli olarak laboratuvar ortamında analiz etmektedir. Son 4 haftalık analiz sonuçlarına göre 2 numaralı kuyunun

yanından alınan numunelerde ham petrolün saflaştırılmasında kullanılan kimyasal maddelere ve onların türevlerine rastlamıştır. 13 numaralı kuyunun yanındaki numunelerde ise deniz suyuna ham petrol karıştığını tespit etmiştir. Erkan bey çevre zarar görmeden aşağıdaki öncüllerden hangisi veya hangileri yerine getirirse, deniz ekosistemi; deniz suyuna karışmış ham petrolden ve ham petrolün saflaştırılmasında kullanılan kimyasallardan arınmış olur?

1-Biyoremediasyon işlemleri yapılmalı

2. MEOR işlemi yapılmalı

3- Deniz suyuna ham petrolü saflaştırmada kullanılan kimyasalları çözecek başka kimyasalların eklenmesi

4- Petrol kuyularına biyodesülfürasyon, biyodenitrojenasyon, biyodemetalasyon, biyotransformasyon yapabilecek mikroorganizmalar eklenmeli

5- Deniz suyuna ham petrolü çözebilecek surfaktanlar eklenmeli.

6- Deniz suyuna ham petrolü çözebilecek bakterilerden elde edilen biosurfaktanlar eklenmeli

7- Böylelikle petrol damlacıkları suda yaşayan bazı bakteriler tarafından kolaylıkla parçalanabilir, dolayısıyla sucul ekosistem zarar görmez.

8-Böylelikle petrol damlacıkları suda kendiliğinden doğal olarak yok olur, dolayısıyla sucul ekosistem zarar görmez.

a)1,2,4,6,7 b) 1,3,5,8 c) 1,4,6,7,8 d)1,4,6,7 e) 2,4,6,7

S34. Singh ve arkadaşları (2017) yılında yazmış oldukları makalede: “Tasarlanmış organik nanoparçacıklar yardımıyla, gen ve tedavi edici maddelerin taşınıp hücrelere gönderilmesiyle genetik kaynaklı veya genetik kökenli olmayan hastalıkların iyileştirilmesinin sağlanabileceğini” bildirmişlerdir (Singh et al., 2017). Singh ve arkadaşları (2017) makalelerindeki bir figürde “Organik nanopartikül bazlı birleşimin, kanserli hücrenin DNA’sına hasar vererek hücrede apoptoza neden olabileceğini” göstermişlerdir (Singh et al., 2017). Apoptozdan kast edilen aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Hücrede otofaji meydana gelmesi
- b) Kanserli Hücrenin DNA'sının yerine, plazmidle hücreye doğru DNA'nın gönderilmesi
- c) DNA da mutasyona uğramış nükleotidlerin düzeltilmesi
- d) Hatalı genin doğru genle değiştirilip, gen terapisiyle hücrenin DNA'sının tamir edilmesi
- e) Kontrollü programlanmış hücre ölümü

S35. Bir ülkede yapılan araştırmada, tarımda çok sayıda insektisit kullanıldığı ve bu kullanımın çiftçilere yönelik önemli bir maliyete neden olduğu saptanmıştır. Biyoteknoloji uzmanları tarımdaki bu maliyeti azaltmak için bitki tohumlarına; belli bir bakteriden alacakları, böcekler için de toksisiteye neden olacak geni transfer etmek istemektedir. Teorik olarak bitki ekinleri böcekler için dirençli olacak ve bitkinin ürünleri böceklerden etkilenmeyecek bu durumda insektisit kullanımına gerek kalmayacaktır. Biyoteknoloji uzmanları böceğe dirençli transgenik bitki üretebilmek için gıda ve tarım bakanlığından izin almak istemektedir. Bakanlık komisyonunda ruhsat verilmesine ilişkin aşağıdaki görüşler beyan edilmiştir. Bu görüşlerden hangisi veya hangileri bilimsel olarak uygundur?

- I. Transgenik bitkiye hemen ruhsat verilmeli çünkü maliyeti düşürmektedir
- II. Bu konu doğası gereği sosyobilimsel bir durumdur.
- III. Sonuçta genetiği değiştirilmiş bir organizma üretilmektedir dolayısıyla hiçbir test yapılmadan direk reddedilmelidir.
- IV. Transgenik ürünler insanlar tarafından kullanılmadan önce genomu insana çok benzeyen canlılar tarafından tüketilmeli ve transgenik ürünlerin bu canlılardaki etkileri ayrıntılı rapor edilmelidir.
- V. Transgenik ürünleri kullanan deney grubundaki organizmalarla ve transgenik ürünleri kullanmayan kontrol grubundaki organizmalar arasında değişkenler açısından anlamlı bir farkın olup olmadığına bakılmalıdır. Deney grubunda olumsuz durumla karşılaşan birey sayısı az ise ihmal edilebilir.

VI. Ekosistemde bu insektisit geninin hedef olmayan böcekler üzerinde etkisi var mıdır? Ve bu durum besin piramidindeki trofik düzeyleri olumsuz etkilemekte midir? Bu olgular irdelenmelidir.

a)1,2,4,5,6 b) yalnız 3 c) 4,5,6 d)2,4,6 e)2,4,5,6

S36. Erkan ve Dane adlı iki araştırmacı kök hücre terapisiyle ilgili birçok makale okumuşlardır. Makalelerin çoğunda dışarıdan verilen kök hücrelerin nörodejenaratif, kardiyovasküler, gastrointestinal ve renal problemleri ortadan kaldırdığı belirtilmektedir. Erkan ve Dane eleştirel düşünmeyi etkin olarak kullanan iki bilim insanı olmalarından bu hastalıkların gerçekten dışarıdan verilen kök hücrelerden mi iyileştiğini yoksa vücudun kendi ürettiği hücre ya da kök hücre hattından mı düzeldiğini merak etmektedir. Bu iki bilim insanı aşağıdakilerden hangisini yaparlarsa iyileşmenin dışsal kaynaklı kök hücreden kaynaklandığını ispat etmiş olur?

- a) Hasta organizmaya radyoaktif aminoasit verilirse
- b) Hasta organizmaya işaretli karbon verilirse
- c) Kök hücre genomuna GFP geni eklenirse
- d) Kök hücre sitoplazmasına radyoaktif protein eklenirse
- e) Hasta organizmaya işaretli fosfat verilirse

S37. Aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri biyoteknolojiyle üretilebilir?

- I. Aşı
- II. Antibiyotik
- III. İnterferon
- IV. Antikor

a) 2,3,4 b)2,4 c) yalnız 4 d)1,2,3,4 e) 3,4

S38. Genetik araştırmalara çok meraklı olan Ali bey, aşağıdaki sitelerden hangisine erişim sağlarsa biyoteknoloji alanındaki bilgilere, medikal alanda yapılan çalışmalara, organizmaların genomlarına, genomların nükleotid sekanslarına, protein dizilimlerine ulaşabilir?

a) ncbi b)pub-med c)orf-finder d)gene-bank e) blast

S39. Erkan ve Ali adlı iki araştırmacı laboratuvar çalışmaları sırasında kanserli hücrelerde çok fazla ifade edilen bir proteine rastlamışlardır. Araştırmacılar bu proteinin aminoasit dizilimini ortaya çıkardıktan sonra o proteine şifre veren olası DNA nükleotid dizisini belirlemişlerdir. Bu iki araştırmacı ellerindeki DNA dizisini veri tabanında yer alan DNA dizileriyle karşılaştırmakta ve nükleotid benzerliklerini ortaya çıkarmaya çalışmaktadırlar. Böylelikle Ellerindeki DNA dizilerin istatikselsel olarak canlılardaki hangi DNA dizisiyle yüzde kaç olarak benzeştiği ortaya çıkarılmış olacaktır. Yukarıda anlatılan DNA'ları hizalama ve benzerlikleri bulma işlemini yapan biyoinformatik programın adı nedir?

- a) ncbi b) pub-med c) orf-finder d) gene-bank e) blast

S40. Genetik mühendisi olan Ali bey ve ekibi, (1) ncellikle bakterilere virüsler aracılığıyla gen transfer etmişlerdir. Sonrasında bu bakteriler besiyerde çoğaltılıp plazmidleri izole edilmiştir. (2) İzole plazmidlerde başka bakterilerin sitoplazmalarına gönderilmiştir. Dışsal kökenli plazmid kazanan bu bakteriler başka bakterilerin bulunduğu besi ortamına konulmuştur. (3) Transgenik bakterilerle besi ortamındaki bakteriler arasında sitoplazmik köprü kurulmuştur. Böylelikle transgenik bakteriden, besin ortamında bulunan bakteriye plazmid geçişi olmuştur. Yukarıdaki numaralı yerler aşağıdaki olaylardan hangisine denk gelmektedir.

- | <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> |
|-------------------|----------------|----------------|
| a) Transdüksiyon | Transformasyon | konjugasyon |
| b) Transdüksiyon | Konjugasyon | Transformasyon |
| c) Konjugasyon | transformasyon | transdüksiyon |
| d) Transformasyon | transdüksiyon | konjugasyon |
| e) Transformasyon | konjugasyon | transdüksiyon |

BİYOTEKNOLOJİ OKURYAZARLIK TESTİ (32 SORU)

S.1) Sizce kaç çeşit RNA vardır?

a)1 b) 2 c) 3 d)4 e) 5 ve daha fazla

S.2) RNA'dan DNA elde edilebilir mi? Evet (a) Hayır (b)

S.3)Reverse transkriptaz enziminin fonksiyonu (işlevi) nedir?

a)DNA'dan tek zincirli DNA üretilmesini sağlar.

b) DNA'dan çift zincirli DNA üretilmesini sağlar.

c)RNA'dan tek zincirli DNA üretilmesini sağlar.

d)RNA'dan çift zincirli DNA üretilmesini sağlar

e) DNA'dan mRNA üretilmesini sağlar.

S.4) İnsan genomun ortalama yüzde kaçından mevcut proteinlerimiz üretilmektedir?

a)% 1.5 b) % 15 c) % 30 d) % 75 e) %100

S.5) Bir canlıda bulunan DNA miktarının fazla olması o canlının gelişmiş olduğunu gösterir.

D (a) Y (b)

S.6)

1. İsim kökeni bakterilerden gelir.

2. Yalnızca virüslerde bulunur.

3. DNA dizisi, herhangi bir Nükleotitten rastgele kesilir.

4. Yalnızca Genetik mühendisliği uygulamalarında kullanılır.

5. İşlevi ayırık iki DNA zincirini birbirine bağlamaktır.

Yukarıda yazılan ifadelerden hangisi Restriksiyon enzimi için yanlıştır.

a)2,3 b)1,2,3,4 C)1,2,3,5 d)2,3,4,5 e)1,2,3,4,5

S.7) DNA → DNA → RNA → Protein

Yukarıdaki olay aşağıdaki seçeneklerin hangisinde sırasıyla belirtilmiştir?

a)Transkripsiyon,Replikasyon,Translasyon

b)Translasyon,Transkripsiyon,Replikasyon

c)Replikasyon,Transkripsiyon,Translasyon

d)Replikasyon,Translasyon,Transkripsiyon

e)Transkripsiyon,Translasyon,Replikasyon

S.8) İnsan genomun ortalama yüzde kaçını gen regülasyonundan sorumlu, protein-kodlamayan bölgeden oluşur?

a)% 98 b) % 75 c) % 35 d) % 20 e) % 1.5

S.9)

1. Ökaryotlarda transkripsiyon sırasında sadece ekzonlar transkribe edilir.

2. Ökaryotlardaki olgunlaşmamış pre-mRNA'da hem intronlar hem ekzonlar bulunur.

3. Ökaryotlarda çekirdek zarından sitoplazmaya geçmiş mRNA'da sadece intronlar bulunur.

4. 3' UTR içindeki nükleotidler translasyonda amino asit şifrelerler.

5. 5' UTR içindeki nükleotidler translasyonda amino asit şifrelerler.

6. Promoter dizisi protein sentezi için gerekli start kodonunu içerir.

Yukarıda yazılan ifadelerden hangisi ökaryotlar için yanlıştır?

a)1,3,6 b)1,3,4,6 C)1,2,3,5 d)1,3,4,5 e)1,3,4,5,6

S.10) Enver, Kader ve Ender bir üniversitenin Moleküler Biyoloji ve Genetik departmanında çalışan üç araştırmacıdır. Bu araştırmacılar insülin hormonunu bakteride seri bir şekilde üretmek istemektedirler. Sizce aşağıdakilerden hangi sırayı takip ederlerse bu emellerine ulaşabilirler?

I. Transgenik bakterinin 37 0C'de petri kabındaki besiyerde çoğaltılması

II. Transgenik bakteriden purifikasyonla insülin proteini çıkarılması

III. İnsülin geni genomik DNA'dan PCR ile çoğaltılır. PCR ürünü vektör ile uyumlu Restriksiyon enzimi ile kesildikten sonra plazmide insert edilmesi.

IV. Plazmidrestriksiyon enzimi ile kesilip plazmide insülin geni ilave edilmesi.

V. İnsülin geni yüklenmiş plazmidin bakteriye aktarılması

a)3,4,5,2,1 b) 1,2,5,3,4 c)4,5,3,1,2 d)5,1,2,3,4 e)3,4,5,1,2

S.11) Bir DNA dizisini laboratuvar ortamında çoğaltmak isteyen Dane Hanım, aşağıdakilerden hangisini kullanmalıdır?

a) agarosejel b) dna jel elektroforez c) elektrospektrofotometri d) pcr e) santrifüjleme

S.12) Sınır hücrelerinin kendisini nasıl yenilediğini moleküler olarak görmek isteyen bir araştırmacı öncelikle hangi canlı organizmayı model olarak almalıdır?

a) E.coli b) şapkalı mantar c) maya d) Drosophila melanogaster (meyve sineği) e) zebra balığı

S.13) Elindeki geni seri olarak çoğaltmak isteyen bir araştırmacı Biyoteknolojide öncelikle hangi organizmayı seçmelidir?

a) E.coli b) şapkalı mantar c) maya d) Drosophila melanogaster (meyve sineği) e) zebra balığı

S.14) Yasemin ve Fatma, bir üniversitenin Moleküler Biyoloji ve Genetik departmanında çalışan iki araştırmacıdır. Yasemin, inceleme altındaki gen ile ilgili bazı ifadeler kullanmıştır. Bu ifadelerden hangisi en doğru açıklamadır?

a) Bu genden en fazla bir çeşit protein elde edilir. Çünkü 1 gen sadece 1 protein çeşidini kodlar.

b) Bu genden birçok protein üretilebilir bunun da nedeni post transkripsiyonel mekanizmalardaki intronların hepsinin translasyona gönderilmesidir.

c) Bu genden birçok protein çeşidi üretilebilir bunun da nedeni alternatif splicingdir.

d) Bu genden birçok protein çeşidi üretilebilir bunun da nedeni post translasyonel mekanizmalardır.

e) Bu genin hepsi, protein kodlamayan DNA dizisinden oluşur.

S.15) Erkan ve Ali adlı iki çiftçi, İç Anadolu Bölgesi'nin topraklarına buğday ekmişlerdir. Bu çiftçilerin o yıl ektikleri buğdayların büyük kısmı, topraktaki tuzlaşmadan ölmüştür. Bu çiftçilere yardım etmek isteyen bir Biyoteknoloji uzmanı, tuza dayanıklı buğday ekini oluşturmak istemektedir. Sizce aşağıdaki uygulamalardan hangisini yapması en doğru olur?

a) Tuza dayanıklılık genini doğrudan buğday tanesine naklederek

b) Tuza dayanıklılık genini oda sıcaklığında buğday tohumun Sitoplazmasına göndererek

c) Tuza dayanıklılık genini Plazmide yükleyip – 4 C’de buğday tanesine göndererek

d) Tuza dayanıklılık genini içeren Plazmidi, ısı şoku ile buğday tohumuna göndererek

e) Tuza duyarlılık genini içeren Plazmidi, 70 C’de buğday tohumuna göndererek

S.16) Hamileliğin erken dönemlerinde bebeğinin Down Sendromlu olup olunmadığından şüphelenilen bir anneye aşağıdaki yöntemlerden hangisi yapılırsa 21. Kromozomların Problemlerle birleşmesi sonucu etrafa yayılan ışık sayısından bebeğinin Down Sendromlu olup olmadığı ortaya çıkmış olur?

a) DNA gel elektroforez b) RNA gel elektroforez c) FISH d) RFLP e) CRISPR

S.17) Prof. Dr. Ali Bey, mide kanserine sahip bireylerde hücre içinde hangi genlerin fazla (eksprese) olduğunu ifade edildiğini ortaya çıkarmak istemiştir. Amacı mide kanserinde hücre içinde aşırı eksprese olan gen veya genleri bulmak, bu gen ya da genleri de mide kanseri için Marker (indikatör) olarak kullanmaktır. Bu nedenle mide kanserine yakalanmış çok sayıda farklı bireylerin mide hücreleri incelenecektir. Yukarıdaki araştırmacı, mide hücrelerinde hangi gen veya genlerin daha fazla ifade edildiğini tüm genomu kapsayacak şekilde ve hızlıca görmek isterse hangi yöntemi kullanmalıdır?

a) FISH b) PCR c) DNA elektroforez d) CRISPR e) RNA sekanslama

S.18) Moleküler Biyoloji ve Genetik Uzmanı Dr. Gazi Bey, şeker hastaları için insülin üreten bir fabrikada çalışmaktadır. Yalnız şirket yıllık üretilen insülin miktarını yeterli bulmamakta ve insülin üretiminde kullanılan model organizmayı da değiştirmeyi düşünmemektedir. Dr. Gazi Bey nasıl bir çözüm yolu bulursa model organizma değişmeksizin insülin üretimini kolay bir şekilde artırabilir?

a) Genin 3' Utr kısmını değiştirerek

b) Genin 5' Utr kısmını değiştirerek

c) Başka bir canlıdan alınan insülin genini, model organizmada bulunan insülin geni ile değiştirerek

d) Genin promoter kısmını zayıf bir promoterla değiştirerek

e) Genin promoterkısmını güçlü bir promoterla değiştirerek

S.19) Dr. Ali Bey, hafta sonları dinlenmek için köydeki çiftlik evine gitmektedir. Bir hafta sonu Ali Bey, çiftlikte yalnızken dışarıdan ses geldiğini duymuş ve dışarı çıkmıştır. Dışarı çıktığında hırsızlık yapan insanlar tarafından vurulmuştur. Hırsızlar; Ali Bey'in cesedini arazinin yan tarafına bırakırken o esnada esen güçlü rüzgârın etkisiyle olay yerindeki dut ağacının yaprakları da hırsızların kamyonetine düşmüştür. Ali Bey'in cesedi ertesi günün sabahı köylülerce bulunmuş ve polise bildirilmiştir. Adli tıp uzmanı, cesedi incelerken ölünün tırnağında veya boynunda yabancı bir hücreye rastlamamıştır. Deneyimli bir dedektif olan Erdal Bey, olay yerini incelerken arazideki teker izlerinden akşam saatlerinde burada bir kamyonetin olabileceğini düşünmektedir. Bu nedenle köydeki tüm kamyonetlerin incelenmesi emrini vermiştir. Kamyonetleri incelerken bazılarının kasalarında dut yaprakları görmüştür. Erdal Bey'in aklına birden olay yerindeki dut ağacı gelmiştir. O nedenle bazı kamyonet sahiplerini şüpheli olarak belirlemiştir. Belirlenen kamyonet sahiplerinin, "Biz çiftçiyiz, tabi ki kamyonetimizde dut yaprağı olabilir. Nereden belli bu dut yapraklarının Ali Bey'in arazisindeki dut ağacından olduğu, belki bizim bahçemizdeki dut ağacındandır." demişlerdir. Bu ifadeler üzerine Erdal Bey, adli tıp uzmanı ile iletişime geçmiştir. Sizce adli tıp uzmanı bu denklemi nasıl çözecektir?

a)CRISPR b)FISH c)DNA parmak izi d)Doku mühendisliği e) RISC

S.20) Dr. Lena Hanım, babaannesini kanserden kaybettiğinden kanserle ilgili çalışmaları aktif bir şekilde yakından takip etmektedir. Okuduğu bir makalede hastaların kemoterapi için aldığı birçok ilacın kanserli hücrelerin içine geçmekte zorlandığını ya da geçse bile büyük kısmının hücre zarındaki proteinlerce tekrar hücre dışına gönderildiğini anlatmaktadır. Dr. Lena Hanım, kanserli hücrelerde aşırı miktarda ifade edilen böylelikle kanserli hücreleri koruyan bu hücre zarı proteinlerin önüne geçilmesi için başlangıçta bu proteinlerin şifrelerini verecek olan mRNA'larının yok edilmesini gerektiğini düşünmektedir. Sizce Dr. Lena Hanım, hangi yöntemi kullanmalıdır?

a)PCR b) DNA parmak izi c) DNA jel elektroforez d) FISH e) RISC

S.21) Normalde aşağıdaki canlılardan hangisi DNA'larındaki düzenli aralıklarla kümelenmiş palindromik tekrar dizi sistemini kullanarak virüslere karşı savunma sistemi oluşturmaktadır?

- a) hayvanlar b) bitkiler c) mantarlar d) protistalar e) bakteriler

S.22) Organizmadaki kusurlu genin düzgün genle yer değiştirmesine imkan verebilen (in vitro) ayrıca genomun nükleotidlerinde eklemeler ve çıkarmalar yaparak istenmeyen genleri elimine edebilen (knockout) genetik mühendisliği uygulaması hangisidir?

- a) DNA elektroforez b) RISC c) CRISPR d) PCR e) FISH

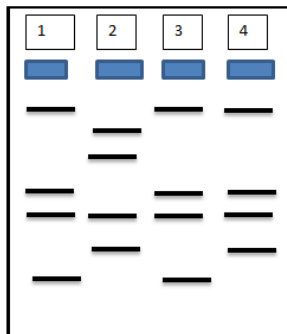
S.23) Ökaryot organizmalarda hücre içinde herhangi bir etmen sonucu DNA iki zincirinden birden kırılırsa, hücre içindeki DNA tamir sistemi kırılan iki ucunu hangi yöntemle birleştirirse mutasyon görülme olasılığı en düşük olur?

- a) NHEJ b) HDR c) FISH d) DNA elektroforez e) Ligaz

S.24) 2020 Nobel Kimya Ödülü alan ve Genom düzenlemesinde çığır açacak yöntemi keşfeden bilim insanları kimlerdir?

- a) Aziz Sancar- Gazi Yaşargil
b) Emmanuelle Charpentier- Jennifer Doudna
c) Reinhard Genzel- Andrea Gehz
d) Louise Glück- Abiy Ahmed Ali
e) James Watson- Francis Crick

S.25)



Bir markette hırsızlık olayı gerçekleşmiştir. Polis, olay yerinde saç numuneleri bulunmuştur. Polis, olayla ilgili 3 şüpheliyi tutuklamıştır. Polis, olayı çözmek için adli tıp uzmanından yardım istemiştir. Adli tıp uzmanı olay yerinden elde ettiği DNA'yı 1 numaralı kuyuya koymuştur. 1. Şüpheliden elde edilen DNA, 2 numaralı kuyuya; 2. Şüpheliden elde

edilen DNA, 3 numaralı kuyuya; 3. Şüpheliden elde edilen DNA ise 4 numaralı kuyuya eklenmiştir. Jel analizi sonucu yukarıdaki sonuç elde edildiğine göre hırsızlığa hangi şüpheli veya şüpheliler katılmıştır?

a) Yalnız 1 b) yalnız 2 c) yalnız 3 d) 2 ve 3 e) 1 ve 2

S.26) 1-Restriksiyon enzimi

a) yapıştırma enzimi

2-ligaz

b) hidrojen bağlarını koparan enzim

3- helikaz

c)DNAyı kesen enzim

4-nükleaz

d) makas enzimi

Yukarıdaki eşleşmelerden hangisi doğrudur.

a)1, a; 2,c; 3,d; 4,b b)1, d; 2,a; 3,c; 4,b c)1, b; 2,d; 3,a; 4,c d)1, d; 2,a; 3,b; 4,c

e)1, c; 2,a; 3,d; 4,b

S.27) Model organizmanın savunma sisteminden elde edilen cas 9 enzimi aşağıdaki nükleotid dizilerinden hangisini tanımaya özgüdür?

a)PAM b)intron c)ekzon d)3'UTR e)5'UTR

S.28) Singh ve arkadaşları, 2017 yılında yazmış oldukları makalede: "Tasarlanmış organik nanoparçacıklar yardımıyla, gen ve tedavi edici maddelerin taşınıp hücrelere gönderilmesiyle genetik kaynaklı veya genetik kökenli olmayan hastalıkların iyileştirilmesinin sağlanabileceğini" bildirmişlerdir (Singh et al., 2017).Singh ve arkadaşları (2017) makalelerindeki bir figürde "Organik Nanopartikül bazlı birleşimin, kanserli hücrenin DNA'sına hasar vererek hücrede Apoptoz'a neden olabileceğini" göstermişlerdir. (Singh et al., 2017) Apoptoz'dan kast edilen aşağıdakilerden hangisidir?

a)Hücrede Otofaji meydana gelmesi

b)Kanserli hücrenin DNA'sının yerine, Plazmid ile hücreye doğru DNA'nın gönderilmesi

c)DNA da mutasyona uğramış nükleotidlerin düzeltilmesi

d)Hatalı genin doğru genle değiştirilip gen terapisiyle hücrenin DNA'sının tamir edilmesi

e)Kontrollü programlanmış hücre ölümü

S.29) Bir ülkede yapılan araştırmada tarımda çok sayıda insektisit kullanıldığı ve bu kullanımın çiftçilere yönelik önemli bir maliyete neden olduğu saptanmıştır. Biyoteknoloji uzmanları, tarımdaki bu maliyeti azaltmak için bitki tohumlarına belli bir bakteriden alacakları, böcekler için de toksisiteye neden olacak geni transfer etmek istemektedir. Teorik olarak bitki ekinleri böceklerle dirençli olacak ve bitkinin ürünleri böceklerden etkilenmeyecek, bu durumda insektisit kullanımına gerek kalmayacaktır. Biyoteknoloji uzmanları böceğe dirençli Transgenik bitki üretebilmek için gıda ve tarım bakanlığından izin almak istemektedir. Bakanlık komisyonunda ruhsat verilmesine ilişkin aşağıdaki görüşler beyan edilmiştir. Bu görüşlerden hangisi veya hangileri bilimsel olarak uygundur?

I. Transgenik bitkiye hemen ruhsat verilmeli çünkü maliyeti düşürmektedir
 II. Bu konu doğası gereği Sosyobilimsel bir durumdur.
 III. Sonuçta genetiği değiştirilmiş bir organizma üretilmektedir dolayısıyla hiçbir test yapılmadan direk reddedilmelidir.

IV. Transgenik ürünler insanlar tarafından kullanılmadan önce genomu insana çok benzeyen canlılar tarafından tüketilmeli ve Transgenik ürünlerin bu canlılardaki etkileri ayrıntılı rapor edilmelidir.

V. Transgenik ürünleri kullanan deney grubundaki organizmalarla ve Transgenik ürünleri kullanmayan kontrol grubundaki organizmalar arasında değişkenler açısından anlamlı bir farkın olup olmadığına bakılmalıdır. Deney grubunda olumsuz durumla karşılaşan birey sayısı az ise ihmal edilebilir.

VI. Ekosistemde bu İnsektisit geninin hedef olmayan böcekler üzerinde etkisi var mıdır? Ayrıca bu durum besin piramidindeki Trofik düzeyleri olumsuz etkilemekte midir? Bu olgular irdelenmelidir.

a)1,2,4,5,6 b) yalnız 3 c) 4,5,6 d)2,4,6 e)2,4,5,6

S.30) Erkan ve Dane adlı iki araştırmacı, kök hücre terapisiyle ilgili birçok makale okumuşlardır. Makalelerin çoğunda dışarıdan verilen kök hücrelerin Nörodejenaratif, Kardiyovasküler, Gastointestinal ve Renal problemleri ortadan kaldıracabileceği belirtilmektedir. Erkan ve Dane, eleştirel düşünmeyi etkin olarak kullanan iki bilim insanı

oldukları için, bu hastalıkların gerçekten dışarıdan verilen kök hücrelerden mi iyileştiğini yoksa vücudun kendi ürettiği hücre ya da kök hücre hattından mı düzeldiğini merak etmektedirler. Bu iki bilim insanı aşağıdakilerden hangisini yaparlarsa iyileşmenin dışsal kaynaklı kök hücreden kaynaklandığını ispat etmiş olurlar?

- a) Hasta organizmaya radyoaktif aminoasit verilirse
- b) Hasta organizmaya işaretli karbon verilirse
- c) Kök hücre genomuna GFP geni eklenirse
- d) Kök hücre sitoplazmasına radyoaktif protein eklenirse
- e) Hasta organizmaya işaretli fosfat verilirse

S31) Aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri Biyoteknolojiyle üretilebilir?

- I. Aşı
- II. Antibiyotik
- III. İnterferon
- IV. Antikor

a)2,3,4 b)2,4 c) yalnız 4 d)1,2,3,4 e) 3,4

S32). Genetik mühendisi olan Ali Bey ve ekibi, (1) öncelikle bakterilere virüsler aracılığıyla gen transfer etmişlerdir. Sonrasında bu bakteriler besiyerde çoğaltılıp bakterilerin Plazmidleri izole edilmiştir. (2) İzole Plazmidlerde başka bakterilerin sitoplazmalarına gönderilmiştir. Dışsal kökenli plazmid kazanan bu bakteriler, başka bakterilerin bulunduğu besi ortamına konulmuştur. (3) Transgenik bakterilerle besi ortamındaki bakteriler arasında sitoplazmik köprü kurulmuştur. Böylelikle transgenik bakteriden, besin ortamında bulunan bakteriye plazmid geçişi olmuştur. Yukarıdaki numaralı yerler aşağıdaki olaylardan hangisine denk gelmektedir.(prosedürel)

- | | 1 | 2 | 3 |
|----|----------------|----------------|----------------|
| a) | Transdüksiyon | Transformasyon | Konjugasyon |
| b) | Transdüksiyon | Konjugasyon | Transformasyon |
| c) | Konjugasyon | Transformasyon | Transdüksiyon |
| d) | Transformasyon | Transdüksiyon | Konjugasyon |
| e) | Transformasyon | Konjugasyon | Transdüksiyon |

27 SORULUK BİYOTEKNOLOJİ OKURYAZARLIK TESTİ (NİHAİ)

S.1) Sizce kaç çeşit RNA vardır? (nominal)

a)1 b) 2 c) 3 d)4 e) 5 ve daha fazla

S.2) RNA'dan DNA elde edilebilir mi? Evet (a) Hayır (b) (nominal)

S.3)Reverse transkriptaz enziminin fonksiyonu (işlevi) nedir? (fonksiyonel)

a)DNA'dan tek zincirli DNA üretilmesini sağlar.

b) DNA'dan çift zincirli DNA üretilmesini sağlar.

c)RNA'dan tek zincirli DNA üretilmesini sağlar.

d)RNA'dan çift zincirli DNA üretilmesini sağlar

e) DNA'dan mRNA üretilmesini sağlar.

S.4) İnsan genomun ortalama yüzde kaçından mevcut proteinlerimiz üretilmektedir?

(fonksiyonel)

a)% 1.5 b) % 15 c) % 30 d) % 75 e) %100

S.5) (Çok boyutlu)

1. İsim kökeni bakterilerden gelir.

2. Yalnızca virüslerde bulunur.

3. DNA dizisi, herhangi bir Nükleotitten rastgele kesilir.

4. Yalnızca Genetik mühendisliği uygulamalarında kullanılır.

5. İşlevi ayırık iki DNA zincirini birbirine bağlamaktır.

Yukarıda yazılan ifadelerden hangisi Restriksiyon enzimi için yanlıştır.

a)2,3 b)1,2,3,4 C)1,2,3,5 d)2,3,4,5 e)1,2,3,4,5

S.6) DNA \longrightarrow DNA \longrightarrow RNA \longrightarrow Protein

Yukarıdaki olay aşağıdaki seçeneklerin hangisinde sırasıyla belirtilmiştir? (nominal)

a)Transkripsiyon,Replikasyon,Translasyon

b)Translasyon,Transkripsiyon,Replikasyon

c)Replikasyon,Transkripsiyon,Translasyon

d)Replikasyon,Translasyon,Transkripsiyon

e)Transkripsiyon,Translasyon,Replikasyon

S.7) İnsan genomun ortalama yüzde kaçını gen regülasyonundan sorumlu, protein-kodlamayan bölgeden oluşur? (fonksiyonel)

- a) % 98 b) % 75 c) % 35 d) % 20 e) % 1.5

S.8) (fonksiyonel)

1.Ökaryotlarda transkripsiyon sırasında sadece ekzonlar transkribe edilir.

2.Ökaryotlardaki olgunlaşmamış pre-mRNA'da hem intronlar hem ekzonlar bulunur.

3.Ökaryotlarda çekirdek zarından sitoplazmaya geçmiş mRNA'da sadece intronlar bulunur.

4.3' UTR içindeki nükleotidler translasyonda amino asit şifrelerler.

5.5' UTR içindeki nükleotidler translasyonda amino asit şifrelerler.

6.Promoter dizisi protein sentezi için gerekli start kodonunu içerir.

Yukarıda yazılan ifadelerden hangisi ökaryotlar için yanlıştır?

- a)1,3,6 b)1,3,4,6 C)1,2,3,5 d)1,3,4,5 e)1,3,4,5,6

S.9) Enver, Kader ve Ender bir üniversitenin Moleküler Biyoloji ve Genetik departmanında çalışan üç araştırmacıdır. Bu araştırmacılar insülin hormonunu bakteride seri bir şekilde üretmek istemektedirler. Sizce aşağıdakilerden hangi sırayı takip ederlerse bu emellerine ulaşabilirler? (prosedürel)

I.Transgenik bakterinin 37 0C'de petri kabındaki besiyerde çoğaltılması

II.Transgenik bakteriden purifikasyonla insülin proteini çıkarılması

III.İnsülün geni genomik DNA'dan PCR ile çoğaltılır. PCR ürünü vektör ile uyumlu Restriksiyon enzimi ile kesildikten sonra plasmide insert edilmesi.

IV.Plazmid, restriksiyon enzimi ile kesilip; plazmide insülin geni ilave edilmesi.

V.İnsülin geni yüklenmiş plazmidin bakteriyeye aktarılması

- a)3,4,5,2,1 b) 1,2,5,3,4 c)4,5,3,1,2 d)5,1,2,3,4 e)3,4,5,1,2

S.10) Bir DNA dizisini laboratuvar ortamında çoğaltmak isteyen Dane Hanım, aşağıdakilerden hangisini kullanmalıdır? (fonksiyonel)

- a)Agorose jel b) dna jel elektroforez c) elektrospektrofotometri d)pcr e) santrifüjleme

S.11) Elindeki geni seri olarak çoğaltmak isteyen bir araştırmacı Biyoteknolojide öncelikle hangi organizmayı seçmelidir? (fonksyonel)

a)E.coli b) şapkalı mantar c) maya d) Drosophila melanogaster (meyve sineği) e) zebra balığı

S.12) Yasemin ve Fatma, bir üniversitenin Moleküler Biyoloji ve Genetik departmanında çalışan iki araştırmacıdır. Yasemin, inceleme altındaki gen ile ilgili bazı ifadeler kullanmıştır. Bu ifadelerden hangisi en doğru açıklamadır? (prosedürel)

a)Bu genden en fazla bir çeşit protein elde edilir. Çünkü 1 gen sadece 1 protein çeşitini kodlar.

b)Bu genden birçok protein üretilebilir bunun da nedeni post transkripsiyonel mekanizmalardaki intronların hepsinin translasyona gönderilmesidir.

c)Bu genden birçok protein çeşidi üretilebilir bununda nedeni alternatif splicingdir.

d)Bu genden birçok protein çeşidi üretilebilir bunun da nedeni post translasyonel mekanizmalardır.

e)Bu genin hepsi, protein kodlamayan DNA dizisinden oluşur.

S.13) Erkan ve Ali adlı iki çiftçi, İç Anadolu Bölgesi'nin topraklarına buğday ekmişlerdir. Bu çiftçilerin o yıl ettikleri buğdayların büyük kısmı, topraktaki tuzlaşmadan ölmüştür. Bu çiftçilere yardım etmek isteyen bir Biyoteknoloji uzmanı, tuza dayanıklı buğday ekini oluşturmak istemektedir. Sizce aşağıdaki uygulamalardan hangisini yapması en doğru olur?(prosedürel)

a)Tuza dayanıklılık genini doğrudan buğday tanesine naklederek

b)Tuza dayanıklılık genini oda sıcaklığında buğday tohumun Sitoplazmasına göndererek

c)Tuza dayanıklılık genini Plazmide yükleyip – 4 C'de buğday tanesine göndererek

d)Tuza dayanıklılık genini içeren Plazmidi, ısı şoku ile buğday tohumuna göndererek

e)Tuza duyarlılık genini içeren Plazmidi, 70 C'de buğday tohumuna göndererek

S.14) Hamileliğin erken dönemlerinde bebeğinin Down Sendromlu olup olunmadığından şüphelenilen bir anneye aşağıdaki yöntemlerden hangisi yapılırsa 21.

Kromozomların Problarla birleşmesi sonucu etrafa yayılan ışık sayısından bebeğin Down Sendromlu olup olmadığı ortaya çıkmış olur?(prosedürel)

- a) DNA gel elektroforez b) RNA gel elektroforez c) FISH d)RFLP e)CRISPR

S.15) Prof. Dr. Ali Bey, mide kanserine sahip bireylerde hücre içinde hangi genlerin fazla (eksprese) olduğunu ifade edildiğini ortaya çıkarmak istemiştir. Amacı mide kanserinde hücre içinde aşırı ekspere olan gen veya genleri bulmak, bu gen ya da genleri de mide kanseri için Marker (indikatör) olarak kullanmaktır. Bu nedenle mide kanserine yakalanmış çok sayıda farklı bireylerin mide hücreleri incelenecektir. Yukarıdaki araştırmacı, mide hücrelerinde hangi gen veya genlerin daha fazla ifade edildiğini tüm genomu kapsayacak şekilde ve hızlıca görmek isterse hangi yöntemi kullanmalıdır? (prosedürel)

- a)FISH b) PCR c) DNA elektroforez d)CRISPR e)RNA sekanslama

S.16) Moleküler Biyoloji ve Genetik Uzmanı Dr. Gazi Bey, şeker hastaları için insülin üreten bir fabrikada çalışmaktadır. Yalnız şirket yıllık üretilen insülin miktarını yeterli bulmamakta ve insülin üretiminde kullanılan model organizmayı da değiştirmeyi düşünmemektedir. Dr. Gazi Bey nasıl bir çözüm yolu bulursa model organizma değişmeksizin insülin üretimini kolay bir şekilde artırabilir? (prosedürel)

- a) Genin 3' Utr kısmını değiştirerek
b) Genin 5' Utr kısmını değiştirerek
c) Başka bir canlıdan alınan insülin genini, model organizmada bulunan insülin geni ile değiştirerek

- d) Genin promoter kısmını zayıf bir promoterla değiştirerek

- e) Genin promoter kısmını güçlü bir promoterla değiştirerek

S.17) Dr. Ali Bey, hafta sonları dinlenmek için köydeki çiftlik evine gitmektedir. Bir hafta sonu Ali Bey, çiftlikte yalnızken dışarıdan ses geldiğini duymuş ve dışarı çıkmıştır. Dışarı çıktığında hırsızlık yapan insanlar tarafından vurulmuştur. Hırsızlar; Ali Bey'in cesedini arazinin yan tarafına bırakırken o esnada esen güçlü rüzgarın etkisiyle olay yerindeki dut ağacının yaprakları da hırsızların kamyonetine düşmüştür. Ali Bey'in cesedi

ertesi günün sabahı köylülerce bulunmuş ve polise bildirilmiştir. Adli tıp uzmanı, cesedi incelerken ölünün tırnağında veya boynunda yabancı bir hücreye rastlamamıştır. Deneyimli bir dedektif olan Erdal Bey, olay yerini incelerken arazideki teker izlerinden akşam saatlerinde burada bir kamyonetin olabileceğini düşünmektedir. Bu nedenle köydeki tüm kamyonetlerin incelenmesi emrini vermiştir. Kamyonetleri incelerken bazılarının kasalarında dut yaprakları görmüştür. Erdal Bey'in aklına birden olay yerindeki dut ağacı gelmiştir. O nedenle bazı kamyonet sahiplerini şüpheli olarak belirlemiştir. Belirlenen kamyonet sahiplerinin, "Biz çiftçiyiz, tabi ki kamyonetimizde dut yaprağı olabilir. Nereden belli bu dut yapraklarının Ali Bey'in arazisindeki dut ağacından olduğu, belki bizim bahçemizdeki dut ağacındandır." demişlerdir. Bu ifadeler üzerine Erdal Bey, adli tıp uzmanı ile iletişime geçmiştir. Sizce adli tıp uzmanı bu denklemi nasıl çözecektir? (çok boyutlu)

- a)CRISPR b)FISH c)DNA parmak izi d)Doku mühendisliği e) RISC

S.18) Dr. Lena Hanım, babaannesini kanserden kaybettiğinden kanserle ilgili çalışmaları aktif bir şekilde yakından takip etmektedir. Okuduğu bir makalede hastaların kemoterapi için aldığı birçok ilacın kanserli hücrelerin içine geçmekte zorlandığını ya da geçse bile büyük kısmının hücre zarındaki proteinlerce tekrar hücre dışına gönderildiğini anlatmaktadır. Dr. Lena Hanım, kanserli hücrelerde aşırı miktarda ifade edilen böylelikle kanserli hücreleri koruyan bu hücre zarı proteinlerin önüne geçilmesi için başlangıçta bu proteinlerin şifrelerini verecek olan mRNA'larının yok edilmesini gerektiğini düşünmektedir. Sizce Dr. Lena Hanım, hangi yöntemi kullanmalıdır? (prosedürel)

- a) PCR b) DNA parmak izi c) DNA jel elektroforez d) FISH e) RISC

S.19) Normalde aşağıdaki canlılardan hangisi DNA'larındaki düzenli aralıklarla kümelenmiş palindromik tekrar dizi sistemini kullanarak virüslere karşı savunma sistemi oluşturmaktadır?(fonksyonel)

- a)hayvanlar b) bitkiler c)mantarlar d) protistalar e) bakteriler

S.20) Organizmadaki kusurlu genin düzgün genle yer değiştirmesine imkan verebilen (in vitro) ayrıca genomun nükleotidlerinde eklemeler ve çıkarmalar yaparak istenmeyen

genleri elimine edebilen (knockout) genetik mühendisliği uygulaması hangisidir?
(prosedürel)

a)DNA elektroforez b) RISC c) CRISPR d) PCR e)FISH

S.21) 2020 Nobel Kimya Ödülü alan ve Genom düzenlemesinde çığır açacak yöntemi keşfeden bilim insanları kimlerdir? (çok boyutlu)

- a)Aziz sancar- Gazi Yaşargil
b)EmmanuelleCharpentier- Jennifer Doudna
c)Reinhard Genzel– AndreaGehz
d)LouiseGlück- AbiyAhmed Ali
e)James Watson-Francis Crick

S.22) 1-Restriksyon enzimi

a) yapıştırma enzimi

2-ligaz

b)hidrojen bağlarını koparan enzim

3- helikaz

c)DNAyı kesen enzim

4-nükleaz

d) makas enzimi

Yukarıdaki eşleşmelerden hangisi doğrudur. (fonksyonel)

- a)1, a; 2,c; 3,d; 4,b b)1, d; 2,a; 3,c; 4,b c)1, b; 2,d; 3,a; 4,c d)1, d; 2,a; 3,b; 4,c
e)1, c; 2,a; 3,d; 4,b

S.23) Model organizmanın savunma sisteminden elde edilen Cas 9 enzimi aşağıdaki nükleotid dizilerinden hangisini tanımaya özgüdür? (prosedürel)

a)PAM b)intron c)ekzon d)3'UTR e)5'UTR

S.24) Singh ve arkadaşları, 2017 yılında yazmış oldukları makalede: "Tasarlanmış organik nanoparçacıklar yardımıyla, gen ve tedavi edici maddelerin taşınıp hücrelere gönderilmesiyle genetik kaynaklı veya genetik kökenli olmayan hastalıkların iyileştirilmesinin sağlanabileceğini" bildirmişlerdir (Singh et al., 2017).Singh ve arkadaşları (2017) makalelerindeki bir figürde "Organik Nanopartikül bazlı birleşimin, kanserli hücrenin DNA'sına hasar vererek hücrede Apoptoz'a neden olabileceğini" göstermişlerdir. (Singh et al., 2017) Apoptoz'dan kast edilen aşağıdakilerden hangisidir? (prosedürel)

a)Hücrede Otofaji meydana gelmesi

b)Kanserli hücrenin DNA'sının yerine, Plazmid ile hücreye doğru DNA'nın gönderilmesi

c)DNA da mutasyona uğramış nükleotidlerin düzeltilmesi

d)Hatalı genin doğru genle değiştirilip gen terapisiyle hücrenin DNA'sının tamir edilmesi

e)Kontrollü programlanmış hücre ölümü

S.25) Erkan ve Dane adlı iki araştırmacı, kök hücre terapisiyle ilgili birçok makale okumuşlardır. Makalelerin çoğunda dışarıdan verilen kök hücrelerin Nörodejenaratif, Kardiyovasküler, Gastointestinal ve Renal problemleri ortadan kaldıracabileceği belirtilmektedir. Erkan ve Dane, eleştirel düşünmeyi etkin olarak kullanan iki bilim insanı oldukları için, bu hastalıkların gerçekten dışarıdan verilen kök hücrelerden mi iyileştiğini yoksa vücudun kendi ürettiği hücre ya da kök hücre hattından mı düzeldiğini merak etmektedirler. Bu iki bilim insanı aşağıdakilerden hangisini yaparlarsa iyileşmenin dışsal kaynaklı kök hücreden kaynaklandığını ispat etmiş olurlar? (prosedürel)

a)Hasta organizmaya radyoaktif aminoasit verilirse

b)Hasta organizmaya işaretli karbon verilirse

c)Kök hücre genomuna GFP geni eklenirse

d)Kök hücre sitoplazmasına radyoaktif protein eklenirse

e)Hasta organizmaya işaretli fosfat verilirse

S26) Aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri Biyoteknolojiyle üretilebilir?(prosedürel)

I. Aşı

II. Antibiyotik

III. İnterferon

IV. Antikor

a)2,3,4 b)2,4 c) yalnız 4 d)1,2,3,4 e) 3,4

S27). Genetik mühendisi olan Ali Bey ve ekibi, (1) öncelikle bakterilere virüsler aracılığıyla gen transfer etmişlerdir. Sonrasında bu bakteriler besiyerde çoğaltılıp bakterilerin Plazmidleri izole edilmiştir. (2) İzole Plazmidlerde başka bakterilerin

sitoplazmalarına gönderilmiştir. Dışsal kökenli plazmid kazanan bu bakteriler, başka bakterilerin bulunduğu besi ortamına konulmuştur. (3) Transgenik bakterilerle besi ortamındaki bakteriler arasında sitoplazmik köprü kurulmuştur. Böylelikle transgenik bakteriden, besin ortamında bulunan bakteriye plazmid geçişi olmuştur. Yukarıdaki numaralı yerler aşağıdaki olaylardan hangisine denk gelmektedir.(prosedürel)

1	2	3
a)Transdüksiyon	Transformasyon	Konjugasyon
b)Transdüksiyon	Konjugasyon	Transformasyon
c)Konjugasyon	Transformasyon	Transdüksiyon
d)Transformasyon	Transdüksiyon	Konjugasyon
e)Transformasyon	Konjugasyon	Transdüksiyon

EK-B: Araştırma Etik Komisyonu Onay Bildirimi**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Rektörlük**

Sayı : E-35853172-300-00001768587
Konu : Naki ALKAYA (Etik Komisyon İzni)

21.09.2021

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 01.09.2021 tarihli ve E-51944218-300-00001735744 sayılı yazı.

Enstitünüz Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı Doktora programı öğrencilerinden **Naki ALKAYA'nın Prof. Dr. Cemil AYDOĞDU** danışmanlığında yürüttüğü “**Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Okuryazarlık Düzeyleri ve Edinilmesi Gereken Standartlar**” başlıklı tez çalışması Üniversitemiz Senatosu Etik Komisyonunun **14 Eylül 2021** tarihinde yapmış olduğu toplantıda incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Vural GÖKMEN
Rektör Yardımcısı

EK-C: Etik Beyanı

Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- * tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- * görsel, işitsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- * başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- * atıfta bulunduğum eserlerin bütününe kaynak olarak gösterdiğimi,
- * kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- * bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

29/12/2023

(İmza)

Ad SOYADI

Naki ALKAYA

EK-Ç: Yüksek Lisans/Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu

02/02/2024

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı Başkanlığına,

Tez Başlığı : FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ BİYOTEKNOLOJİ OKURYAZARLIK DÜZEYLERİİ

Yukarıda başlığı verilen tez çalışmamın tamamı (kapak sayfası, özetler, ana bölümler, kaynakça) aşağıdaki filtreler kullanılarak **Turnitin** adlı intihal programı aracılığı ile kontrol edilmiştir. Kontrol sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir:

Rapor Tarihi	Sayfa Sayısı	Karakter Sayısı	Savunma Tarihi	Benzerlik Oranı	Gönderim Numarası
02/02/2024	132	245839	15/01/2024	%5	2284429281

Uygulanan filtreler:

- Kaynaklar hariç
- Alıntılar dâhil
- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esaslarını inceledim ve çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan eder, gereğini saygılarımla arz ederim.

Ad Soyadı: Naki ALKAYA

Öğrenci No.: N16148899

Ana Bilim Dalı: Fen Bilgisi Eğitimi

Programı: Fen Eğitimi

Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

İmza

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Cemil Aydoğdu

EK-D: Thesis/Dissertation Originality Report

02/02/2024

HACETTEPE UNIVERSITY
Graduate School of Educational Sciences
To The Department of Science Education

Thesis Title: BIOTECHNOLOGICAL LITERACY LEVELS OF PROSPECTIVE SCIENCE TEACHERS

The whole thesis that includes the *title page, introduction, main chapters, conclusions and bibliography section* is checked by using **Turnitin** plagiarism detection software take into the consideration requested filtering options. According to the originality report obtained data are as below.

Time Submitted	Page Count	Character Count	Date of Thesis Defense	Similarity Index	Submission ID
02/02/2024	132	245839	15/01/2024	%5	2284429281

Filtering options applied:

1. Bibliography excluded
2. Quotes included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Educational Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

Name Lastname: Naki Alkaya

Student No.: N16148899

Department: Science Education

Program: Science Education

Status: Masters Ph.D. Integrated Ph.D.

Signature

ADVISOR APPROVAL

APPROVED
Prof. Dr. Cemil Aydoğdu

EK-E: Yayınlama ve Fikrî Mülkiyet Hakları Beyanı

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü/Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü/Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren ... ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

29 /12 /2023

(imza)

Naki ALKAYA

"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezinerişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6.2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3 şahıslara veya kurumlara haksız kazanç; imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir
*Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir

