T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLKÖĞRETİM EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN BİYOTEKNOLOJİYE İLİŞKİN LABORATUVAR DENEYİMLERİNE YENİLİKÇİ ÖĞRETİM YAKLAŞIMLARININ ETKİSİ

TUĞÇE YAĞMUR ORHAN

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ, 2019
MUĞLA

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLKÖĞRETİM EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

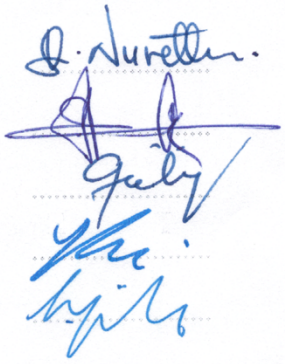
FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN BİYOTEKNOLOJİYE İLİŞKİN LABORATUVAR DENEYİMLERİNE YENİLİKÇİ ÖĞRETİM YAKLAŞIMLARININ ETKİSİ

TUĞÇE YAĞMUR ORHAN

Eğitim Bilimleri Enstitüsünce
"Doktora"
Diploması Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 04.07.2019

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Nurettin ŞAHİN
Jüri Üyesi: Prof.Dr. Hasan ŞEKER
Jüri Üyesi: Doç.Dr. Güliz AYDIN
Jüri Üyesi: Doç.Dr. Suat TÜRKOĞUZ
Jüri Üyesi: Dr.Öğr.Üyesi Behlül GÜLER



Enstitü Müdürü: Prof.Dr. Ayşe Rezan ÇEÇEN EROĞUL

TEMMUZ, 2019

TUTANAK

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nün 13/06/2019 tarih ve 291/2 sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin **(38/8)** maddesine göre, İlköğretim Eğitimi Anabilim Dalı Doktora öğrencisi Tuğçe Yağmur Orhan'ın "Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknolojiye İlişkin Laboratuvar Deneyimlerine Yenilikçi Öğretim Yaklaşımlarının Etkisi" başlıklı tezini incelemiş ve aday 04/07/2019 tarihinde saat 13:30'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra 90 dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin **kabul** edildiğine oybirliği ile karar verilmiştir.

Prof. Dr. Nurettin Şahin
Tez Danışmanı

Prof. Dr. Hasan Şeker
Üye

Doç. Dr. Güliz Aydın
Üye

Doç. Dr. Suat Türkoğuz
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Behlül Güler
Üye

ETİK BEYANI

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanan "Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknolojiye İlişkin Laboratuvar Deneyimlerine Yenilikçi Öğretim Yaklaşımlarının Etkisi" başlıklı Doktora tez çalışmasında;

- Tez içinde sunulan veriler, bilgiler ve dokümanların akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiğini,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçların bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğunu,
- Tez çalışmasında yararlanılan eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterildiğini,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapılmadığını,
- Bu tezde sunulan çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 30/05/2019

Tuğçe Yağmur ORHAN

Bu tezde kullanılan ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ÖZET

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN BİYOTEKNOLOJİYE İLİŞKİN LABORATUVAR DENEYİMLERİNE YENİLİKÇİ ÖĞRETİM YAKLAŞIMLARININ ETKİSİ

TUĞÇE YAĞMUR ORHAN

Doktora Tezi, İlköğretim Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nurettin Şahin

Temmuz 2019, xvii+ 242 sayfa

Gen teknolojileri, DNA testi ve klonlama gibi biyoteknolojik gelişmeler toplum üzerinde önemli etki oluşturmaktadır ancak bu yenilikler ürünlerin risk, etik ve kullanışlılığına ilişkin birçok tartışmaya da yol açmaktadır. Bireylerin bilinçli kararlar alabilmeleri için biyoteknolojiye yönelik bilgi ve farkındalıklarının geliştirilmesi gerekir. Bu durumda, biyoteknolojinin fen bilimleri öğretmenleri tarafından bilinmesi ve uygulanabilmesi, daha bilinçli nesillerin yetiştirilmesini sağlar. Yukarıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak, bu çalışmada yenilikçi öğretim yaklaşımlarını (araştırma-sorgulama, problem çözme, proje, argümantasyon ve web tabanlı-disiplinlerarası öğrenme yaklaşımları) temel alan laboratuvar etkinliklerinin değerlendirilmesine odaklanılmıştır. Bu değerlendirme fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojik bilgi ve farkındalıklarını incelemek için tasarlanmıştır. Araştırmacı tarafından geliştirilen laboratuvar etkinlikleri, yenilikçi öğretim yaklaşımları yoluyla biyoteknoloji öğretimini desteklemenin yanı sıra laboratuvar deneyimlerini de geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, fen bilimleri öğretmenleri ile Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları adı altında bir hizmeti-içi eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitim kapsamında öğretmenlerin biyoteknoloji laboratuvarı cihaz-ekipmanları hakkında bilgilendirme ve pratiği, genomik DNA izolasyonu, polimeraz zincir reaksiyonu tekniği, elektroforezin uygulanması ve filogenetik ağaç oluşturmada web tabanlı algoritmaların kullanımı gibi laboratuvar teknik becerilerini içeren beş farklı etkinlik uygulanmıştır. Her bir etkinlik biyoteknolojinin farklı uygulama alanlarındaki gerçek dünya sorunlarına odaklanmaktadır. Etkinliklerin uygulamasında, fen bilimleri öğretmenlerinin konuya ilişkin bilgileri grup içi/sınıf içi tartışmalar yoluyla etkinleştirildikten sonra fen bilimleri öğretmenlerinden yenilikçi öğretim yaklaşımlarını temel alan araştırma tasarımlarını gerçekleştirmeleri istenmiştir. Daha sonra araştırma tasarımına uygun laboratuvar uygulamalarını tamamlayan öğretmenler elde ettikleri sonuçlara ilişkin değerlendirmelerde bulunarak, sonuçlarını sınıf içerisinde diğer gruplar ile paylaşmışlardır. Çalışmada karma araştırma modellerinden biri olan iç-içe (gömülü) desen kullanılmıştır. İç-içe desenin, nicel kısmı deneme öncesi modellerden tek grup ön test- son test modeli, nitel kısmı ise durum çalışması olarak desenlenmiştir. Çalışma grubu belirlenirken amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma grubunu, ortaokullarda

görev yapmakta olan Fen Bilimleri öğretmenleri (n=17) oluşturmaktadır. Veriler, Biyoteknoloji Farkındalık Anketi, Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları, Laboratuvar Öz Değerlendirme Formu, etkinlik çalışma yaprakları ve gözlem notları ile toplanmıştır. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi ve Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları, biyoteknoloji eğitim uygulamaları öncesinde ve sonrasında ön test-son test olarak uygulanmıştır. Laboratuvar öz değerlendirme formu, öğretmenler tarafından her bir etkinlik tamamlandıktan sonra doldurulmuştur. Etkinlik çalışma yaprakları ise her bir etkinlik için yenilikçi öğretim yaklaşımlarını temel alınarak hazırlanmış ve öğretmenler tarafından etkinlik görevlerini tamamlarken kullanılmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar teknik becerilerine ilişkin araştırmacı görüşleri, etkinlikler süresince gözlem notları şeklinde alınmıştır. Nicel verilerin analizinde parametrik olmayan test analizleri (Wilcoxon, Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis) ve etkinliklerin etki büyüklüğünü belirlemek amacıyla örneklem büyüklüğünden bağımsız olarak kullanılan Cohen's d sayısı hesaplanmıştır. Nitel veriler, içerik analizi ve betimsel analiz ile rubrikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları kapsamında uygulanan etkinliklerin, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi (p<0.05, Cohen's d> 0.8) ve farkındalıklarında (p<0.05, Cohen's d> 0.5) anlamlı bir farklılık oluşturduğunu göstermektedir. Çalışma yapraklarının değerlendirilmesi sonucunda laboratuvar deneyimleri; hazırbulunuşluk, araştırma tasarımı, laboratuvar uygulaması ve değerlendirme olmak üzere dört kategoride toplanmıştır. Ayrıca etkinliklerinin, fen bilimleri öğretmenlerinin yenilikçi öğretim yaklaşımlarını uygulamasında ve laboratuvar deneyimlerinin geliştirilmesinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Fen bilimleri öğretmenleri, her bir etkinliği eğlendirici ve öğretici bulduklarını ve alan bilgilerine yeni katkılar sağladığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak, biyoteknoloji konularının öğretiminde yenilikçi öğretim yaklaşımları ile zenginleştirilmiş laboratuvar etkinliklerinin kullanılması faydalı olacaktır. Bu sebeple fen bilimleri öğretmenlerine biyoteknoloji öğretimine yönelik çeşitli hizmet içi eğitim, seminer vb. düzenlenmeli ve hem öğretmenlerin hem öğrencilerin laboratuvar pratikleri geliştirilmelidir. Son olarak, laboratuvara dayalı ve yenilikçi öğrenme yaklaşımlarının entegrasyonuna olanak sağlayan etkinliklerin fen bilimleri öğretmen eğitimi sürecine dahil edilmesi ve ilgili fen bilimleri öğretim programlarında yer verilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Biyoteknoloji, yenilikçi öğretim yaklaşımları, laboratuvar deneyimleri, fen bilimleri öğretmenleri, fen bilimleri eğitimi

ABSTRACT

THE IMPACT OF INNOVATIVE TEACHING APPROACHES ON THE BIOTECHNOLOGY RELATED LABORATORY EXPERIENCES OF SCIENCE TEACHERS

TUĞÇE YAĞMUR ORHAN

Doctoral Dissertation, Department of Primary Education, Science Education Program

Supervisor: Prof. Dr. Nurettin Şahin

July 2019, xvii+ 242 pages

Biotechnological developments, such as gene technologies, DNA testing and cloning, exert important effects on society, but they also give rise to many debates on the risks, ethical underpinnings and usefulness of the products underlain by these innovations. Thus, the biotechnological knowledge and awareness of individuals should be cultivated for them to make informed decisions. In the case of science teachers, understanding and applying biotechnology enable them to mould more biotechnology-conscious generations. With consideration for the above-mentioned issues, the current study focused an evaluation of laboratory activities prepared on the basis of innovative teaching approaches (research-inquiry, problem solving, project initiation, argumentation and Web-based interdisciplinary learning approaches). The evaluation was designed to examine the biotechnological knowledge and awareness of science teachers. The laboratory activities developed by the researcher aim to improve the laboratory experiences, as well as support the teaching of biotechnology through innovative teaching approaches. For this purpose, an in-service training course called 'Biotechnology Education Practices' was conducted with the participation of science teachers. Within the context of this training, five different activities were implemented, namely, the development of laboratory technical skills, such as information gathering and practices related to laboratory equipment, genomic DNA isolation, the technique polymerase chain reaction, the implementation of electrophoresis and the use of Web-based algorithms in the construction of phylogenetic trees. Each activity focused on real-world problems that are associated with different areas where biotechnology is applied. In the implementation of the activities, once the science teachers activated their knowledge of the topic through within-group/whole-class discussions, they were asked to produce research designs based on innovative teaching approaches. The teachers who completed their laboratory applications in compliance with their research designs were then instructed to share their results with other groups in the class. This study employed the embedded design, one of the mixed research designs. The quantitative part of the embedded design was designed according to the single group pretest-posttest model and the quantitative part was

designed as a case study. In the selection of the study group, the purposive sampling method was used. The study group of the current research is comprised of science teachers (n=17) working in state-administered middle schools. Data were collected by using the Biotechnology Awareness Questionnaire, Biotechnology Assessment Questions, a Laboratory Self-evaluation Form, worksheets and observation notes. The Biotechnology Awareness Questionnaire and the Biotechnology Assessment Questions were used before and after the training as pretest and posttest. The Laboratory Self-evaluation Form was filled by the teachers after the completion of each activity. Worksheets for each activity were developed on the basis of innovative instructional approaches and were used by the teachers as they completed their tasks. The researcher's observations about the technical laboratory skills of the participants were written as observation notes during the activities. Non-parametric tests (Wilcoxon, Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis) were conducted to analyse the quantitative data and determine the effect size of the activities. Cohen's d, which is used as independently of sample size, was calculated. Content analysis and descriptive statistics and rubrics were used to examine the qualitative data. Results showed that the activities conducted within the context of the Biotechnology Training Practices have led to a significant difference in the science teachers' biotechnology knowledge (p<0.05, Cohen's d> 0.8) and awareness (p<0.05, Cohen's d> 0.5). The assessment of the worksheets, enabled the classification of laboratory experiences into four categories: readiness, research design, laboratory application and evaluation. In addition, it was concluded that these activities were found to be effective on the science teachers' applying innovative teaching approaches and the development of their laboratory experiences. The science teachers stated that they found each activity enjoyable and instructive and that these contributed to their subject area knowledge. As a conclusion, it can be argued that the use of laboratory activities reinforced with innovative teaching approaches in the teaching of biotechnology subjects will be highly useful. Accordingly, various seminars, in-service training programmes and other similar initiatives should be organised for science teachers, and the laboratory practices of both teachers and students should be enhanced. Finally, this research strongly suggests incorporating laboratory-based activities for integration of innovative teaching approaches into training programmes for the pre-service science teacher.

Keywords: Biotechnology, innovative teaching approaches, laboratory experience, science teachers, science education

ÖNSÖZ

Tezimin gerçekleşmesinde çalışmalarımı yönlendiren ve her konuda değerli bilgilerini, deneyimlerini benimle paylaşan, karşılaştığım zorlukları yenmemde bana yardımcı olan, desteğini esirgemeyen, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Nurettin ŞAHİN'e, çalışmam boyunca değerli zamanlarını, tartışmalarını, fikirlerini ve geri bildirimlerini sundukları için tez izleme komiteme,

Bu günlere gelmemde desteğini her zaman hissettiğim, mutluluğumu ve zorluklarımı paylaştığım sevgili annem Serpil ORHAN'a, değerli fikir ve görüşleriyle, gösterdiği sevgi ve sabırla her zaman yanımda olan sevgili babam Tarık ORHAN'a, her zaman her şekilde varlığını yanımda hissettiğim canım kardeşim Tekin ORHAN'a,

Ayrıca çalışmamda etkinliklere gönüllü katılımlarından dolayı Muğla İl Milli Eğitim Müdürlüğüne bağlı ortaokullarda görev yapmakta olan değerli fen bilimleri öğretmenlerime,

Ve emeği geçen herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi tarafından 17/097 kod numaralı, "Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojiye ilişkin laboratuvar deneyimlerine yenilikçi öğretim yaklaşımlarının etkisi" başlıklı proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET v
ABSTRACT vii
ÖNSÖZ ix
İÇİNDEKİLER x
TABLOLAR DİZİNİ xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ xv
KISALTMALAR DİZİNİ xvi
EKLER DİZİNİ xvii

BÖLÜM I
GİRİŞ

1.1. Biyoteknoloji 2
1.1.1. Biyoteknolojinin Uygulama Alanları 7
1.1.1.1 Klasik biyoteknoloji uygulamaları 8
1.1.1.2. Modern biyoteknoloji uygulamaları 8
1.1.1.2.1. Mikrobiyal biyoteknoloji 9
1.1.1.2.2. Tarımsal ve hayvan biyoteknolojisi 9
1.1.1.2.3. Adli biyoteknoloji 10
1.1.1.2.4. Tıbbi biyoteknoloji 10
1.1.1.2.5. Akuatik biyoteknoloji 11
1.1.1.2.6. Biyoremediyasyon 12
1.1.1.2.7. Nanobiyoteknoloji 12
1.1.1.2.8. Biyoenformatik 14
1.1.2. Biyoteknoloji Öğretimi 15
1.1.2.1. Biyoteknolojinin fen bilimleri eğitimindeki yeri 19
1.2. Laboratuvara Dayalı Fen Öğretimi 22
1.2.1. Laboratuvar Yönteminde Kullanılan Yaklaşımlar 23
1.2.1.1. Doğrulama veya tümdengelim yaklaşımı (Kapalı uçlu deneyler) 23
1.2.1.2. Tümevarım yaklaşımı (Açık uçlu deneyler) 24
1.2.1.3. Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım (Hipotez test etme deneyleri) *24*
1.2.1.4. Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı 25
1.2.1.5. Teknik beceriler yaklaşımı 25
1.3. Yenilikçi Öğretim Yaklaşımları 26
1.3.1. Araştırma-Sorgulamaya Dayalı Öğretim Yaklaşımı 27
1.3.2. Probleme Dayalı Öğretim Yaklaşımı 29

1.3.3. Proje Tabanlı Öğretim Yaklaşımı 30
1.3.4. Argümantasyon Tabanlı Öğretim Yaklaşımı 31
1.3.5. Web Tabanlı Öğretim Yaklaşımı 33
1.3.6. Yenilikçi Yaklaşımlar Bağlamında Diğer Öğretim Yöntem ve Teknikleri 34
1.4. Araştırmanın Amacı 36
1.5. Araştırmanın Önemi 37
1.6. Problem Cümlesi 38
1.7. Sayıltılar 40
1.8. Sınırlılıklar 40
1.9. Tanımlar 40

BÖLÜM II
KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2.1. Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Konuları İle İlgili Çalışmalar 42
2.2. Laboratuvara Dayalı Öğretim İle İlgili Yapılmış Çalışmalar 51
2.1. Yenilikçi Öğretim Yaklaşımları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar 61

BÖLÜM III
YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Deseni 75
3.2. Çalışma Grubu 78
3.3. Veri Toplama Araçları 79
3.4.1. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi 79
3.4.2. Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları 82
3.4.3. Laboratuvar Etkinlikleri Öz Değerlendirme Formu 83
3.4.4. Gözlem Notları 84
3.4.5. Çalışma Yaprakları 84
3.4. Verilerin Toplanması 85
3.4.1. Etkinliklerin Uygulanması 85
3.4.1.1. Biyoteknoloji laboratuvarına giriş 85
3.4.1.2. Genomik DNA izolasyonu 86
3.4.1.3. Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) 87
3.4.1.4. Suçlu Kim? 89
3.4.1.5. Biyoenformatik-filogenetik tahmin 90
3.5. Verilerin Analizi 91

BÖLÜM IV
BULGULAR

4.1. Araştırmanın İlk Alt Probleminde "Fen bilimleri öğretmenlerinin, biyoteknoloji bilgi ve farkındalıkları nedir?" Sorusuna Yanıt Aranmıştır..... 95

4.2. Araştırmanın İkinci Alt Problemi "Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimleri ve teknik becerileri nasıldır? Sorusuna Yanıt Aranmıştır. 111

4.2.1. "Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular..... 118

4.2.2. "Genomik DNA İzolasyonu" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular 121

4.2.3. "Polimeraz Zincir Reaksiyonu" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular 122

4.2.4. "Suçlu Kim?" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular 124

4.2.5. "Biyoenformatik- Filogenetik Tahmin" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular..... 126

4.3. Araştırmanın Üçüncü Alt Problemi "Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarına demografik değişkenlerin (cinsiyet, mesleki deneyim süreleri vb.) etkisi nasıldır?" Sorusuna Yanıt Aranmıştır. 129

BÖLÜM V
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 132

5.2. İkinci Alt probleme İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 134

5.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Tartışma ve Sonuçlar 141

5.4. Öneriler 144

KAYNAKÇA 146

EKLER..... 166

ÖZGEÇMİŞ 240

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Biyoteknolojinin Seçilmiş Bazı Tanımları (Smith, 2009) 4

Tablo 2.Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda Biyoteknoloji Konusu Kazanımları (MEB, 2018a) 20

Tablo 3. Ortaöğretim Biyoloji Dersi Öğretim Programı'nda Biyoteknoloji Konusu Kazanımları (MEB, 2018a) 21

Tablo 4. Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı'nda Biyoteknoloji Konusu Kazanımları (YÖK, 2018a) 21

Tablo 5. Katılımcıların Demografik Olarak Betimlenmesi 78

Tablo 6. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Madde Faktör Yükleri ve Madde Analizi... 80

Tablo 7. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Faktör Analizi Varyans Tablosu 81

Tablo 8. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Normallik Testi Sonuçları 92

Tablo 9. Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları Normallik Testi Sonuçları 92

Tablo 10. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Biyoteknoloji denildiğinde ne anlıyorsunuz?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlara İlişkin Bulgular 96

Tablo 11. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Biyoteknolojinin bildiğiniz uygulamaları nelerdir?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlara İlişkin Bulgular 98

Tablo 12. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Adli bir olayda, DNA parmak izi bir gögü tanığının şahitliğinden daha az mı güvenilir?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlara İlişkin Bulgular 100

Tablo 13. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Biyoteknoloji yeni iş fırsatları oluşturabilir mi?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlata İlişkin Bulgular 102

Tablo 14. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Sizce biyoteknolojik uygulamalar hakkında halk yeterince bilgilendiriliyor mu?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlata İlişkin Bulgular 104

Tablo 15. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları 105

Tablo 16. Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları Ön Test-Son Test'de Verilen Cevaplara İlişkin İstatistikler 106

Tablo 17. Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları 107

Tablo 18. Fen bilimleri öğretmenlerinin Biyoteknoloji Değerlendirme Sorularına Verdikleri Yanıtlara İlişkin Kategoriler ve Örnek İfadeler 109

Tablo 19. Etkinliklerde Kullanılan Öğretim Yaklaşımları ve Laboratuvar Deneyimlerine İlişkin Kategoriler 111

Tablo 20. Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Laboratuvar Öz Değerlendirme Formu Çoktan Seçmeli Sorulara İlişkin Betimsel İstatistikler 114

Tablo 21. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Puanlarının Cinsiyetlerine göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları..... 128

Tablo 22. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Puanlarının Eğitim Durumlarına göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları..... 129

Tablo 23. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Puanlarının Mesleki Deneyim Sürelerine göre Kruskal Wallis Testi Sonuçları..... 130

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Biyoteknolojinin faydalandığı alanlar (Smith, 2009) 6
Şekil 2. Araştırma tasarımı 77
Şekil 3. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi faktör analizi Scree Plot grafiği..... 82
Şekil 4."Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" etkinliği..... 86
Şekil 5."Genomik DNA İzolasyonu" etkinliği..... 87
Şekil 6."Polimeraz Zincir Reaksiyonu" etkinliği..... 88
Şekil 7."Suçlu Kim?" etkinliği..... 88
Şekil 8."Biyoenformatik- Filogenetik Tahmin" etkinliği..... 91
Şekil 9. Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları sonuçları..... 108
Şekil 10. Fen bilimleri öğretmelerinin (*n*=17) çalışma yapraklarındaki laboratuvar deneyimleri kalitesi..... 113
Şekil 11. Araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme becerileri ortalama puanları..... 118
Şekil 12.Üç işlem bazında fen bilimleri öğretmenlerinin araştırma-sorgulama becerileri ortalama puanları 119
Şekil 13. Proje tabanlı öğrenme becerileri ortalama puanları..... 121
Şekil 14. Probleme dayalı öğrenme becerileri ortalama puanları 123
Şekil 15. Argümantasyona dayalı öğrenme becerileri ortalama puanları..... 125
Şekil 16. Disiplinlerarası web tabanlı öğrenme becerileri ortalama puanları..... 127

KISALTMALAR DİZİNİ

DNA: Deoksiribonükleik Asit

GDO: Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar

MEB: Millî Eğitim Bakanlığı

NRC: National Research Council

PZR: Polimeraz Zincir Reaksiyonu

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi 166
Ek 2. Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları Belirtke Tablosu 168
Ek 3. Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları 169
Ek 4. Laboratuvar Etkinlikleri Öz Değerlendirme Formu..... 170
Ek 5. Yenilikçi Biyoteknoloji Etkinlikleri ve Kazanımlar Tablosu..... 171
Ek 6. Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları Değerlendirme Rubriği 175
Ek 7.Çalışma Yaprağı Değerlendirme Rubrikleri..... 178
Ek 8. Yenilikçi Biyoteknoloji Laboratuvar Etkinlikleri..... 188
Ek 9. Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları Programı..... 211
Ek 10. Katılımcıların Doldurdukları Etkinlik Formlarına İlişkin Örnekler..... 212
Ek 11. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Etik Beyan Formu 237
Ek 12. Muğla İl Milli Eğitim Müdürlüğü İzin Yazısı 238

BÖLÜM I

GİRİŞ

Tıp, tarım, sanayi vb. alanlarda yaşanan teknolojik gelişmeler gelecekteki eğitim yaklaşımlarına şekil vermekte ve bu doğrultuda öğretim programlarında değişiklikler yapılmaktadır. Ulusal (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018a) ve uluslararası (National Research Council [NRC], 2013) kurum ve kuruluşların fen öğretim programlarının kapsamlı hedefi fen okuryazarlığıdır. Buna ek olarak yeni Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında (MEB, 2018a) sorumluluk sahibi, problem çözebilen, karar verme becerileri gelişmiş, eleştirel ve inovatif düşünebilen bireylerin yetiştirilmesi hedeflenmektedir. Fen bilimleri eğitiminde genetik ve biyoteknoloji konuları, fen okuryazarlığının ayrılmaz bir parçası olduğundan, bireylerin biyoteknolojik süreçlerden kaynaklanan karar verme durumlarında öğretim programlarının önemi büyüktür (Dawson ve Schibeci, 2003). Biyoteknoloji önemli ve hızla ilerleyen bir alan olmasına rağmen, özellikle devlet okullarında, eğitim-öğretim süreci boyunca ortak bir öğretim konusu olamamıştır (Borgerding, Sadler ve Koroly, 2012). Biyoteknolojinin öğretiminin yapılmamasının nedenlerinden biri de öğretmenlerin bu konunun öğretimi için kendilerini hazır hissetmemeleridir. Gelamdin, Alias ve Attaran (2013), öğretmenlerin akademik yetersizlikleri, yetersiz kaynaklar ve deneysel etkinlikler için kısıtlı zaman, fon vb. sebeplerden dolayı biyoteknoloji konularının öğretiminden kaçındıklarını bildirmişlerdir. Diğer bir sebep de öğretmen ya da okul yöneticilerinin biyoteknolojinin uygulamaları hakkında kişisel görüşlere sahip olmalarıdır. Öğretmenlerin ya da okul yöneticilerinin biyoteknoloji hakkında olumsuz inançları, biyoteknoloji konusunu sınıflarında uygulama olasılığının düşmesine neden olmaktadır (Fonseca, Costa, Lencastre ve Tavares, 2012). Eğer öğretmenler biyoteknoloji hakkında olumlu düşünüp, teknolojide daha az sınırlamalar olduğuna inanırlarsa, biyoteknolojiyi sınıflarında öğretmeyi daha çok isteyeceklerdir. Biyoteknoloji konusunun öğretimini engelleyen bir başka sorun ise öğretmen materyallerinin yetersizliğidir. Çünkü öğretmenler biyoteknolojinin olumlu bir

şekilde kabul görmesini sağlayacak algıyı geliştirecek materyallerden yoksundurlar (Fonseca, vd., 2012). Bu sorunların giderilmesi için biyoteknoloji konusu ile ilgili uygulamalı etkinliklerin tasarlanması ve uygun öğretim ortamının sağlanması gerekmektedir (Lazaros ve Embree, 2016).

Yenilikçi öğretim yaklaşımlarının kullanımı yeni fen eğitimi standartlarını sağlamak için etkili bir yoldur. Eğitimde yenilikçilik; yeni bir pedagojik teori, metodolojik yaklaşım, öğretim tekniği, öğretim aracı veya uygulandığında öğrencinin daha iyi öğrenmesini sağlayan, öğretme ve öğrenmede önemli bir değişiklik üreten kuramsal bir yapı olarak görülebilir (Serdyukov, 2017). Naz ve Murad (2017) yenilikçi öğretimin, öğrencilerin performanslarını olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Ayrıca yenilikçi öğrenme-öğretme yöntemlerinin öğrencilerin ilgilerini artırdığı ve sınıf ortamını geliştirdiği rapor edilmiştir (Fiksl, Flogie ve Abersek, 2017). Oyelekan, Igbokwe ve Olorundare (2017) yaptıkları çalışmada, öğrenci performanslarının iyileştirilmesi için, fen bilimleri öğretmenlerinin yenilikçi yaklaşımların sağladığı fırsatlardan yararlanmaları gerektiğini belirtmişlerdir. Öğretmenlerin yenilikçi öğrenme yaklaşımlarının uygulanmasına yönelik etkin ve olumlu tutumları bulunmaktadır (Hung ve Li, 2017). Zhu, Wang, Cai ve Engels (2013), öğretmenlerin yenilikçi öğrenme performansları ile eğitim yeterlilikleri arasında pozitif yönde ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Bu sebeple fen bilimleri öğretmenleri için bilimsel süreç ve yaşam becerilerinin yenilikçi öğrenme yaklaşımlarından ayrı olarak değil, birbiri içine gömülü olarak verilebileceği uygulamalı yenilikçi biyoteknoloji eğitim ortamlarına ihtiyaç vardır.

1.1. Biyoteknoloji

İlk olarak 1919'da Karl Ereky tarafından "canlıların yardımı ile yapılan tüm üretim işlemleri" şeklinde tanımlanmış (Leslie ve Schibeci, 2003) olan biyoteknoloji, günümüze kadar gelişen modern tekniklerin bu alana uygulanması ile önemli ölçüde değişikliğe uğramıştır.

Bull, Holt ve Lilly (1987) tarafından biyoteknoloji, "Canlılar aracılığıyla mal ve hizmet üretmek üzere, bilim ve mühendislik ilkelerinin malzeme işlemlerine uygulanması" olarak tanımlanmıştır. Bu tanımda "bilim ve mühendislik ilkeleri" daha çok

vurgulanmıştır. Bu mühendislik ilkeleri birçok dalı kapsar. Ancak burada esas ağırlık mikrobiyoloji, biyokimya, genetik ve kimya mühendisliğidir.

Diğer bir tanım, Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2005)'e göre ise biyoteknoloji; bilim ve teknolojinin canlı organizmalara; bunların parçalarına, ürünlerine ve modellerine uygulanması ile bilgi, mal ve hizmetlerin üretimi için canlı veya cansız materyaller geliştirmektir. Biyoteknolojinin bu tanımı geniştir. Tüm modern biyoteknolojiyi aynı zamanda birçok klasik uygulamaları da kapsar. Bu tanımın aşağıda verilen, biyoteknoloji tekniklerini içerdiği söylenebilir.

- Binlerce yıldır kullanılan ekmek ve şarap yapımını içeren teknolojiler (biyoreaktörler kullanarak fermantasyon);
- Doku kültürü ve klonlama gibi hücre biyolojisi uygulamaları ve mühendisliği;
- Genetik mühendisliği uygulamaları (rekombinant DNA teknolojisi, genomik, farmakogenomik vb.);
- Biyoenformatik (DNA, RNA protein dizilerinden veri tabanı oluşturma);
- Nanobiyoteknoloji (nano/ mikro biyolojik ajanların kullanımı ile ilaç dağıtımı, tanılama vb. uygulamalar)

The European Federation of Biotechnology (EFB) ise biyoteknolojiyi, "ürün ve hizmetler için doğa bilimleriyle organizmaların, hücrelerin, bunların parçalarının ve moleküler analogların entegrasyonu" olarak tanımlamıştır (Bhatia, 2005).

Biyoteknoloji tanımları ve kapsamı (Tablo 1) değişse bile ortak nokta; canlıların veya onların ürünlerinin, insana (veya çevresine) yararlı bir ürün elde etmek veya problemi çözmek için kullanılmasıdır (Thieman ve Palladino, 2013, s.2).

Tablo 1

Biyoteknolojinin Seçilmiş Bazı Tanımları (Smith, 2009)

Biyoteknolojinin Tanımları
Biyoteknoloji: -Biyolojik organizmaların, sistemlerin veya işlemlerin üretim ve hizmet sektörlerine uygulanması için kullanılan ortak bir isimdir. -Mikroorganizmaların, kültür- doku-hücrelerinin ve bunların parçalarının teknolojik (endüstriyel) uygulama yeteneklerini elde etmek için biyokimya, mikrobiyoloji ve mühendislik bilimlerinin entegre kullanımıdır. -Çeşitli faydalı maddelerin kopyalanması ve üretilmesi için biyolojik olayları kullanan bir teknolojidir. -Bilimsel ve mühendislik ilkeleri doğrultusunda, mal ve hizmet sağlamak için biyolojik ajanlar tarafından malzemelerin işlenmesidir. -Mikroorganizmaların ve bunların aktif bileşenlerinin etkisine dayalı üretim işlemlerinin yüksek organizmaların hücreleri ve dokularının kullanılmasını içeren üretim işlemleri bilimidir. Tıbbi teknoloji, tarım ve geleneksel mahsul ıslahı genellikle biyoteknoloji olarak kabul edilemez. -Canlı organizmaların ve bileşenlerinin tarım, gıda ve diğer endüstri işlemlerinde kullanımıdır. -Biyolojik bilginin kullanımıdır.

Biyoteknoloji tarihsel süreç içersinde üç döneme ayrılmaktadır. Bunlar; geleneksel biyoteknoloji dönemi (1919-1939), klasik biyoteknoloji dönemi (1940-1973) ve modern biyoteknoloji dönemi (1973 sonrası)'dir. Geleneksel biyoteknoloji, biyolojik sistemlerin (bakteri, maya, mantar) herhangi bir değişime tabi tutulmaksızın ekmek, peynir, yoğurt, alkol vb. maddelerin üretilmesidir. Klasik biyoteknoloji, biyolojik sistemlerin yapısında köklü bir değişiklik yapılmaksızın sınırlı teknikler ile antibiyotik, enzim, protein vb. maddelerin üretimi olarak tanımlanabilir. Modern biyoteknoloji ise gelişmiş genetik mühendisliği tekniklerinin (mutasyonlar, rekombinant DNA teknolojisi) kullanımı ile yeni özellik kazanmış mutantlar veya transgenik organizmaların endüstiride kullanımıdır (Öcal, 2012). Görüldüğü gibi geleneksel biyoteknoloji ile modern biyoteknoloji arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır.

Temel olarak biyoteknoloji, mahsul üretimi ve tarım, sağlık hizmetleri (tıbbi), çevresel ve endüstriyel biyoteknoloji olmak üzere dört ana kategoride renk kodları ile sınıflandırılmıştır. Yeşil biyoteknoloji; tarımsal işlemlerde uygulanan teknolojidir. Kırmızı biyoteknoloji; tıbbi uygulamalarda kullanılan teknolojidir. Mavi biyoteknoloji; biyoteknolojin akuatik ve denizle ilgili uygulamalarında kullanılan teknolojidir. Beyaz biyoteknoloji; endüstriyel işlemlerde kullanılan teknolojidir (Raju, 2016).

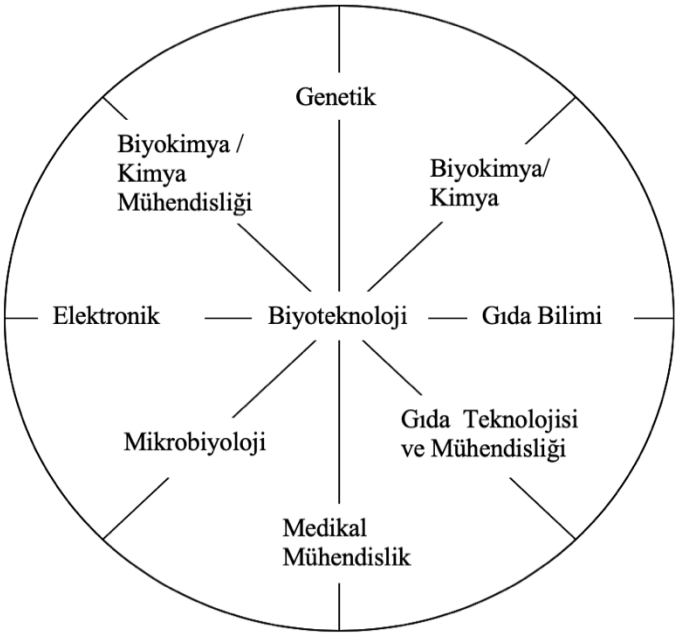
Birçok insan ekmek, yoğurt vb. fermantatik ürünlerin üretimi ile biyoteknolojiyi günlük yaşantılarında kullanmaktadır. Ancak modern biyoteknolojinin gelişimi 1960'larda genetik ve moleküler biyolojideki gelişmeler ile mümkün olmuştur. DNA'nın yapısı ve fonksiyonlarının bilinmeye başlanmasıyla, yeni teknolojiler, gen klonlama (ilgili geni bulma ve çoğlatma) ve genetik mühendisliği (bir organizmanın genetiğini değiştirme) yöntemleri ile rekombinanat DNA'lar oluşturulmuştur. Rekombinant DNA teknolojisinin, hastalıklara dayanıklı, yüksek verimli "altın pirinç" gibi besin değeri artırılmış bitkilerin üretimi, çevre kirliliğini azaltacak kapasiteye sahip genetiği değiştirilmiş bakterilerin geliştirilmesi gibi yüzlerce uygulama alanı bulunmaktadır (Thieman ve Palladino, 2013, s.4-5).

Biyoteknoloji ve genetik mühendisliği çoğu zaman birbiri yerine kullanılmaktadır. Ancak genetik mühendisliği rekombinant DNA teknolojisi, gen klonlaması gibi teknikleri kullanarak DNA üzerinde yapılan değişikliklerle ilgilenirken; bu tekniklerin tıp ve endüstiriyel süreçlerde ihtiyaç duyulan protein ve diğer bileşiklerin üretiminde kullanıması modern biyoteknolojinin alanıdır (Brown, 2006, s.4). Örneğin insanda büyüme hormonu üreten geni izole edip, bakterilere aktararak rekombinant DNA'ya sahip bakteri üretmek genetik mühendisliğinin çalışma alanıdır. Bu bakterilerden çok miktarda büyüme hormonunun ekonomik bir şekilde üretilmesi ise biyoteknolojinin çalışma alanıdır.

Modern biyoteknoloji; yeni bitki ve hayvan varyantları oluşturulmasında, gıda üretiminde, hastalıkların tanı ve tedavisinde, adli tıpta ve insan genlerinin haritalanmasında kullanılmaktadır. Aynı zamanda genetiği değiştirilmiş bitki ve hayvanlardan tedavi amaçlı proteinler üretilmesi için de kullanılmaktadır (Klug, Cummings ve Spencer, 2011, s.550).

Tek bir bilimsel disiplinin aksine biyoteknoloji; mikrobiyoloji, biyokimya, moleküler biyoloji, hücre biyolojisi, immünoloji, protein mühendisliği, enzimoloji, sınıflandırılmış

ıslah teknikleri ve tüm biyo-işlem teknolojikeri gibi çok çeşitli alanlardan yararlanabilir (Smith, 2009).



Şekil 1.Biyoteknolojinin faydalandığı alanlar (Smith, 2009)

Örneğin bir biyoteknolog, bakterilerde bulunan ve insanlara ait bir hastalığın tedavisinde kullanılma potansiyeli gösteren bir gen veya gen ürününü keşfetmek için biyokimyasal, moleküler ve genetik teknikler kullanır. Ayrıca gen dizisi ve ürettiği protein yapısının belirlenmesinde bilgisayar biliminden de faydalanır (Thieman ve Palladino, 2013, s. 5-6).

Biyoteknolojinin uygulama alanları o kadar geniş ve avantajları o kadar etkilidir ki, neredeyse her endüstri (ilaç, teşhis, çevresel temizlik, su ürünleri yetiştiriciliği, ormancılık, kimyasallar, ev ürünleri, gıda işleme ve adli tıp vb.) bu teknolojiyi kullanmaktadır. Biyoteknoloji bu endüstrilere genellikle yüksek hız, verimlilik ve esneklikle yeni ve daha iyi ürünler yapmalarını sağlamaktadır. Biyoteknoloji geleceğe umut vaat etmektedir (Raju, 2016). Biyoteknoloji sağlık, farmakoloji, tarım, gıda ve çevre alanlarında büyük etkiye sahiptir. Açıkçası yeni ilaçların üretilmesi, insan ve hayvan aşıları, tanılayıcılar, transgenik ürünler ve çevre temizliğinde yeni süreçlerin kullanımı tartışmasız insanların yaşam standartlarının ve yaşam süresinin artırılmasını sağlamaktadır. Bu ürünlerin geniş bir sektörde ticari gelişim ve kâr için üretimi ise insanlara iş ve kariyer olanağı sağlamaktadır (Bhatia, 2005). Biyoteknoloji stratejilerinde

genomik, sağlık, sentetik biyoloji, gen düzenleme ve biyo-dijital teknolojiler gibi alanlardaki son gelişmeler dikkate alınarak araştırma, yenilikçilik ve işte büyüme fırsatları değerlendirilmelidir (Gartland ve Gartland, 2018).

Teknolojinin herhangi bir alanında olduğu gibi biyoteknolojinin de etkili ve potensiyel uygulamaları da bazı etik kaygılara neden olabilmektedir (Thieman ve Palladino, 2013, s. 8). Biyoteknolojik yenilikler, farklı grupların riskleri, faydaları, arzu edilebilirliği ve yeni teknolojilerin gerekliliğini farklı şekillerde etkilerken bir dizi sıklıkla çelişen toplumsal tepkiyi de tetiklemektedir. Bu durum, gıdaların (tarımsal biyoteknoloji) genetik modifikasyonunda (GM), biyoyakıtlar (endüstiryel biyoteknoloji) gibi biyo-bazlı ürünler ve aşılar (tıbbi biyoteknoloji) gibi farmasötiklerin (tıbbi ürünler) çevresinde kültürel kutuplaşmaya ve hatta politik, yasal ve/ veya ekonomik yolsuzluğa yol açma eğilimindedir (Witt, Ossewijer ve Pierce, 2017). Son yıllarda biyoteknolojideki tartışmalı konular; gen düzenleme, sentetik biyoloji ve kümelenmiş düzenli aralıklı kısa palindromik tekrarlar (CRISPR) teknolojisini içeren gen-drive teknolojileri, sentetik viroloji ve insan genini düzenleme teknolojileri uygulamalarıdır (Getz ve Dellaire, 2018).

Bu yeni teknolojilerin halk tarafından anlaşılması ile halkın bu teknolojileri kabul etmesini kolaylaştırabilirdi. Yani bilimsel bilgi, biyoteknolojiye yönelik bireysel ve grup tutumlarını belirlemede önemli rol oynamaktadır. Ancak halkın anlayabileceği basit "açıklayıcı model" bulunmamaktadır (Sturgis, Cooper ve Fife-schaw, 2005). Bununla birlikte toplumun yeni biyolojik bilimlere ve teknolojilere yönelik daha iyi bilgi ve dolayısıyla bilinçli kararlar almasının etkili yolu öğretmenler arasında biyoteknolojik okuryazarlığı teşvik etmek olabilir (Casanove, Gonzalez, Salvado, Haro ve Novo, 2015).

1.1.1. Biyoteknolojinin Uygulama Alanları

Biyoteknoloji; biyoloji, kimya, matematik, bilgisayar bilimleri ve mühendislikle; ayrıca felsefe ve ekonomi gibi diğer bilim dallarına dayanan, geniş ve interdisipliner bir alandır (Thieman ve Palladino, 2013, s. 5). Birden fazla disiplini içermesinden dolayı birden fazla uygulama alanı bulunmaktadır. Biyoteknoloji uygulamaları klasik ve modern biyoteknoloji olarak ikiye ayrılmaktadır.

1.1.1.1 Klasik biyoteknoloji uygulamaları

Biyoteknoloji uygulamalarının temelleri çok eski zamanlara dayanmaktadır. Her ne kadar DNA klonlamak ve organizmaların genetiğini değiştirmek günümüz modern tekniklerinden olsa da, biyoteknoloji yeni bir bilim değildir. İnsanlar binlerce yıldan beri biyolojik organizmaları kendilerine yararlı birçok işlemde kullanmaktadırlar. Çinliler, Yunanlılar, Romalılar, Babilliler ve Mısırlıların M.Ö. 2000'li yıllardan bu yana biyoteknoloji ile ilgilenmişlerdir. Mikroorganizmaları kullanarak fermantasyon (mayalanma) ile ekmek, peynir, yoğurt, şarap vb. yapmaları; bitkisel ve hayvansal üretimleri iyileştirmek için seleksiyon ıslahı uygulamaları; mikroorganizmalarca üretilen ve diğer mikroorganizmaların çoğalmasını önleyen antibiyotik kullanımı bunlara örnektir (Thieman ve Palladino, 2013, s. 3).

1.1.1.2.Modern biyoteknoloji uygulamaları

Genetik mühendisliği ve rekombinant DNA teknolojisinde yaşanan gelişmeler bilim insanlarının farklı kaynaklardan elde edilen DNA'lar üzerinde çalışabilmelerini mümkün kılmıştır. İnsülin, insan büyüme hormonu, kanın pıhtılaşma özelliği gibi özel proteinlerin üretimi; yüksek verimli ve hastalıklara dayanıklı bitkiler ve hayvanlar; plastikleri ayrıştırabilen bakterilerin üretilmesi ile çevre kirliliğinin önlenmesi; insanlarda genetik hastalıkların nedeni olan binlerce genin belirlenmesi; insan sağlığına çok büyük bir katkı sağlayan İnsan Genom Projesi (İGP); suçluların tespiti; babalık davalarının çözümü gibi pek çok uygulama yapılmaktadır. Bu uygulamalar modern biyoteknolojinin uygulamalarıdır ve insanlığa önemli katkılarda bulunmaktadır. Modern biyoteknolojinin mikrobiyal, tarım ve hayvancılık, adli, tıbbi, akuatik ve biyoremidiyasyon gibi uygulama alanları bulunmaktadır (Thieman ve Palladino, 2013, s. 6-7). Moleküler biyoloji ve DNA teknolojisinde yaşanan gelişmeler biyoteknolojinin uygulama alanlarının da gelişmesini sağlamıştır. Son olarak bilim insanları tarafından keşfedilen Cas9 adı verilen bakterinin bağışıklık sisteminden alınan RNA yönetimli bir nükleazın bir hücreye veya organizmaya eklendiğinde ökaryotlarda çift sarmalda kopmalar yaratabilen ve kolay programlanabilen enzim sayesinde canlı genomunda değişiklikler yapabildiklerini bildirmişlerdir (Thurtle-Schmidt ve Lo, 2018).

1.1.1.2.1. Mikrobiyal biyoteknoloji

Ekmek, yoğurt, peynir, bira ve şarap yapımında mayaların kullanılması biyoteknolojinin en eski uygulamalarından biridir. Mikrobiyal biyoteknolojide bakteri ve mayalar gibi mikroorganizmaların manipülasyonu ile pek çok gıdanın yapımı ve işlenmesinin kolaylaştırılmasında ayrıca endüstiryel atıkların daha etkin temizlenmesinde kullanılan daha iyi enzimler ve canlıların üretilmesi mümkün olmuştur. Mikroorganizmalar, aşı yapımında ve klonlamada; insülin ve büyüme hormonu dahil insan sağlığında faydalanılan önemli proteinlerin toplu üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca mikroorganizmaların tanı amaçlı olarak insanlarda, gıda örneklerinde ve diğer kaynaklarda kullanılma stratejileri ile biyolojik silahlar olarak ortaya çıkması ve biyo-yakıt üretiminde kullanımı da mikrobiyal biyoteknolojinin araştırmalarındandır. Bunlara ek olarak metagenomik çalışmalar ile mikrobiyal toplulukların genomlarının belirlenmesi de mümkün olmuştur (Thieman ve Palladino, 2013, s. 122-157).

1.1.1.2.2. Tarımsal ve hayvan biyoteknolojisi

Tarım ürünlerinin genetik olarak değiştirilmesi, biyoteknolojinin en hızlı ilerleyen alanlarından biridir. Ot öldürücülere (herbisit), böceklere ve virüslere karşı direnç, yağ içeriğinin artırılması, olgunlaşmanın geciktirilmesi gibi çalışmalar yapılmaktadır (Klug, Cummings ve Spencer, 2011, s. 9). Son yıllarda ise birçok farmakolojik proteinlerin üretilmesi için gerekli bitki türü ve hücrelerinin tasarlandığı moleküler eczacılık alanı da kullanılmaktadır. Ayrıca biyoteknolojinin bitki atıklarından ve alglerden biyoyakıt üretiminde etkin olarak kullanılabilmesi için çalışmalar yapılmaktadır (Thieman ve Palladino, 2013, s. 9). Barciszewski, Ciemerych ve Twardowski (2019), gübreleme veya modern tarımsal teknolojinin (yabani otların, zararlı böceklerin, patojenlerin kontrolü) geliştirilmesi ve tarımsal kimyasallarda elde edilen başarı ve tarımsal biyoteknolojideki ilerlemeler ile gelecekteki olası kıtlık sorunlarına çözüm bulunabileceğini bildirmişledir. Hayvanların biyoteknolojide kullanımı ise, önemli ürünlerin üretilmesinde biyoreaktörler olarak antikor gibi tıbbi değeri olan proteinlerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bilim insanları, insan genlerini hayvanlara aktarmakta ve onları yetişkinler gibi süt üreterek bu sütlerdeki proteinin insan proteini olmasını sağlamaktadır (Klug, Cummings ve Spencer, 2011, s. 9). Temel çalışmalar için model organizmalar, hayvanların kullanımı ile gen ve işlevleri hakkında bilgi edinilebilir. Dolly'nin 1997'de klonlanması; bilim insanlarının bu

teknikleri doku uyuşmazlığı olmayan genetiği değiştirilmiş organlara sahip hayvanlar klonlanması ile organ nakli bekleyen hastalar için hazır organ kaynaklarının oluşturulması da hayvansal biyoteknolojinin olası bir uygulamasıdır (Thieman ve Palladino, 2013, s. 175-192).

1.1.1.2.3. Adli biyoteknoloji

DNA parmak izi -bir canlının benzersiz DNA kalıbını ortaya çıkaran yöntemler- adli biyoteknolojide kullanılan en temel araçtır (Thieman ve Palladino, 2013, s.11). Adli genetik; moleküler biyoloji ve genetik de dahil olmak üzere, olasılık prensipleri, deneysel hata, örnek kirliliği ve bilimsel hipotez testlerini temel alan çeşitli bilimsel disiplinlere dayanır (Smit, Healt ve Walter, 2014). 1980'lerden beri adli bilimlerde kullanılan DNA parmak izi, yanlış ve haksız yere suçlanan bireyleri aklamak için kullanılmış ve birçok suçlunun mahkumiyetine reddedilemez kanıtlar sağlamıştır. (McNamara-Schroedert, vd., 2006). Bunlara ek olarak DNA parmak izi, babalık testi, hayvan ve insan kalıntılarını, tecavüz vakalarını, cinayet davalarını, tarihi davaları, askeri köpek etiketlerini, kayıp kişileri ve hastalık/sağlık sorunlarını içeren birçok sorunun çözümü için kullanılmaktadır (Wagoner ve Carlson, 2008). DNA parmak izi; olay yerinden alınan doku, saç, kan veya vücut sıvılarından çok küçük miktarlarda örnekler kullanılarak yapılabilir. Nesli tükenen türlerin DNA parmak izlerinin belirlenmesi ile kaçak avlanmanın önlenmesi; hastalık yapan canlıların izlenmesi ve doğrulanması ile gıdalardaki patojenlerin saptanması; AIDS, menenjit, verem, Batı Nil virüsü gibi hastalıkların izlenmesi de adli biyoteknolojinin diğer uygulamalarıdır (Thieman ve Palladino, 2013, s.193-207). Ayrıca adli biyoteknoloji etkinliklerinin çeşitli teknik ve eleştirel becerileri öğrencilere kazandırma fırsatı sağlamasından dolayı fen bilimleri dersleri ile ilişkili müfredatlara eklenmesi ve geliştirilmesi önerilmiştir. Bu şekilde öğrencilere alan bilgisi, teknik ve eleştirel beceriler kazandırmanın yanı sıra kariyer fırsatı da sağlayabileceği düşünülmektedir (Elkins, 2014).

1.1.1.2.4. Tıbbi biyoteknoloji

Tıbbi biyoteknoloji; önleyici tıptan, hastalık ve sağlık tanılarına, hastalıkların tedavisine kadar insan sağlığını iyileştirmek için tasarlanmış uygulamaları kapsamaktadır. Rekombinant proteinlerin insan sağlığı alanında kullanılması, İnsan Genom Projesi'den

sağlanan bilgiler ile insanlarda bulunan kusurlu genlerin yerlerinin belirlenmesini ve hastalıkların tanı, tedavi veya önlenmesini sağlamaktadır. Araştırmacılar mikroaray teknolojisi ve diğer teknikleri kullanarak sağlıklı ve hastalıklı gen ifadesini karşılaştırma çalışmaları yapmaktadırlar (Campbell ve Reece, 2010, s. 393). Bu şekilde bazı genetik hastalıkların (orak hücre anemisi, Tay-Sachs hastalığı, kistik fibroz vb.) ayrıntılarının çözülmesinin ve tedavisinin sağlanılacağı düşünülmektedir (Thieman ve Palladino, 2013, s. 13). Hastanın genomuna mutasyona uğramış veya eksik olan genlerin yerine hedef hücrelere sağlıklı kopyaları vermek, ifadesini normal proteine yönlendirmek ve doğru hücresel fonksiyonları yenilemek amacıyla uygulanan (Atar, 2017) gen terapisi tıbbi biyoteknolojinin öncü uygulamalarından biridir. Gen terapisi ayrıca, kök hücrelerin rejeneratif potansiyelini ve transplantasyonunu, transforme olmuş veya enfekte olmuş hücrelerin spesifik olarak elimine edilmesi için kullanmaktadır (Naldini, 2015). Diğer bir uygulama kök hücre teknolojisi ile kendini yenileyebilen, çoğalma yeteneğine sahip olan ve hemen her çeşit doku ve organ türüne dönüşebilme potansiyeline sahip hücrelerin (Çubukçuoğlu Deniz, Durdu, Akar ve Özyurda, 2008) laboratuvar ortamında üretilebilmesi, buna bağlı olarak hasar görmüş dokuların değiştirilebilmesi belki de yapay organ üretimi ile birçok hayat kurtarılabilecektir.

1.1.1.2.5. Akuatik biyoteknoloji

Akuatik biyoteknolojinin en eski uygulamalarından bir de akuatik kültür, yani balık veya kabuklu deniz hayvanlarının kontrollü koşullarda gıda amaçlı üretilmesidir. Akuatik biyoteknoloji, genetik mühendisliği yöntemlerinin gelişmesiyle hastalıklara dayanıklı istiridyelerin üretilmesi, somon ve diğer balıkları enfekte eden virüslere karşı aşıların geliştirilmesidir (Kurath, 2008; Thieman ve Palladino, 2013, s. 12). Su ürünlerinde kullanılan biyoteknolojik yöntemler özellikle transgenik çalışmaların ürün verimliliğini artırmada önemli fırsatlar sunmaktadır (Özden, Güner, Kızak, 2003). Alabalıktan alınan büyüme hormonunun sazana aktarılması ile daha hızlı büyüyen ve daha iri sazan balıklarının üretilmesi sonucunda ticari değerlerinin artması ve zamandan tasarruf edilmesi sağlanmıştır (Ekici, Timur ve Bağış, 2006). Suda yaşayan canlılar benzersiz özelliklerinden (aşırı soğuk, derin, yüksek basınç ve tuzluluk oranı gibi çevre koşullarında yaşayabilmesi) dolayı biyoteknolojinin ilgisini çekmektedir. Deniz mikroorganizmaları varsayılan biyoteknolojik uygulamalar için zengin bir enzim kaynağıdır (Barzkar, Homaei, Hemmati ve Patel, 2018). Yapılan araştırmalarda suda yaşayan organizmaları

(planktonların belirli türlerinin ve salyangozların vb.) tümör, kanser, sıtma önleyici moleküller bakımından zengin olduğu, antibakteriyel, immünomodülatör, antifungal, antimikrobiyal, analjezik ve antimalarial özelliklere sahip oluğu kanıtlanmıştır (Malve, 2016; Mudit ve El Sayed, 2016). Bunun yanı sıra bireylerin/öğrencilerin okyanus okuryazarlığını geliştirmelerinde (Kim, Anderson ve Scott, 2013) , iş ve akademik kariyer bağlamında (Ciannelli, vd., 2014) akuatik biyoteknoloji önemli bir yere sahiptir.

1.1.1.2.6. Biyoremediyasyon

Biyoremidiyasyon; doğal ve insan yapımı çeşitli maddeleri, özellikle çevre kirliliğine neden olanları, işleme ve ayrıştırmada biyoteknolojinin kullanılmasıdır (Thieman ve Palladino, 2013, s.12). Biyoremidiyasyon doğal olarak meydana gelen, mikroorganizmaların çevresel kirlilikleri sabitleyerek ya da dönüşüme uğratarak son ürün haline getirdiği bir süreçtir (Dindar, Topaç Şağban ve Başkaya, 2010). Biyoremidiyasyon, endüstrinin neden olduğu çevresel kirliliğin temizlenmesinde kullanılmaktadır. Biyorediyasyon yaklaşımında, olumsuz koşulların düşük maliyetli ve çevre dostu bir yaklaşımla etkilerinin hafifletilmesi için mikroorganizmalar kullanılmaktadır (Onwurah, Ogugua, Onyike, Ochonogor ve Otitoju, 2007). Örneğin 1989'da Alaska'da Exxon Valdez petrol sızıntısının temizlenmesinde petrol indirgeyici bakterilerin kullanılması ile kilometrelerce kıyı şeridi kısa bir sürede temizlenmiştir (Prince ve Bragg, 1997). Yaşam kalitemiz, çevremizin sağlığı ve temizliği ile doğrudan bağlantılıdır. Çevresel kimyasalların genetiğimizi etkileyebileceği ve bazı kimyasalların insalarda hastalığa neden olan mutajenler olarak risk oluştırabileceği durumlar karşısında biyoremidiyasyon büyük önem kazanmaktadır. Çevresel biyoteknoloji sorunları çoğu zaman hazır çözümler bulunamayan, öngörülemeyen zorluklarla nitelendirilidiğinden, bu ortamlardaki çalışanların yaratıcı ve yenilikçi problem çözücüler olması gerekmetedir. Bu sebeple bu konuların öğretimine önem verilmelidir (Marklin Reynolds ve Hancock, 2010).

1.1.1.2.7. Nanobiyoteknoloji

Nanoteknoloji, atom ve moleküllerin bir araya getirilmesiyle nanometre ölçeklerde işlevli yapıların oluşturulmasıdır (Erkoç, 2011, s. 7). Nanoteknoloji ve biyoteknoloji alanında meydana gelen gelişmeler yeni bir çalışma alanının oluşmasına sebep olmuştur: Nanobiyoteknoloji. Nanobiyoteknoloji kelimesi iki kavramı içinde barındırmaktadır.

Bunlardan birincisi bir büyüklük tanımı olan nano (10^{-9}), yani milimetrenin milyonda birine karşılık gelen bir büyüklük, ikincisi ise biyoteknoloji kavramıdır (Tazebay ve Erdoğan, 2011, s. 39). Nanobiyoteknoloji, daha hassas, spesifik ve yüksek tanıma oranına sahip biyolojik ve kimyasal analizler için yeni birçok işlevli cihaz ve sistemler sınıfına öncülük eden mühendislik ve moleküler biyolojinin bileşimidir (Morais, Martins, Steffens, Pranke ve Costa, 2014). Balemen (2009)'a göre nanobiyoteknoloji ise, insanların vücuduna nano ölçeklerde makineler yerleştirerek birçok sağlık problemini ortadan kaldırmak ve yaşam kalitesini yükseltmek amacıyla ortaya çıkmış bir çalışmadır. Nanobiyoteknolojinin uygulama amaçları arasında; hastalık teşhisinin hızını ve kesinliğini artırmak, hücrelerin içine girebilecek biyonano yapıları tasarlamak, ilaç alımının özgüllüğünü ve zamanlamasını geliştirmek, biyolojik ve elektronik molekülleri tek ve küçük bir yapının içinde birleştirerek biyosensörlerin boyutlarını minyatürleştirmek ve çevre dostu üretimin geliştirilmesini teşvik etmek bulunmaktadır (Yıldırım, Bardakçı, Karataş ve Tanyolaç, 2010, s. 628). Nanobiyoteknoloji hem bilimsel hem de ekonomik ilerleme için çok önemli bir gelişme olarak kabul edilir (Kidman, 2009). Günümüzde nanobiyoteknolojinin çeşitli alanlarda uygulamaları bulunmaktadır. Bunlar; tıbbi uygulamalar (tanılama, gen terapisi, ilaç taşıma sistemleri), doku mühendisliği, patojen tespiti, gıda güvenliği, biyolojik yüzey aktif maddeler (Morais, Martins, Steffens, Pranke ve Costa, 2014). Nanobiyoteknolojinin tıp alanındaki uygulamaları ile insan vücudundan kanser hücrelerini yok eden, tıkalı arterleri açabilen nanopartiküllerin yanı sıra, kan basıncını ölçen, kanın oksijen düzeyi ve hormon düzeylerini izleyen nanocihaz sensörler gibi sayısız tıbbi fonksiyonları gerçekleştirecek küçük cihazların üretilmesi beklenmektedir (Thieman ve Palladino, 2013, s. 275-276). Ayrıca teşhis ve rejeneratif tıp olarak gelecek uygulaması halen araştırılmaktadır. Teşhiste, hastalıklı hücrelerin daha hızlı tespit edilip, hastalıklı hücreler yayılmadan ve vücudun diğer bölümlerini etkilemeden önce iyileştirilmesini sağlar. Büyük travmatik yaralanmalarda ya da işlevi bozulmuş organa sahip olan kişiler nanotıpdan faydalanabilirler (Fakruddin, Hossain ve Afroz, 2012). Nanobiyoteknolojinin multidisipliner yapısı birçok alanda kariyer ve iş fırsatı sağlamaktadır. Bu nedenle öğrenciler, öğretmenler ve araştırmacılar nanobiyoteknoloji eğitimini büyük ölçüde desteklemelidirler (Gül, 2017).

1.1.1.2.8. Biyoenformatik

Biyoenformatik, bilgisayar ve bilişim teknolojilerinin biyolojik süreçleri çözümlemek üzere birlikte kullanılmasıdır (Thieman ve Palladino, 2013, s. 89). Biyoenformatik veri tabanları ve analiz araçları modern biyolojide her yerde yaygınlaşmıştır. Biyoenformatik, DNA ve protein karşılaştırmalarından moleküler yapılar ve metabolik yollar ile çalışmaya kadar biyoloji anlayışımızın bir parçasıdır (Kovarik vd., 2013). Biyoenformatik disiplinlerarası bilim olduğu için birçok alanda uygulaması bulunmaktadır. Bunlar; moleküler tıp, gen terapisi, ilaç geliştirme, atık temizleme, iklim değişikliği çalışmaları, alternatif enerji kaynakları, ürün geliştirme, yapı tahmini, böcek (pestisit) direnci, besin kalitesinin artırılması, gıda kalitesi araçları, veteriner bilimleri, karşılaştırmalı çalışmalar (Gupta ve Rani, 2011). Örneğin, bir geni klonlayan bilim insanları, dizi verisini uluslararası veri tabanına girdiklerinde, yazılım, yeni girilen diziyi veri tabanındaki tüm diğer dizilerle karşılaştırır ve nükleotid uyumundaki benzerlik düzeylerine göre hizalanmış bir veri oluşturur. Bu aşamada GenBank olarak bilinen DNA dizi veritabanını ve NCBI (National Center of Biotechnology Information)'ın bir programı olan Temel Yerel Hizalama Arama Aracı (BLAST: Basic Local Alignment Search Tool) biyoenformatik aracını kullanması gerekmektedir (Thieman ve Palladino, 2013, s. 90). Bunun dışında CDART (Conserved Domain Architecture Retrieval Tool)-protein dizilerinin yapımı, ExPASy (Expert Protein Analysis System)- protein dizilerinin analizi, GEO (Gene Experession Genotyping Tool)- viral kaynakların genotipini teşhis etmede kullanılmakadır (Gupta ve Rani, 2011). Biyoenformatik aynı zamanda filogenetik ağaçların karşılaştırmalı analizinde de kullanılmaktadır (Pevzer ve Shamir, 2014). Filogenetik, çeşitli organizma grupları (türler ve topluluklar) arasındaki evrimsel ilişkinin araştırılmasıdır. Genler zaman içerisinde değişime uğrar, farklılaşır veya yok olur. Bu süreçler bir filogenetik ağaç olarak gösterilebilir. Eğitim alanında ise biyoenformatik yaklaşım öğrencilere, fen bilimlerindeki modern araştırmanın doğasını yansıtan büyük, bilimsel olarak otantik veri setlerini ve araçlarını kullanma imkanı sağlar. Ayrıca öğrencilerin karmaşık ve gerçek dünyadaki problemleri bilimsel bilgi, teori ve teknolojilerin entegrasyonu yoluyla çözmelerine olanak sağlarken, aynı zamanda sayısal modelleme becerilerinin yanı sıra bilgisayar ve teknolojik yetkinliklerini de geliştirmelerini sağlar (Machluf, Gelbart, Ben-Dor ve Yarden, 2017).

1.1.2. Biyoteknoloji Öğretimi

Biyoteknolojinin hızlı gelişimi, biyomedikal, tarımsal ve endüstriyel alanlara önemli katkılar sağlamıştır (Fonseca, Costa, Lencastre ve Tavares, 2012). Kök hücre araştırmaları, klonlama, gen tedavisi ve genetiği değiştirilmiş organizmalar gibi genetik araştırmalar biyoteknolojide birçok gelişmeye açık birer örnektir (Shea, Duncan ve Stephenson, 2015). Moleküler biyoloji bilimindeki ilerlemeler ve potansiyel uygulamalar, yalnızca bilimsel anlayışımız için değil, gelecekteki sağlığımız ve refahımız üzerinde de derin etkilere sahiptir. Günlük yaşamımız, yeni ilaçların, tıbbi teşhislerin ve tedavilerin gelişmesinden zaten etkilenmiştir ve gelecekte moleküler yaşama biliminin etkisi giderek artacaktır (Tibell ve Rundgren, 2010).

Biyoteknolojinin dünyada gitgide artan stratejik önemi ve bu alanda yaşanmakta olan gelişmeler göz önüne alındığında, ülkemizde biyoteknoloji alanında teknolojik bilgi düzeyinin ve katma değerli üretiminin arttırılması amaçlanmaktadır (Biltek, 2015). Örneğin, İnsan Genom Projesi'nde insan genomundaki genlerin yerleri ve işlevlerinin belirlenmesi ile gelecekte hastalıkların tedavisinde kişiye özgü ilaçlar gibi güvenli ve pratik yöntemler geliştirilebilir. Gen teknolojileri, DNA testi ve klonlama gibi biyoteknolojik süreçlerin ürünleri toplum üzerinde önemli etki oluşturmaktadır. Bununla birlikte, bu teknoloji aynı zamanda ürünlerin risk, etik ve kullanışlılığına ilişkin birçok tartışmayı da beraberinde getirmektedir. Bu durumda, bireylerin bilinçli kararlar alabilmeleri için biyoteknoloji çalışmalarına ve sonuçlarına yönelik hazırlanmaları gerekmektedir.

Biyoteknolojinin sürdürülebilir insani gelişime ve ekonomik büyümedeki sunduğu fırsatlara rağmen halk, biyoteknolojinin ne olduğu, nasıl yönetildiği, bilginin nasıl üretildiği ve faydaların nasıl dağıtıldığı ve tahakkuk ettiği konusunda sınırlı bir anlayışa sahiptir (Gastrow, Roberts, Reddy ve Ismail, 2018). Biyoteknolojik gelişmeler hakkında bilgi sahibi olmaları, fikir üretmeleri ve karar verebilmeleri için öğrencilerin, öğretmenlerin ve tüm bireylerin fen okuryazarı olmaları desteklenmelidir (Chanbalengula, vd., 2011). Bu nedenle mevcut araştırmalarda, tüm insanların bilimle ilgili şeyleri bilmeleri ve bilimin herkes için nasıl erişebilir hale getirilmesi gerektiği üzerine yoğunlaşılmıştır (Öztürk-Akar, 2017).

Biyoteknolojinin önemini göz önüne alınarak yürütülen araştırmalarda, toplumun ve öğrencilerin biyoteknoloji ile ilgili bilgilerini ve tutumlarını değerlendirdiği ve birçok

kuruluş ve organizasyonlar aracılığıyla konu ile ilgili eğitsel kaynaklar ürettikleri görülmektedir (Sönmez, 2014). Biyoteknoloji öğretilmesi en zor alanlardan biridir. Öğretmenin bilgisi, özellikle ilköğretim öğretmenleri için, biyoteknoloji ile ilgili deneyim sağlamayı etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Moreland, Jones ve Cowie, 2006). Biyoteknoloji konusunun, gerçek dünya problemleriyle meşgul eden giriş etkinlikleri ve problem çözme yöntemi ile davranışsal, bilişsel ve yapılandırmacı yaklaşımları kullanarak etkin şekilde öğretilebileceği önerilmiştir (Dunham, Wells ve White, 2002).

Biyoteknoloji eğitimi önemlidir, çünkü bugünün öğrencileri bu teknolojilerin kısa sürede geliştirilmesi ve kullanılması konusunda karar vermede sorumlu olacaklardır (Steele ve Aubusson, 2004). Biyotekoloji, bir yandan yeni ürünler oluşturmak için biyolojik sistemlerin modifikasyonu ve kullanımı, diğer yandan da biyolojik sorunların çözümünde teknolojinin uygulanmasına kadar geniş bir disiplindir. Bu sebeple biyoteknolojide yenilik, ortak öğrenme ve disiplinlerarası anlamlı bağlantılar kurmaya dayanır. Biyoteknoloji disiplinleri arasında anlamlı bağlatılar kurulmasının yolu güçlü teknojiler ve yüksek etkili öğretim uygulamalarının kullanılması ile biyoteknoloji eğitiminin yenilenmesidir (Goh ve Sze, 2019).

Moleküler genetik ve genomikteki gelişmeler ve kişiselleştirilmiş tıp ve onların diğer alanlardaki uygulamaları önemli sosyobilimsel sorunları gündeme getirmektedir. Fen öğretiminin amacı bilimsel okurayazar vatandaşlar yetiştirmek ise, fen derslerinde güncel genetik ve genomik teknolojilerin hayatımıza etkileri ele alınmalıdır. Biyoteknoloji öğretiminde verimli yaklaşımlar geliştirmek için çeşitli alanlardaki uzmanlar arasında işbirliğine dayalı disiplinlerarası bir çalışma yapılması gerekmektedir (Kampourakis, Reydon, patrinos ve Strasser, 2013). Bu bağlamda fen okuryazarlığı kapsamında biyoteknoloji konularının öğretimi için genetik konularının gen teknolojilerindeki güncel gelişmelere uygun olması (McElhinny, Dougherty, Bowling ve Libarkin, 2014), bu gelişmeler ve hayatımızdaki önemi fen bilimleri derslerinde ele alınmalıdır (Kampourakis, Reydon, Patrinos ve Strasser, 2014). Ayrıca etkili bir biyoteknoloji eğitimi, öğretmen yetiştirme programları ve hizmetiçi öğretmenler için kapsamlı mesleki gelişim programları ile gerçekleştirilebilir (Cebesoy ve Öztekin, 2017).

Moreland, Jones ve Cowie (2006), biyoteknoloji öğretimi için pedagojik içerik bilgisinin yedi yapıya sahip olduğunu tespit etmişlerdir;

- Biyoteknolojinin doğası ve özellikleri

- Konunun kavramsal, yöntemsel, toplumsal ve teknik yönleri
- Özel programların yanı sıra amaç ve hedefler de dahil olmak üzere müfredat bilgisi
- Konunun öğretimi ile ilgili mevcut bilgi, güçlü ve zayıf yönleri
- Konunun özel öğretim ve değerlendirme uygulamaları (örneğin otantik, yapı referansı)
- Bağlamın rolünü ve yerini anlama
- Konuyla ilgili sınıf ortamı ve yönetimi (örneğin kaynak, ekipman ve teknik yönetim)

Üniversitelerde ise biyoteknoloji eğitiminin içeriği, biyoteknolojik süreçler (biyoloji, genetik, hücre biyolojisi, biyokimya ve moleküler biyoloji), biyoteknolojik ürünler (biyoteknolojinin ve endüstriyel biyoüreticilerin-biyoreaktörler- teknolojik yönleri ile ilgilenmek) ve biyoteknikler (biyoteknolojide ekipman tasarımı ve modellemesi de dahil olmak üzere biyoteknolojinin mühendislik yönlerini sağlamak) olmak üzere üç uzmanlık alanına dağıtılmıştır (Dimkov, Atev, Topalova, Alexieva ve Atanasov, 2009). Belirtilen içeriklerle donanımlı öğrencilerin yetiştirilmesi için öncelikle öğretmenlerin biyoteknoloji okuryazarı olmaları gerekmektedir (Açıkgül Fırat, 2015).

Harms (2002), fen derslerinde biyoteknoloji konuları ve deneylerinin öğretim programında yer alan konular bağlamında işlenmesine yönelik olarak farklı eğitim seviyeleri için bazı örnekler vermiştir. Bunlar ilkokulda geleneksel biyoteknik yöntemler öğrencilerin günlük yaşamlarıyla, yani biyoteknolojinin gıda üretiminde uygulanması ile ilgili örneklerle ilişkilendirilerek verilebilir. Ortaokul düzeyinde, biyoteknolojik süreçler "ekoloji" konularına ve çevre sorunlarındaki eğitime entegre edilebilir. Örneğin, azot döngüsünde indirgeyiciler olarak mikroorganizmalar anlamında. Zaten bakteri, mantar ve virüsler enfeksiyonlara neden olan patojenler olarak sağlık eğitimi kapsamında ele alınmaktadır. Ortaokul son sınıf öğrencileri insan fizyolojisi ile ilgili enzimler ve enzim teknolojisini merkeze alan bir tema seçebilirler. Basit deneyler -örneğin pektinin meyve suyu üretimi sırasında parçalanması- ekonomik açıdan önemli biyoteknoloji alanlarıyla bağlantı kurulabilir. Yine bu okul düzeyinde bitki ıslahı konusu- özellikle modern yetiştirme yolları- biyoteknoloji ile bağlantılı bir şekilde verilebilir. Lise düzeyindeki öğrenciler yalnızca biyoteknoloji uygulamaları ile ilgili değil aynı zamanda biyoteknolojik bilginin tarihsel gelişimi ile de ilgilenmelidir. Biyoteknolojide kullanılan ana yöntemleri bilmeleri ve bu tekniğin uygulama olanaklarını gerekçeli bir şekilde

yargılamayı öğrenmeleri gerekir. Bu karmaşık bir konu olan biyoteknolojinin etik ve sosyal yönlerinin fen derslerine entegre edilmesi anlamına gelir.

Biyoteknoloji, birçok batı ülkesinde (Amerika Birleşik Devletleri de dahil olmak üzere) biyoteknoloji, kamusal alandaki yaygınlığına rağmen fen bilimleri dersi öğretim programında yetersiz şekilde temsil edilmektedir. NGSS (National Generation Science Standarts)'de biyoteknoloji konusu dokuzuncu sınıf biyoloji dersine kadar çok az temsil edilmektedir. Ayrıca biyoteknolojinin doğası gereği öğretimi ve öğrenimi zordur. Her seviyede fen eğitimcilerinin hem zaman hem de içerik bilgisi edinimi konusundaki sayısız kısıtlama ile biyoteknoloji gibi hızla gelişen teknolojileri çevreleyen içeriği etkili şekilde öğretmeleri zordur (Gardner ve Troelstrup, 2015). Ülkemizde ise genetik ve biyoteknoloji konuları ortaokul 8. sınıftan itibaren fen bilimleri dersi kapsamında yer almaktadır (MEB, 2018a). Ortaokul 8. sınıfta dört kazanımla ele alınan genetik mühendisliği ve biyoteknoloji konuları ortaöğretim ve lisans seviyelerinde ise uygulamasız olarak işlenmektedir. Bu durum konuların öğretimini sınırlandırmaktadır. Demirci ve Yüce (2018), genetik mühendisliği ve biyoteknoloji hakkındaki temel bilgilerin küçük yaşlarda öğrenilmesinin bu konuya ilişkin doğru ve mantıklı tutum geliştirilmesinde büyük öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca biyoteknoloji eğtiminde öğretmenler de önemli bir yere sahiptir. Çünkü öğrenciler, öğretmenlerinin biyoteknoloji eğitimine ilişkin düşünceleri ile bu konuya yönelik bilgi ve tutumlarından etkilenmektedir (Zakell, Safeena ve Marikar, 2016). Öğretmenlerin kavramsal ve yöntemsel biyoteknolojik bilgisinin geliştirilmesi, öğrenme kazanımlarını belirlemelerini sağlar, böylece biyoteknolojik özellikler ile spesifik biyoteknolojik öğrenme sonuçları arasında daha fazla güvenle haraket edebilirler (Moreland, Jones ve Cowie (2006).

Bu doğrultuda genetik mühendisliği ve biyoteknoloji konularının öğretimi konusunda gerek ortaokul gerekse lisans seviyesinde bazı eksiklikler olduğu ve düzeltmeler yapılması gerektiği göze çarpmaktadır. Mevcut öğretim programındaki bu konuların yeri ve önemi güncel çalışmalar ışığında değerlendirilmeli, gerekli ise revize edilmelidir. Ayrıca görevdeki öğretmenler için çeşitli hizmetiçi etkinliklerle biyoteknoloji öğrenmeleri desteklenmelidir.

1.1.2.1.Biyoteknolojinin fen bilimleri eğitimindeki yeri

Günümüzde biyoteknoloji alanında meydana gelen bilimsel gelişmeler biyoteknoloji eğitimini önemli hale getirmektedir. Bu konularla ilgili ilk öğrenmeler Fen Bilimleri dersi kapsamında ele alınmaktadır. Bu sebeple öğretim programları, fen eğitiminin niteliğinin arttırılması bakımından önemlidir (Ünal, Coştu ve Karataş, 2004). Nitelikli bireyler yetiştirmek için değişen gereksinimler, bilim ve teknolojideki gelişmeler, öğretim programı geliştirme çalışmalarını da beraberinde getirmektedir (Benli Özdemir ve Arık, 2017). Sürekli değişen ve gelişen bilime ayak uydurmak için biyoteknoloji programlarının geliştirilerek yenilenmesi ve çağın gerektirdiği koşullara uygun hale getirilebilmesi gerekmektedir (Çelik ve Erişen, 2010). Bu doğrultuda öğretim programları güncellenmektedir. Ülkemizde Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] 2018 yılında öğretim programlarında değişikliğe gitmiş, taslak olarak sunulan öğretim programının son hali eğitimcilerinden gelen dönütler doğrultusunda 2018-2019 eğitim öğretim yılında tüm ders ve sınıflarda uygulanmaya başlanmıştır.

Uluslararası Teknoloji Eğitim Kurulu olan ITEA tarafından yayınlanan "Teknoloji okuryazarlığı için standartlar: Teknolojik çalışmalar için içerik" ve "Tüm Amerikalılar için Teknoloji Projesi" isimli çalışmalarında (International Technology Education Association [ITEA/ITEEA], 2007) teknoloji okuryazarlığı kapsamında biyoteknoloji konusu 15. standart ile doğrudan ele alınmıştır. 15. standart; "Öğrenciler tasarlanmış dünya anlayışı geliştirecekler; tarım ile ilgili biyoteknolojiyi seçecekler ve kullanacaklardır." (ITEA, 2007). 6-8. sınıf ve 9-12. sınıf düzeylerinde biyoteknoloji kavramı birer kazanım ile verilmektedir.

> "Biyoteknoloji, ticari ürünler veya işlemler oluşturmak için biyoloji ilkelerini uygular." (6-8. sınıf kazanımı)
>
> "Biyoteknoloji, tarım, ilaç, yiyecek ve içecek, tıp, çevre, enerji ve genetik mühendisliği gibi alanlarda uygulamalara sahiptir." (9-12. sınıf kazanımı)

Ülkemizde fen bilimleri öğretim programında biyoteknolojinin yeri incelendiğinde, biyoteknolojinin Milli Eğitim Bakanlığı ilköğretim ve ortaöğretim programlarında, Yüksek Öğretim Kurulu biyoloji ve fen bilgisi öğretmeliği lisans programlarında yer aldığı görülmüştür.

Öğrencilerin biyoteknoloji konularına yönelik ilk öğrenmeleri ilköğretim 8. sınıfta başlamaktadır. Biyoteknoloji konusu Ocak 2018 tarihinde güncellenen İlköğretim Kurumları Fen Bilimleri Dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) Öğretim Programında ilköğretim 8. sınıf fen bilimleri dersi kapsamında "DNA ve Genetik Kod" ünitesinde "Biyoteknoloji" konu başlığı altında verilmektedir (MEB, 2018a). Programda konunun öğretime ilişkin ayrılan süre dört ders saatidir. Biyoteknoloji konusu altında öğrenilecek konu/kavramlar; genetik mühendisliği, yapay seçilim, biyoteknolojik çalışmalar, biyoteknoloji, uygulamalarının çevreye etkisi olarak belirlenmiştir. Biyoteknoloji konusuna ilişkin kazanımlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2

Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda Biyoteknoloji Konusu Kazanımları (MEB, 2018a)

Sınıf	Ünite/ Konu Alanı	Konu	Kazanımlar
8. Sınıf Fen Bilimleri Dersi	Canlılar ve Hayat	Biyoteknoloji	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.

Ortaöğretimde ise biyoteknoloji konularına yönelik kavramlar Ortaöğretim Biyoloji Dersi Öğretim Programı'nda 12. sınıfta "Genden Proteine" ünitesinde "Genetik Şifre ve Protein Sentezi" konu başlığı altında çeşitli kazanımlarla yer almaktadır (Tablo 3).

Tablo 3

Ortaöğretim Biyoloji Dersi Öğretim Programı'nda Biyoteknoloji Konusu Kazanımları (MEB, 2018a)

Sınıf	Ünite/ Konu/ Alanı	Konu	Kazanımlar
12. Sınıf Biyoloji Dersi	Genden Proteine	Genetik Şifre ve Protein Sentezi	12.1.2.2. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramlarını açıklar. 12.1.2.3. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarını açıklar. 12.1.2.4. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının insan hayatına etkisini değerlendirir.

Yükseköğretimde biyoteknoloji konuları Fen ve Mühendislik Fakültelerinde biyoloji, moleküler biyoloji, genetik mühendisliği vb. bölümlerde, Eğitim Fakültelerinde ise biyoloji öğretmenliği, fen bilgisi öğretmenliği bölümlerinin öğretim programlarında yer almaktadır. Yükseköğretim Kurulu'nca 2018 yılında öğretmenlik lisans programlarında yapılan değişikliler doğrultusunda, Fen Bilgisi Öğretmenliği programında biyoteknoloji konusu "Genetik ve Biyoteknoloji" ve "Biyolojide Özel Konular" dersleri kapsamında uygulamasız olarak verilmektedir (Tablo 4). Biyoloji öğretmenliğinde ise "Moleküler Biyoloji" ve "Genetik" dersleri kapsamında biyoteknoloji ve ilgili konuların öğretimi yapılmaktadır (YÖK, 2018a; 2018b).

Tablo 4

Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı'nda Biyoteknoloji Konusu Kazanımları (YÖK, 2018a)

Sınıf	Ders	Kazanımlar
Fen Bilgisi Öğretmenliği VI. yarıyıl	Genetik ve Biyoteknoloji	-Genetik ve biyoteknoloji ilişkisini açıklayabilme. -Biyoteknolojik çalışmalar hakkında örnekler verebilme
Fen Bilgisi Öğretmenliği VII. yarıyıl	Biyolojide Özel Konular	-Biyoloji ve teknoloji hakkındaki bilgileri kavrama -Genetik uygulamaların günlük hayata getirdiği kolaylıkları bilme -Genomik bilimler hakkında ilgileri kavrama

1.2. Laboratuvara Dayalı Fen Öğretimi

Fen bilimleri öğretiminde öğrencinin aktif olduğu en etkili öğrenme ortamlarının başında laboratuvarlar gelmektedir (Ekici, 2009). Laboratuvar çalışmaları, öğrencilere hem fen kavramlarını hem de bilimsel yöntemi öğrenmeleri için somut yaşantılar sağlar (Ault, Renfro ve White, 2011). Fen eğitimi için laboratuvar, fen bilimlerindeki soyut kavramların öğretilmesinde etkili olarak kullanılan, bireysel ya da küçük gruplar halinde, bu kavramların çeşitli şekillerde öğretilmeye çalışıldığı, düşünüp fikir üretip yorumlayarak yeni bilgilerin oluşturulduğu, yaparak yaşayarak birtakım becerileri kazandıran, çeşitli araç ve gereçleri bulunduran özel derslikler olarak tanımlanabilir (Anagün ve Duban, 2014, s. 341). Başka bir ifade ile öğretilmek istenilen konunun yapay olarak bir öğrenciye birinci elden deneyimle öğretiminin yapıldığı ortamlara denir (Karslı ve Şahin, 2015, s. 15). Laboratuvar bilginin kullanıldığı aktif bir yerdir (Şimşek ve Çınar, 2013, s. 16).

Fen bilimleri öğretiminde laboratuvar, bilimsel düşünme ve çalışma becerilerini geliştirerek; bilimsel düşüncenin temelini oluşturan araştırma, inceleme, deney yapma ve deney sonuçlarını yorumlama becerisi kazandırır (Güneş, 2016, s. 3). Bu sebeple fen laboratuvarlarında, öğrencilerin zihinlerini çalıştırarak; bilimsel çalışan, araştıran, gözlemleyen, sonuçları yorumlayan, sorgulayabilen fen okuryazarı bireyler olarak yetişmeleri amaçlanmaktadır (Topsakal, 2005, akt. Anagün ve Duban, 2014, s. 342). Bunlara ek olarak öğrencilerin laboratuvar çalışması sırasında araç-gereç, madde ve malzemeleri dikkatli ve ekonomik kullanmayı öğrenmeleri ile öğrenmede öğrencilerin kendi zihin becerilerini kullanabilme yollarını görebilmeleri de vardır (Güneş, 2016, s. 3-4). Öğrencilerin laboratuvar çalışmalarına aktif olarak katılımının akademik başarılarını artırdığı bildirilmiştir (Benskin ve Chen, 2012). Laboratuvar çalışmaları fen öğretiminin temelini oluşturur. Laboratuvarda bireyler yaparak, yaşayarak kavram ve olguları öğrenmelerinin yanı sıra bu süreçte laboratuvar teknik becerileri gibi yaşam beceleri de kazanırlar. Örneğin termometre ile sıcaklığın ölçülmesi ya da ışık mikroskobunun kullanılması bir laboratuvar teknik becerisidir (Hasson ve Yarden, 2012). Bu şekilde edinilen bilgiler ve beceriler günlük yaşamda karşılaşılan problemlere aktarılabilir.

Laboratuvarda etkili bir öğretim ortamının sağlanmasında öğretmenin de önemli görevleri vardır. Öğretmenler laboratuvarda, öğrenci-öğretmen, öğrenci-öğrenci etkileşimlerine olanak sağlayacak, öğrencilerin kendi öğrenmelerinin sorumluluğunu

üstlenecekleri, araştırma yaparak bilgiye ulaşacakları, öğrenci merkezli öğretim yöntemlerinin önemini kavramalı ve bunları uygulayabilmelidirler (Yılmaz ve Morgil, 2010). Fen bilimleri öğretiminin başlagıcında ve uygulanmasında öğretmenler; fen bilimlerinin felsefesini, öğrencilerin yetenekleri ve elde edilebilir malzemeleri dikkate alarak planlama yapmalıdırlar (Keskin Geçer, 2018). İyi tasarlanmış fen laboratuvarı etkinlikleri öğrencilerin kavramları ve kavram çerçevelerini geliştirmelerine yardım eden öğrenme fırsatları sağlayabilir (Akıllı, 2018). Ayrıca laboratuvar çalışmaları öğrencilerin konu ile ilgili bilgi edinmeleri ve bazı psikomotor becerileri kazanmalarının yanı sıra motivasyonlarını da artırır (Colabroy, 2011).

1.2.1. Laboratuvar Yönteminde Kullanılan Yaklaşımlar

Fen eğitiminde yapılan çalışmalarda, fen bilgisi öğretmenlerinin fen öğretimi sürecinde derslerinde deney ve etkinliklere yeterince yer vermedikleri görülmektedir (Şimşek, Hırça ve Coşku, 2012). Öğretmenler malzeme yetersizliği, ders saatinin az olması, ortamın uygun olmaması, laboratuvar konusunda yeterli bilgiye sahip olmama, laboratuvarada kontrolün zor olması gibi sebeplerden dolayı derslerinde laboratuvar çalışmalarına daha az yer verdiklerini belirtmişlerdir (Kaya ve Böyük, 2011).

Laboratuvarda öğrenmeyi kolaylaştırmak için çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bunlar tümevarım (açık uçlu deneyler), buluş yoluyla (hipotez test etme deneyleri), bilimsel süreç becerileri, teknik beceriler ve doğrulama veya tümdengelim (kapalı uçlu deneyler) yaklaşımlarıdır (Taşkın, 2008, s. 49). Ayrıca laboratuvarda gerçekleşecek uygulamaların amacı, içeriği ve süreci de benimsenecek bu yaklaşımları etkilemektedir (Anagün ve Duban, 2014, s. 343).

1.2.1.1.Doğrulama veya tümdengelim yaklaşımı (Kapalı uçlu deneyler)

Fen öğretiminde en sık kullanılan laboratuvar yaklaşımıdır. Bu yaklaşımının temelinde derste değişik öğretim yöntem ve teknikleriyle (anlatım, soru-cevap, tartışma) işlenen kavram, ilke, yasa veya konunun, öğrenciler veya öğretmenler tarafından laboratuvarda ispatlanması veya doğrulanması vardır. Bu yaklaşımla yapılan deneylerde öğrenciye başlangıçta deneyi nasıl yapacağı, ara basamakta neler yapacağı ve ne bulacağı verilir ve laboratuvarda bu sonuca ulaşması istenir. Bu yönüyle bu yaklaşım, kapalı uçlu deneylere dayalı laboratuvar tekniğine benzemektedir (Ayas, Çepni ve Akdeniz, 1994). Bu

yaklaşıma dayalı laboratuvar uygulamaları yaratıcılık yeteneğini geliştirmez. Ancak öğrencinin kendisine sunulan bilgiyi ispatlama becerisini geliştirir (Karslı ve Şahin, 2015, s. 15). Ayrıca öğrencilerin deney yaparken pratik ve teknik becerilerinin gelişmesine katkı sağlar, temel yasa ve prensipleri yaparak yaşayarak ispatlayarak doğruluğunu kabul etmek gibi faydaları da bulunmaktadır (Anagün ve Duban, 2014, s. 344).

1.2.1.2.Tümevarım yaklaşımı (Açık uçlu deneyler)

Doğrulama yaklaşımın aksine tümevarım yaklaşımında öğrenciler önce laboratuvar ortamında birinci elden deneyim sağlayarak prensip ya da yasayı kendileri bulmaya çalışır. Daha sonra sınıf ortamında deneyimler tartışılır ve incelenen konu ile ilgili bilimsel tanımlar ve çeşitli bilgiler verilerek konunun öğrenilmesi tamamlanır (Taşkın, 2008, s. 50). Bu açıdan açık uçlu deneylere dayalı laboratuvar tekniğine benzemektedir. Öğrenciler tüm süreci kendileri planladıkları ve tamamladıkları için öğrendikleri kavramlar daha kalıcı olmaktadır (Anagün ve Duban, 2014, s. 346). Bu yaklaşımda öğrenci bir bilim adamı gibi gözlem yapma, problem belirleme, hipotez kurma, hipoteze uygun deney ya da inceleme-araştırma tasarlama, gözlemleme, ölçüm yapma, verileri düzenleme, belli sonuçlar doğrultusunda genellemelere varma gibi bilgi kazanma yollarını kullanarak bilimsel becelerini geliştirmenin yanında fen kavramlarını anlama, akılda tutma ve bilimsel düşünebilme yeteneklerini de geliştirmektedirler (Taşkın, 2008, s. 51). Bunun yanı sıra açık uçlu deneylerin eğitim öğretimde kullanılmasında bazı zorluklar ortaya çıkabilir. Bunlar; öğrenci bütün uygulama basamaklarını kendi yapacağı için zaman ve yeteneklerin sınırlı olması, öğrencilerin öğrenme farkından dolayı sınıf içerisinde olumsuz durumların oluşması, öğrencilerin farklı deneyler ve çözüm yolları ile çalışmaları, öğretmenin kontrolünün güçleşmesidir (Çepni, 2007, s. 186).

1.2.1.3.Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım (Hipotez test etme deneyleri)

Bu yaklaşım, öğrencilerin serbestçe herhangi bir yolu takip etmeksizin bir ilkeyi, prensibi, fikri, kavramı, teoriyi ya da bilimsel bir genellemeyi kendilerinin belirlediği bir yol ve yöntemle test ederek bulmalarına dayanır. Bu yaklaşımda öğretmen öğrencilere sadece bazı ipuçları vererek düşüncelerini belirli yönde kanalize etmelerini sağlar (Taşkın 2008, s. 53-54). Bu yaklaşım öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini ve teknik becerilerini geliştirmede etkili olur. Bu yaklaşımda Bruner'in buluş yoluyla öğrenme teorisini temel

alınır. Öğrenciler, kendi kurduğu veya kurulmuş olarak verilen hipotezin doğru olup olmadığını kontrol etmek için deney tasarlarlar, bu deneyler için gerekli araç ve gereçleri sağlar, düzenekler kurar, deneyleri yapar, gerekli gözlemleri ve ölçmeleri yaparak kaydeder, verileri işler, bulguları ortaya koyar ve yorumlar, deneylerin sonucuna göre hipotezin doğru veya yanlış olduğuna karar verirler. Bu yaklaşım hipotez test etme türü deneylere karşılık gelir (Karslı ve Şahin, 2016, s. 18). Hipotez test etme deneylerinin kullanılması ile öğrenciler kendi algı hızlarında, kendi istedikleri yollarla çalışma imkanı bulurlar ve yaratıcılıklarını geliştirdikleri için bu süreçten zevk alırlar. Ancak öğrencilerin farklı deney ve çözüm yolları ile çalışmasından dolayı öğretmenin kontrolü güçleşir, öğrencilerin gerekli araç-gereçleri sağlaması ekonomik problemlere neden olabilir veya yapılan deney başarısızlıkla sonuçlanabilir (Çepni, 2007, s. 187).

1.2.1.4.Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı

Fen bilimlerinde bilimsel süreç becerileri, genellikle "temel süreçler" ve "bütünleştirici süreçler" olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Temel süreçler; gözlem yapma, sınıflandırma, iletişim kurma, ölçme, tahmin etme, verilere dayalı çıkarım yapma gibi yeterlilikleri kapsamaktadır. Bütünleştirici süreçler ise; değişken belirleme ve kontrol etme, hipotez kurma ve test etme, verileri yorumlama, tanım yapma, deney yapma ve model oluşturma gibi ileri düzey becerilerden oluşmaktadır (Martin, Jean-Sigur ve Schmidt, 2005). Bu yaklaşım bu bilişsel becerilerin öğrencilere kazandırılması amacıyla laboratuvarın kullanılmasını gerektirir (Taşkın, 2008, s. 53).

Bilimsel süreç becerilerine dayalı öğretim uygulamalarının öğrencilerin kavram yanılgılarını gidererek olumlu yönde kavramsal değişim gerçekleştirmelerine katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır (Karslı, 2011; Karslı ve Ayas, 2014). Bu yaklaşımla bir ya da birden fazla bilimsel süreç becerisinin gelişmesi sağlanmaktadır. Ancak bunun için öğretmenlerin öğrenciyi iyi analiz ederek, deneylerin amacın iyi belirlenmesi ve deneylerin doğru tasarlanması gerekmektedir (Çepni, 2007, s. 215).

1.2.1.5.Teknik beceriler yaklaşımı

Laboratuvar etkinliklerinin gerçekleştirilmesi sürecinde bazı deney düzeneklerinin kurulması ve bazı araçların kullanımı esnasında bazı teknik becerilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar genellikle el ve göz uyumu gerektiren becerilerdir. Mikroskop,

voltmetre, ampermetre, barometre, güç kaynağı gibi bazı aletlerin kullanımı ise özel ve teknik beceri gerekmektedir (Anagün ve Duban, 2014, s. 354). Teknik beceriler, genelde öğrencinin ihtiyaç duyduğu ve deney sürecinde kullanacağı araç-gereçlerin tanıtılması, çalıştırılması ve doğru kullanılmasıyla sınırlı kalmayabilir. Bazı durumlarda bu tür araç ve gereçlerin bakımı ve kısıtlı da olsa onarımı da öğretim sürecine alınmalıdır (Çepni, 2007, s. 210).

Bu yaklaşım ile öğrencilerin laboratuvarda yapacakları deneyleri planlama ve uygulama aşamasında laboratuvar araç-gereç ve malzemelerini tanımaları, bu süreci yönlendirmeyi ve oluşturmayı kolaylaştırır. Öğrenciler malzemeleri tanıdıkları ve çalışma ilkelerini bildikleri için ellerinde olmayan bir malzeme için alternatif üretebilirler, arızalı olanlarını tamir ederek kullanabilirler. Bu şekilde kazandıkları tecrübe ve becerilerden yararlanarak deneylere yeni boyutlar ekleyerek kendi öğrenme süreçlerini hızlandırabilirler (Anagün ve Duban, 2014, s.354).

1.3. Yenilikçi Öğretim Yaklaşımları

Yenilikçi ya da inovasyon kavramları Türk Dil Kurumu [TDK]'nda "Yenilikten yana olan, yenileşim" olarak ifade edilmekte ve "Değişen koşullara uyabilmek için toplumsal, kültürel ve yönetimsel ortamlarda yeni yöntemlerin kullanılmaya başlaması" şeklinde açıklanmaktadır (TDK, 2016). Yenilikçi olmak, yapabileceğimiz en iyisinin ötesine bakmak, yarının büyük fikirlerini belirlemek ve uygulamaya koymakla ilgilidir. Eğitimde yenilik ise eğitimciler için öğrenme ortamlarında uygulayabilecekleri yeni yollar aramak ve aktif öğrenme ortamlarını güçlendirmek için destek yapılar geliştirmektir. Ayrıca, "yenilikçi" öğretim yöntemlerinden kastedilen, ulusal ve uluslararası bazlı güncel ve yeni yaklaşım strateji, yöntem ve tekniklerdir.

Eğitim ve yenilikçi yaklaşımların ilişkilendirilmesi için çeşitli yöntem ve teknikler öğretim ortamlarına entegre edilerek verilmiştir. Fen eğitiminde yenilikçilik için güncel olarak benimsenen yöntem ve tekniklerin disiplinlerarası bir anlayışla öğretim ortamlarına entegre edildiği gözlemlenmektedir. Problem ve araştırma tabanlı öğretim (Fiksl, Flogie ve Abersek, 2017), proje tabanlı öğretim (Kavacık, Yanpar Yelken ve Sürmeli, 2015), laboratuvar tekniği ve bilimsel düşünme (Martins ve Martel, 2013), laboratuvar ve model kullanımı (Oyelekan, Igbokwe ve Olorundare, 2017), sanal

laboratuvarlar (İnce vd., 2015), argümantasyonun (Astuti, 2018) fen eğitiminde yenilikçi yaklaşımlar olarak kullanıldığı bildirilmiştir. Kavacık, Yanpar Yelken ve Sürmeli (2015) ise modern fen eğitiminde inovasyonu sağlayabilecek yöntemlerden birinin proje çalışmaları olduğunu belirtmiştir. Martins ve Martel (2013), geleneksel laboratuvar tekniği ile bilimsel düşünme, bilimsel yazma ve konuşma ve sonuçları poster olarak sunma aşamalarını içeren yenilikçi laboratuvar araştırma projelerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda öğrencilerin deneysel veri analizi ve bilimsel tartışma yapmalarının yanı sıra birlikte çalışmalarının, onların başarılarına olumlu katkısı olduğu bildirilmiştir.

Yukarıda belirtilen öğretim yaklaşımlarının dışında fen eğitiminde, fen-teknoloji entegrasyonu ile yenilikçi teknolojiler olarak sanal gerçeklik, mobil öğrenme, her yerde öğrenme, arttırılmış gerçeklik (Lin ve Tsai, 2015) ve oyun tabanlı öğrenme (Sadler, vd., 2015), fen-teknoloji-mühendislik-matematik (STEM) (Guerreo, Crites, Hovermill ve Beadudrie, 2018) gibi stratejilerinin kullanıldığı görülmektedir.

Fen eğitiminde yenilikçi yaklaşımlardan biri disiplin-tabanlı öğrenme yaklaşımıdır. Bu yaklaşım ile öğrencilere belli FeTeMM (Fen-Teknoloji-Matematik-Mühendislik) disiplinlerinin öğretilmesi amaçlanmaktadır (Wood, 2009). Yenilikçi yaklaşım olarak ele alınan oyun tabanlı öğretiminin gelecekte öğrencilerde teknolojik farkındalık oluşturmak ve mesleki gelişimlerindeki zorlukların aşılmasında fayda sağlayacağı belirtilmiştir (Sadler, vd., 2015). Başka bir çalışmada, yenilikçi düşünme ve girişimciliği artırmak için seneryo-tabanlı öğrenme yaklaşımıyla öğrencilerin bilgi toplamaları, değerlendirme ve yenilikçi fikirler önermeleri, yazmaları bir araç olarak kullanılmıştır. Bu şekilde yenilikçi düşünme ve başarının arttırılacağı belirtilmiştir (Winterman ve Malacinski, 2015). Lin ve Tsai (2015), fen eğitiminde öğrenmeyi artırmada teknolojiyi kullanmanın önemli bir eğilim haline geldiğini belirtmişlerdir. Son on yılda (2003-2012) fen öğretimi çalışmalarında yenilikçi teknolojiler olarak genellikle sanal gerçeklik, mobil öğrenme, her yerde öğrenme, arttırılmış gerçeklik ile öğrenme ve oyun tabanlı öğrenme yaklaşımlarının kullanıldığını tespit etmişlerdir. Benzer olarak Istance ve Kools (2013) eğitimde inovasyon ve teknoloji arasındaki ilişkiye dikkat çekmiştir.

1.3.1. Araştırma-Sorgulamaya Dayalı Öğretim Yaklaşımı

Araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme ulusal ve uluslararası eğitim araştırma-geliştirme çalışmalarında ve fen bilimleri öğretim programlarında yer almaktadır (NRC, 2013;

MEB, 2018a). Sorular sorarak gerçeği bulmaya dayanan araştırma-sorgulama öğretim felsefesi Sokrates'in, bir köleye bir geometri konusunu öğrettiği "Menon Dialogu"na dayanır (Celep Havuz ve Karamustafaoğlu, 2016). Araştırma-sorgulamaya dayalı yaklaşım, gözlem yapmayı, soru sormayı, önceden bilinenleri görmek için kitapları ve diğer bilgi kaynaklarını gözden geçirmeyi, verileri toplamak, analiz etmek ve yorumlamak için araçlar kullanmayı, cevaplar, açıklamalar ve tahminler önermeyi ve sonuçları diğerleriyle paylaşmayı içeren çok yönlü bir etkinlik olarak tanımlanmıştır (NRC, 2013). Araştırmacı-sorgulayıcı etkinlikler ile bir yandan öğrencilere yeni bilgileri yapılandırmak için temel alacakları veya düşüncelerini test edebilecekleri deneyimler sağlanırken, diğer yandan delillere dayalı düşünceler oluşturmaya ve bunları eleştirel olarak sorgulamaları teşvik edilir (Köseoğlu ve Tümay, 2015, s. 83). Araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencilerin bilgiyi inşa etmek için bilim insanları gibi yöntem ve uygulamaları gerçekleştirdikleri bir öğrenme yaklaşımıdır (Keselman, 2003). Araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı işlenişindeki öğretmen ve öğrenci rolüne göre dört farklı türde ele alınmaktadır. Bunlar; doğrulayıcı araştırma-sorgulama (geleneksel yaklaşım), biçimlendirilmiş araştırma-sorgulama, rehberli araştırma-sorgulama, açık uçlu araştırma-sorgulama. Araştırma-sorgulama yaklaşımının derslerde etkili bir şekilde uygulanabilmesi için çeşitli öğretim modelleri (3E, 4E, 5E, 7E) geliştirilmiş ve uygulanmıştır (Köseoğlu ve Tümay, 2015, s.88-90). Araştırma-sorgulama yaklaşımını gerçekleştirirken genellikle 5E öğretim modeli önerilmektedir (Wilder ve Shuttleworth, 2005).

Araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme, basit bilgi edinmeden ziyade ne bildiğimizi sorgulayarak hem bilgi işleme hem de problem çözme becelerinin geliştirilmesini, konuya ilişkin bilginin daha ayrıntılı şekilde oluşturulmasını sağlaması, öğrencilerin sorunları araştırması ve geliştirmesine yardımcı olmak için sınıfları ve sınıf dışı kaynakları kullanmaya teşvik etmesi bakımında geleneksel yönteme tercih edilir (Treadwey, 2016).

Araştırma-sorgulama yaklaşımı uygulamaları ile öğrencilerin yaratıcı düşünme, sorgulama ve fen dersine yönelik tutumlarının (Kaplan Parsa, 2016), bilimsel süreç becerilerinin (Demirkıran, 2016), akademik başarılarının (Fansa, 2012) arttığı bildirilmiştir. Ayrıca araştırma-sorgulamaya dayalı laboratuvar deney süreci boyunca problemi tanımlama, verileri toplama, değerlendirme yapma, yorumlama, deney

düzenleme, deney yapma ve eleştirel düşünme becerilerinin verimliliğini arttırmak için kullanılabilmektedir (Ören, vd., 2011; Ünal, 2018).

Ketpichainarong, Panijpan ve Ruenwongsa (2010), sorgulamalı biyoteknoloji laboratuvarının öğrencilerin kavramsal anlama teknik becerilerini geliştirdiğini bildirmişlerdir. Lesmes Celorrio, Fernandez Gomez-Chacon ve Gonzalez-Soltero (2013), çalışmalarında moleküler biyoloji müfredatının araştırma-sorgulamaya dayalı yeniden tasarımında, öğrencilerin biyoenformatik ve bibliyografik araştırmalar, cDNA şablonları, klonlama vektörleri, polimeraz zincir reaksiyonu (PZR), restüriksiyon ve ligasyon işlemleri gibi laboratuvar teknik becerilerini edindiklerini bildirmişlerdir.

1.3.2. Probleme Dayalı Öğretim Yaklaşımı

Probleme dayalı öğrenme (PDÖ), karmaşık ve gerçek hayat problemlerinin araştırılması ve çözümüne yönelik olarak organize edilen ve bireylerin zihin ve beceri açısından aktif katılımını gerektiren, deneyime dayalı öğrenme süreci olarak ifade edilmektedir (Torp ve Sage, 1998). Probleme dayalı öğrenme ilk olarak 1960'lı yıllarda tıp eğitimi alnında kullanılmıştır (Köseoğlu ve Tümay, 2015, s. 149). PDÖ süreci şu şekilde tanımlanabilir; konu üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadan öğrenciler öğretim sürecinin başında ilk olarak problemle karşılaştırılırlar. Problem öğrencilere gerçek yaşamdaki gibi sunulur. Öğrenciler yargıda bulunabilecekleri, elde ettikleri bilgiyi kullanabilecekleri problemler üzerinde çalışırlar ve bu süreci kendi öğrenme düzeylerine göre değerlendirirler. Öğrenme konuları, problem üzerinde çalışma sürecinde belirlenir. Bu öğrenme konuları, bireysel ya da grup çalışmalarında rehber olarak kullanılır (Barrows ve Tamblyn, 1980, akt. Anagün ve Duban, 2014, s.255). PDÖ'nün fen eğitimine en büyük katkısı öğrencilerin mevcut bilgileri yeni bilgileriyle birleştirmelerine imkan vermesidir (Pepper, 2009). PDÖ'nün öğretim sürecinde uygulanması ile öğrencilere; kapsamlı, kalıcı ve anlamlı öğrenme, problemi tanımlayabilme ve çözümü için yüksek düzey bilişsel ve düşünme becerilerini geliştirme, meraklı ve istekli olma, öğrendiklerini günlük yaşama uyarlama, iletişim becerilerini geliştirme, grup çalışmaları ile işbirlikli çalışma ve sorumluluk kazanma, planlı ve düzenli çalışma ve derse yönelik olumlu tutum geliştirme gibi faydaları bulunmaktadır (Taşkın, 2008, s.161-162). PDÖ'nün sınırlılıkları ise; eş zamanda birçok ödev verilmesi, farklı bitiş zamanlarını ayarlama, araç-gereçlerin temini ve düzenlenmesi, öğrencilerin sınıf dışındaki çalışmalarının düzenlenmesi, öğrenci ve

eğitmen arasında yakın ilişki kurulması olarak sıralanmaktadır (Albenese ve Mitchell, 1993). PDÖ uygulamaları için literatürde birçok model ortaya konulmuştur. Bu modellerin bazıları iyi yapılandırılmış bir problemin nasıl olması gerektiği üzerine odaklanırken, diğerleri konu alanı bağlamında öğrenme uygulamaları çalışmalarına dayanmaktadır (Akçay, 2017, s.159). Taşkesengil, Şenocak ve Sözbilir (2008)'e göre PDÖ; ön hazırlık, çalışma gruplarının oluşturulması, problemi tanımlama, probleme yönelik çözümlerin bulunması, çözümlerin sunulması ve ölçme ve değerlendirme olmak üzere altı basamaktan oluşmaktadır.

PDÖ, bir problem durumu ile başlar. Problem durumu günlük yaşamdan seçilerek genellikle bir senaryo şeklinde hazırlanır (Dahlgren ve Öberg, 2001). Bu bağlamda öğretmenler, öğrenciler için problem senaryoları ve problemleri, PDÖ faliyetleri boyunca fikirlerini sentezlemek ve karar vermek zorunda kalacakları şekilde tasarlamalıdırlar (Akçay, 2017, s.163).

Fen eğitiminde PDÖ uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarını, kavramsal anlamalarını (Ayaz, 2015; Kaya, 2015; Şahin, 2011), derse yönelik tutumlarını (Uygun ve Tertemiz, 2014; Yıldırım, 2011), motivasyonlarını (Tosun ve Taşkesengil, 2012) artırdığı bildirilmiştir.

1.3.3. Proje Tabanlı Öğretim Yaklaşımı

Fen bilimleri eğitiminde araştırma-sorgulama stratejisine dayalı problem, argümantasyon, işbirliğine dayalı öğrenme vb. gibi öğrenme ortamları temel alınmıştır (MEB, 2018a). Bu öğrenme ortamlarından biri de proje tabanlı öğrenme uygulamalarıdır.

Belirli öğretim amaçlarını geliştirmek düşüncesiyle, öğrencilerin ilgi ve istekleri doğrultusunda seçilen ünite ve konuların, yine öğrencilerin etkin çalışmasıyla bir ürün olarak sonuçlandırılmasına proje tabanlı öğrenme yaklaşımı denir (Akgün, 2001). Proje tabanlı öğrenme yaklaşımı ilk olarak 1912 yılında pragmatik felsefenin önde gelen isimlerinden J. Dewey'in fikirleri ile Amerika'da yayılıp uygulanmıştır. Daha sonra pragmatik felsefenin eğitim ortamına uygulanan şekli ilerlemeciliğin önde gelen isimlerinden William Kilpatrick tarafından uygulanmaya başlanan proje tabanlı öğrenme yaklaşımında da ilerlemeci eğitim anlayışı ağır basmaktadır. İlerlemeci eğitim anlayışına göre eğitim süreci içerisinde öğrenci merkeze alınmalıdır. Proje tabanlı öğrenme öğrencilerin aktif olarak araştırmaya, planlama ve uygulamaya dahil olmaları ve işbirliği

içinde çalışması açısından yapılandırmacı yaklaşıma uygundur (Taşkın, Ö., 2008, s.25-27).

Proje tabanlı öğrenme yaklaşımı; bireysel ya da küçük gruplar aracılığıyla doğal koşullar altında yaşama benzeyen bir yaklaşımla problemlerin çözümünü amaçlayan bir öğrenme yaklaşımıdır (Korkmaz ve Kaptan, 2001). Proje türleri kullanım amaçlarına göre farklı kategorilerde sınıflandırılabilir. Lucio (1963) tarafından yapılan bir sınıflandırmada projeler; araç-gereç yapımı projeleri, öğrenme projeleri, entelektüel ya da problem projeleri, estetik nitelikli projeler, çalışma projeleri olarak adlandırılmıştır (Lucio, 1963; akt. Korkmaz ve Kaptan, 2001).

Proje tabanlı öğrenme yaklaşımın avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Proje tabanlı öğrenme yaklaşımının avantajları; öğrenme becerilerini geliştirir ve zenginleştirir, yaşam boyu öğrenmeyi sağlar, öğrencilere çeşitli beceriler (yaşamsal beceriler, teknolojiyi kullanma becerisi, bilimsel süreç becerileri, öz-denetim becerileri vb.) kazandırır (Korkmaz ve Kaptan, 2001). Proje tabanlı öğrenme yaklaşımının dezavantajları ise öğretmenin sorumluluklarını ve iş yükünü arttırabilir, öğrenme için ayrılan süre artabilir, araştırma sınırları iyi çizilmezse, konuda aşırı sapma ve dağılma gözlenebilir (Çepni, 2007, s.144-146).

Proje tabanlı öğrenmenin öğrencilerin akademik başarılarını artırdığı (Kaşarcı, 2013) ve bilimsel süreç becerilerini geliştirdiği (Gültekin, 2009; Acar, 2011; Özahioğlu, 2012; Zeren Özer ve Özkan, 2013) bildirilmiştir. Araştırma projeleri bireylerin bilimsel olarak edindikleri deneyimleri duyurur, bilimin süreçleri ve sonuçlarıyla ilgili ister öğrenci, araştırmacı, eğitimci isterse tüketici olsun bilim insanları ile bilimsel iletişim kurmalarını sağlar (Mate, vd., 2014).

Movahedzadeh, Patwell, Rieker ve Gonzalez (2012), etkili biyoteknoloji öğretimi için lisans öğrencilerinin moleküler biyoloji dersinde yapılan proje tabanlı öğrenmenin, öğrencilerin klonlama, transfeksiyon, ekspresyon ve protein saflaştırma alanlarında laboratuvar teknik becelerini geliştirdiğini rapor etmişlerdir.

1.3.4. Argümantasyon Tabanlı Öğretim Yaklaşımı

Fen eğitiminin en önemli katkılarından biri de bireylerin yaşamlarını etkileyen toplumsal-bilimsel konularda karar verebilmelerini, çoklu tartışmalara katkıda bulunmalarını ve

bilgilenmelerini sağlamasıdır (Dawson ve Venville, 2010). Bu sebeple fen bilimleri öğretim programında öğrenme süreci, fen kavramlarını ve uygulamalarını öğrenirken öğrencilerin keşfetmelerini, sorgulamalarını, düşüncelerini gerekçelerle destekleyebilmeleri ve karşıt argümanlar ile diğer iddiaları çürütebilecek, bilimsel olgulara yönelik yarar-zarar ilişkisini tartışabilecekleri ortamları kapsamaktadır (MEB, 2018a). Bu gereksinimleri karşılamak için mevcut programda da yer alan öğrenme yaklaşımlarından biri de argümantasyon tabanlı öğrenmedir.

Argümantasyon öğrenenlerin gerekçelerini ortaya koyarak, iddialarını veriler ile destekleyerek onları gerçekleme sürecidir. Argümanın temel bileşenleri iddia, veri ve gerekçedir. Bu temel bileşenlere ek olarak karmaşık bir argüman destek, niteleyici ve reddediciler içerir (Toulmin, 1958). Argümantasyon tabanlı öğrenme öğrencilerin iddia oluşturma, verileri toplama, kendi iddialarını veriler ve gerekçelere dayalı olarak savunma, başkaları tarafından ileri sürülen farklı fikirleri dinleme ve kritik etme gibi becerilerini desteklemektedir (Erduran, Ardac ve Yakmacı- Güzel, 2006).

Argümantasyon süreci sözlü veya yazılı olarak gerçekleştirilebilir. Sözel olarak yapılan argümantasyon sınıf ortamlarında öğretmen-öğrenci ya da öğrenci-öğrenci arasında gerçekleşirken, yazılı argümantasyon ise tartışmacının iddiasını yazılı bir metinle ifade etmesine dayanır (Öğreten ve Sağır, 2014). Argümantasyon süreci; bilimsel okuryazarlık, bilim insanı özellikleri, eleştirel düşünme, üst düzey bilişsel beceriler şeklinde bilimsel bileşenlere sahiptir (Erduran ve Aleixandre-Jimenez, 2007). Bu nedenle argümantasyon bireylerde bilimsel düşünme alışkanlığının kazandırılması, bilgiye sahip olma, bilimsel dili kullanarak konuşma, bilimsel bilginin yapılandırılması ve zihinsel faaliyetlerin geliştirilmesi konusunda gelişim sağlamaktadır (Akçay, 2017, s.186).

Ayrıca yapılan çalışmalarda fen öğretiminde argümantasyon yaklaşımının kullanımının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirdiği (Aslan, 2016; Gültepe ve Kılıç, 2015), akademik başarılarını artırdığı (Çinici, vd., 2014; Demircioğlu ve Uçar, 2014; Erkol, Kışoğlu ve Gül, 2017; Öğreten ve Uluçınar- Sağır, 2014), eleştirel düşünme becerilerini geliştirdiği (Sevgi ve Şahin, 2017), kavramsal anlama düzeylerini artırdığı (Türkoğuz ve Çin, 2013; Dauer vd., 2014; Weng, Lin ve She, 2017) rapor edilmiştir. Ayrıca fen eğitiminde sosyobilimsel konuların argümantasyon temelli işlenmesinin, öğrencilerin argümantasyon becerilerini ve fen okur-yazarlığını geliştirdiği bildirilmiştir (Evren Yapıcıoğlu ve Kaptan, 2017).

Son yıllarda argümantasyona dayalı öğretimin, fen bilimleri dersi öğretim programlarında yer almasıyla artan önemi öğretmenlere, öğrencileri argümantasyon sürecine dahil etme ve süreçte onlara rehberlik etme gibi sorumluluklar yüklemektedir. Bu sebeple öğretmenlerin argümantasyonu sınıflarında uygularken kullandıkları öğretim stratejileri araştırılmıştır. Öğretmenlerin üst düzey düşünmeyi gerektiren ve genellemeler yapma, adlandırma, ne zaman, neden ve nasıl kullanılacağı ile ilgili bilişsel prosedüreleri içeren öğretim stratejilerini kullanmaya teşvik edilmesi önerilmektedir (Özden Yılmaz, Çakıroğlu, Ertepınar ve Erduran, 2017).

1.3.5. Web Tabanlı Öğretim Yaklaşımı

Fen ve Teknoloji Öğretmeni Özel Alan Yeterlikleri'nde (MEB, 2017b), fen bilimleri öğretmenlerinin; "Öğrencilerin bilimsel ve teknolojik kavramları doğru ve etkin kullanmalarını sağlayabilme", "Öğrencilerin bilim ve teknoloji ilişkisini anlamlandırmalarını sağlayabilme" vb. yeterliklikler sahip olmaları gerektiği belirtilmiştir. Teknoloji, çok geniş ve yeterince kesin olarak tanımlanamayan bir kavramdır ve insanların oluşan problemlerin çözümüne yönelik olarak gerçekleştirdikleri her türlü uygulamayı içermektedir. Bir projeksiyon cihazı ya da kalem gibi basit cisimlerden bilgisayar ya da internet gibi karmaşık sistemlere kadar herşey teknoloji olarak tanımlanabilir (Zhoa, 2003, Akt. Anagün ve Duban, 2014, s.425). Teknoloji kullanımı öğrencilerin problemlerin farkına varmalarına ve çözümüne yönelik fikirler oluşturmalarına destek olur ve farklı öğrenme stillerinde öğrencilerin öğrenme gereksinimlerini karşılar (Karaduman ve Gültekin, 2007). Fen eğitiminde bilgiyi ezberleyen, onu tekrar eden öğrenci profilinin yerini, bilgiye hızlı ulaşabilen ve etkin şekilde kullanabilen niteliklere sahip öğrencilerin yetiştirilmesinde web-destekli öğretimin önemi oldukça artmıştır (Lee, 2004). Web tabanlı öğrenmenin yaygın eğitim imkanı, aktif ve bilimsel bir eğitim sunma, sürekliliğin sağlanması ve maliyetleri düşürmesi açısından avantajlıdır (Çakır, 1999). Ancak bireylerin sosyal gelişimini olumsuz etkilemesi, tek seferde sınırlı miktarda metin sunabilmesi, yazılımların kalitesi, eğitmenlerin bu konuda yeterli bilgiye sahip olmaması ve eğitmenler ve teknik elemanlar arasında koordinasyon eksikliği gibi nedenlerden dolayı sınırlılıkları da bulunmaktadır (Demirel, Seferoğlu ve Yağcı, 2001, Akt. Peker, 2013). Web tabanlı eğitim denildiğinde akla internete dayalı uzaktan eğitim, sanal sınıf ve e-öğrenme uygulamaları gelmektedir (Köse Biber, 2014). Web tabanlı öğrenme etkinlikleri öğrencilerin, temel kavramları

hatırlamalarına, yönergeleri uygulama konusunda alıştırma yapmalarına, problem çözme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur (Muray, 2005). Web tabanlı öğrenme ortamları hazırlanırken, teknolojinin bilgiyi sunma, bilginin yapısallaştırılmasına katkı sağlama, yaparak-yaşayarak öğrenmeye katkı sağlama gibi işlevleri de göz önünde bulundurulmalıdır (Karaağaçlı ve Erden, 2002). Web tabanlı öğrenme ortamlarında sağlanan tüm bu teknoloji temelli olanaklar, yaratıcılık başta olmak üzere, üst düzey düşünme becerilerinin gelişimine katkı sağlamaktadır (Köse Biber, 2014).

1.3.6. Yenilikçi Yaklaşımlar Bağlamında Diğer Öğretim Yöntem ve Teknikleri

Bu bölüme kadar fen bilimleri eğitiminde sıklıkla yenilikçi yaklaşımlar olarak kullanılan araştırma-sorgulama, problem, proje, argümantasyon ve web tabanlı öğretim yaklaşımlarını inceledik. Ancak bu yaklaşımların dışında fen öğretimde literatüre yeni girmeye başlayan bazı stratejilerin de olduğunu görmekteyiz.

Bilimsel ve teknolojik yarışta önde olmak isteyen ülkelerin fen ve matematik eğitimine büyük önem verdikleri bilinmektedir. Son zamanlarda okullarımızda tek tek bağlantıları kurulmadan öğrenilen disiplinlerin her birinin bir bütünün parçaları olarak görülmesini sağlayan, bilgi ile beceriyi birleştiren STEM (Science- Technology-Enginering-Mathematics) anlayışı eğitim literatürümüze girmiştir (Çepni, 2017). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda 2017 yılında yapılan güncelleme ile mühendislik uygulamaları ile mühendislik ve tasarım (girişimcilik) becerilerinin artırılması kapsamında FeTeMM (Fen-Teknoloji-Mühendislik-Matematik)'e geçişin vurgulandığı görülmektedir (MEB, 2017a). Bu doğrultada dördüncü sınıftan itibaren "Uygulamalı Bilim" ünitesi altında fen ve mühendislik uygulamalarının verildiği görülmektedir. Ancak 2018 yılında yapılan son güncelleme ile fen ve mühendislik uygulamalarının tek bir ünite kapsamında değil, yıl içerisinde yayılarak öğrencilerden "Fen, Mühendislik ve Girişimcilik" uygulamalarını gerçekleştirmeleri beklenmektedir (MEB, 2018a).

Matematik-fen, fen-teknoloji, matematik-fen-teknoloji bağlantıları önceki yıllarda görülse de, bu alanlara mühendislik alanının eklenmesi en büyük ve en kalıcı yenilikçi adım olmuştur (Gülhan ve Şahin, 2016). STEM, ayrık disiplinler arasında köprü kuran disiplinlerarası bir oluşum olarak bilinir (Morrison, 2006). STEM eğitimi, STEM okurayazarlığının gelişmesini ve onunla yeni ekonomide rekabet edebilme yeteneği sağlayan okul, toplum, iş ve küresel girişim arasında bağlantı kurulması bağlamında

öğrencilerin uyguladıkları fen, teknoloji, mühendislik ve matematik gibi akademik kavramların gerçek dünya dersleri ile birleştiği disiplinlerarası bir yaklaşımdır (Tsupros, 2009).

STEM uygulamlarının öğrencilerin akademik başarılarını artırdığı (Yıldırım ve Altun, 2015), kavramsal algılarını (Gülhan ve Şahin, 2016; Doğanay, 2018), tutumlarını (Öztürk, 2017), bilimsel süreç becerilerini (Duygu, 2018) olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir.

Daha önce teknoloji destekli öğrenme yaklaşımlarından web tabanlı öğrenme yaklaşımını incelemiştik. Ancak yine fen eğitiminde artan uygulamaları dikkat çeken bir diğer yenilikçi yaklaşım ise artırılmış gerçeklik uygulamaları ve oyun tabanlı öğrenmelerdir. Arttırılmış gerçeklik (AG) bilgisayar tarafından üretilmiş dijital nesnelerin gerçek nesnelerle birlikte sunulmasıdır (Ulusoy ve Eryılmaz, 2014). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının; sanal ve gerçek objeleri gerçek ortamda kombine edebilmesi, gerçek zamanlı etkileşim, sürükleyici bir ortam yaratması, çoklu ortam ve çoklu algı, taşınabilirlik, kullanıcı dostu, dikkat çekmesi, interaktiflik, var olma hissi, kavramsal öğrenme, gerçek gözlem ve algı, duyu-motor geri dönüt gibi öğrenmeye katkıları bulunmaktadır (Chen, 2013). Ancak bu katkılarının yanında bazı olumsuz yönlerinin de olduğuna dikkat çekilmiştir. Bunlar; iletişim problemleri yaratabilmesi, çok fazla kullanımda göz problemleri yaşatması, deney düzeneklerine dokunma hissetme duyusunu yaşatmaması, teknolojik donanımı gerekli kılması vb. (Yılmaz ve Batdı, 2016). Artırılmış gerçeklik uygulamaları; geometri, matematik, coğrafya, anatomi, görsel sanatlar, inşaat ve elektrik mühendisliği, mimarlık gibi farklı alanlarda eğitim amaçlı kullanılmaktadır (Buluş Kırıkkya ve Şentürk, 2018). Teknolojinin fen laboratuvarlarında kullanılması ise tehlikeli, karmaşık, yüksek bütçeli deneyler gerektiren konuların öğretimi için avantaj sağlar (Bowling, Zimmer ve Pyatt, 2014). Fen laboratuvarlarında AG teknolojisinin kullanılmasının üniversite öğrencilerinin laboratuvar becerilerini ve fizik dersine karşı tutumlarını olumlu yönde geliştirmelerine yardımcı olduğu bildirilmiştir (Akçayır, Akçayır, Pektaş ve Ocak, 2016). Ayrıca arttırılmış gerçeklik teknolojisinin öğrencilerin akademik başarılarını da artırdığı bildirilmiştir (Buluş Kırıkkaya ve Şentürk, 2018).

Günümüzde bilim ve mühendislik uygulamalarının vazgeçilmezi haline gelen "Robotik" fen eğitiminde robotik kodlama (Dizman, 2018), eğitsel robotik ve lego mindstorms eğitim setleri (Koç ve Böyük, 2013) vb. uygulamalar ile öğrenmenin daha anlamlı ve kalıcı olması amaçlanmaktadır (Benetti, 2012). Yeni bir eğitim teknolojisi olarak robotik,

öğrencilerin matematik problemlerini çözmeleri ve çözüm yolları geliştirmeleri için matematiksel analiz, bilimsel analiz ve mühendislik tasarımı kullanmalarına yardımcı olmaktadır (Eguchi, 2007, Akt. Khanlari, 2016).

Bilim ve teknolojideki gelişmelerin, fen okuryazarlığında önemli bir yeri olan biyoteknoloji konularının öğretimi ile sağlanabileceği düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bireylerin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarının geliştirilebilmesi için, bilimsel anlayışlarını geliştirecek etkinliklere ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu sebeple fen bilimleri öğretmenleri için laboratuvara yenilikçi öğretim yaklaşımlarının entegrasyonu ile bilimsel süreç ve yaşam becerilerini geliştirebileceği uygulamalı yenilikçi biyoteknoloji eğitim ortamları tasarlanabilir.

1.4. Araştırmanın Amacı

Son yıllarda fen bilimleri eğitiminde sadece bilimin doğası öğretiminin yeterli olmadığı, yeni nesil disiplinlerle bilimsel bilginin kendisini yeni bulgular ışığında revize etmeye açık olması gerektiği vurgulanmaktadır (Lederman ve Lederman, 2014). Bu durumun eğitimde inovasyon ile kaliteli eğitim, yaratıcı zihne sahip bireylerin yetiştirilmesi ve 21. yy. yetkinliklerine göre yaratıcı fikir üreten, çevresi ile iyi iletişimde olan bireylerin yetiştirilmesi ile sağlanabileceği düşünülmektedir (Musluoğlu, 2008). Birçok fen öğretim programı verileri yorumlama, problem çözme, deney tasarlama, bilimsel yazma, sözel iletişim, iş birliği gibi bilimsel süreç becerileri içermesine rağmen üniversitelerde fen bilimleri öğretmeni yetiştirme programları bu becerilerin lisans öğrencilerine aktarımında sınırlı kalmaktadır (Coil, vd., 2010). Biyoteknoloji kavramı, ilköğretimde 8. sınıfta "DNA ve Genetik Kod" ünitesinde "Biyoteknoloji" konu başlığı altında üç kazanımla ele alınmaktadır (MEB, 2018a). Biyoteknoloji kavramının geçtiği ünite incelendiğinde, bu kavramın genellikle okuma parçaları, kâğıt-kalem etkinlikleri şeklinde öğrencilere verilmekte olduğu görülmektedir. Fen Bilgisi Öğretmenliği lisans programında ise biyoteknoloji kavramına ilişkin öğrenmeler "Biyolojide Özel Konular" ve "Genetik ve Biyoteknoloji" dersleri kapsamında verilmektedir. Bu dersler kapsamında biyoteknoloji kavramının anlatım, soru-cevap ve tartışma tekniği ile öğretimi yapılmaktadır. Ancak biyoteknoloji konularının öğretiminde bazı sıkıntılar yaşandığı görülmektedir. Öğretmenler yetersiz akademik yetenekleri, yetersiz kaynaklar, deneysel etkinlikler için

kısıtlı zaman ve fon vb. sebeplerden dolayı biyoteknoloji konularının öğretiminden kaçınmaktadırlar (Gelamdin, Alias ve Attaran, 2013). Bu durum, öğretmenlerin biyoteknoloji eğitimi ile ilgili olumsuz inançlara (Fonseca, vd., 2012) ve kaygılara (Borgerding, Sadler ve Koroly, 2013) sahip olmalarına sebep olmaktadır. Kısıtlı bilgi ve becerilerle sahip öğretmenlerin bilim kültürünün yaygınlaşmasına katkı sağlayamayacağı düşünülmektedir. Alanyazın incelendiğinde, fen eğitiminde laboratuvar deneyleri ve biyoteknoloji uygulamalarına yönelik tutum (AbuQuamart, vd., 2015; Casanoves, vd., 2015; Turan ve Koç, 2012), bilgi (Jarette, vd., 2015; Mueller, Knobloch ve Orvis, 2015; Yılmaz ve Öğretmen, 2014), görüş (van Lieshout ve Dawson, 2016) çalışmalarının mevcut olduğu ancak yenilikçi özelliğe sahip biyoteknoloji laboratuvar etkinlikleri ile ilgili çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Fen Bilgisi öğretmenliği özel alan yeterliliklerinde (MEB, 2017b) belirtilen gelişim düzeylerine sahip öğretmenlerin yetiştirilmesinde, günümüzde öğretmen yetiştiren eğitim kurumlarına büyük sorumluluklar yüklendiği gibi, görev yapan öğretmenlerin mesleki, bilimsel ve teknolojik gelişimleri için üniversite-okul iş birliği ile araştırma deneyimleri desteklenmeli ve teşvik edilmelidir. Bu bağlamda fen bilimleri öğretmenlerine biyoteknoloji konularına yönelik olarak -öğrencilerinde ilgi ve merak uyandırmak, olumlu tutum geliştirmek ve öğrencilerinin motivasyonunu artırmak için- gerekli bilgi ve becerilerin yenilikçi yaklaşımlar, stratejiler, yöntem ve teknikler aracılığıyla etkileşimli olarak kazandırılması amaçlanmaktadır.

1.5. Araştırmanın Önemi

Okullarda iyi bir eğitim verilebilmesi, yani öğrencilerin başarılı olabilmeleri için okuldaki öğretimin niteliğinin arttırılması gerekir. Fen eğitiminin niteliğinin artırılması amacıyla yapılan çalışmalar incelendiğinde, her bir öğretim yaklaşımının artıları ve/veya eksileri olduğu görülmektedir. Burada önemli olan ise öğretilmek istenen konuya ilişkin spesifik yaklaşımın doğru olarak seçilmesidir.

Bu çalışmada, biyoteknolojinin disiplinlerarası doğası göz önüne alınarak, biyoteknoloji eğitiminin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yenilikçi öğretim yaklaşımları ile biyoteknolojiyle ilgili gerçek dünya problemlerine yoğunlaşan deneysel tasarım ilkelerinin entegrasyonu sağlanmıştır.

Bu çalışma ile Fen Bilimleri öğretmenlerinin sürece aktif olarak katılmaları ile biyoteknoloji hakkındaki bilgi ve farkındalıklarının artacağı, laboratuvar teknik becerileri ile bilimsel süreç ve yaşam becerilerinin gelişimine katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Bu şekilde donanımlı öğretmenler daha bilinçli bireylerin yetişmesini sağlayarak eğitim niteliğinin arttırılmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca tasarlanan etkinliklerin fen bilimleri öğretmeni yetiştirme programlarına dahil edilerek, öğretmen yetiştirme açısından bize yol gösterebilir.

Biyoteknoloji disiplinlerarası bir kavramdır ve öğretiminde birden fazla öğrenme yaklaşımının kullanımı ile yenilikçi özellikleri arttırılmıştır. Amacımız bireylere ne düşünmelerini söylemek değil; kendi kararlarını oluştururken kullanacakları bilgiyi sağlamaktır. Ayrıca bu çalışma, fen eğitiminde biyoteknoloji uygulamaları ile ilgili yenilikçi laboratuvar etkinliklerine bir örnek teşkil edecek ve katkı sağlayacaktır.

1.6. Problem Cümlesi

Araştırma sorusu, "Yenilikçi öğretim yaklaşımlarına dayalı olarak hazırlanan öğretim etkinliklerinin fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgisi ve laboratuvar deneyimlerine etkisi nedir?" şeklinde ifade edilebilir.

Alt problemler:

1. Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıkları nedir?
2. Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimleri ve teknik becerileri nasıldır?
3. Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarına demografik değişkenlerin (cinsiyet, mesleki deneyim süreleri vb.) etkisi nasıldır?

Araştırma problemi ve alt problemler ışığında aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur.
H01: Fen bilimleri öğretmenlerinin, biyoteknoloji bilgi ve farkındalık öntest puanları ile yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji etkinliklerinin uygulanmasından sonraki sontest puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Ha1: Fen bilimleri öğretmenlerinin, biyoteknoloji bilgi ve farkındalık öntest puanları ile yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji etkinliklerinin uygulanmasından sonraki sontest puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark vardır.

H02= Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimleri ve teknik becerilerinde yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji etkinliklerinin uygulanmasından sonra istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Ha2= Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimleri ve teknik becerilerinde yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji etkinliklerinin uygulanmasından sonra istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

H03= Fen bilimleri öğretmenlerinin, cinsiyetlerine göre biyoteknoloji bilgi ve farkındalık öntest puanları ile yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji etkinliklerinin uygulanmasından sonraki sontest puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Ha3=Fen bilimleri öğretmenlerinin cinsiyetlerine göre biyoteknoloji bilgi ve farkındalık ön test puanları ile yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji etkinliklerinin uygulanmasından sonraki sontest puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark vardır.

H04= Fen bilimleri öğretmenlerinin eğitim durumlarına göre biyoteknoloji bilgi ve farkındalık öntest puanları ile yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji etkinliklerinin uygulanmasından sonraki sontest puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Ha4= Fen bilimleri öğretmenlerinin eğitim durmlarına göre biyoteknoloji bilgi ve farkındalık öntest puanları ile yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji etkinliklerinin uygulanmasından sonraki sontest puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir vardır.

H05= Fen bilimleri öğretmenlerinin mesleki deneyim sürelerine göre biyoteknoloji bilgi ve farkındalık öntest puanları ile yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji etkinliklerinin uygulanmasından sonraki sontest puanlarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur.

Ha5= Fen bilimleri öğretmenlerinin mesleki deneyim sürelerine göre biyoteknoloji bilgi ve farkındalık öntest puanları ile yenilikçi yaklaşımlara dayalı biyoteknoloji

etkinliklerinin uygulanmasından sonraki sontest puanlarını ortalamaları arasında anlamlı bir fark vardır.

1.7. Sayıltılar

- Fen bilimleri öğretmenlerinin kendilerine verilen ölçme araçlarını içtenlikle ve yansız bir şekilde cevaplandıracakları varsayılmıştır.
- Kaynaklardan sağlanan bilgiler gerçeği yansıtmaktadır.

1.8. Sınırlılıklar

Bu araştırma;

- Muğla İl Milli Eğitim Müdürlüğü (MEM)'ne bağlı ortaokullarda görev yapan Fen Bilimleri Öğretmenleri ile,
- Araştırma kapsamında araştırmacılar tarafından geliştirilen yenilikçi öğrenme yaklaşımlarına dayalı laboratuvar etkinlikleri ile sınırlandırılmıştır.

1.9. Tanımlar

Biyoteknoloji: Canlıların veya onların ürünlerinin, insana (veya çevresine) yararlı bir ürün üretmek veya bir problemi çözmek için kullanılmasıdır (Thieman ve Palladino, 2013).

Genetik Mühendisliği: Gen gruplarının veya tek tek genlerin, seçici olarak genomdan çıkarılması, genoma dahil edilmesi ya da özelliklerinin değiştirilmesi yoluyla, bireylerin ya da hücrelerin genetik yapılarının değiştirildiği tekniklerdir (Klug, Cummings ve Spencer, 2011).

Genetiği Değiştirilmiş Organizma (GDO): Başka bir türe ait bir genin, rekombinant DNA teknoloji kullanılarak aktarıldığı ve bu genin bir ürün oluşturulmak üzere ifade edildiği bitki ya da hayvandır (Klug, Cummings ve Spencer, 2011).

Gen terapisi: Bir hastalığın ilerlemesini durdurmak veya iyileştirmek için tedavi

edici etkisi olan genlerin kullanılması veya gen aktarımının yapılmasıdır (Thieman ve Palladino, 2013).

İnsan Genom Projesi (İGP): İnsan genetik haritasının, çözünürlüğünün yaklaşık bir milyon nükleotid olacak şekilde çıkarılması, belirli model organizmaların DNA'sının fiziksel haritalarının çıkarılması ve insan kromozomlarının fiziksel haritasının çıkarılması amacıyla Uluslararası Konsorsiyum ve Celera şirketleri tarafından gerçekleştirilen projedir. 1990'da başlatılan proje 2003 yılında %99.9 doğrulukla tamamlanmıştır (Akman ve Tucer, 2012).

DNA parmakizi: Biyoloji araştırmalar, adli analizler, ceset kimliği belirleme ve babalık tayini gibi tanımlamalar için bir organizmanın kendine özgü DNA kompozisyonunun parmak izi veya karakteristik bir markör olarak analiz edilmesidir (Thieman ve Palladino, 2013).

Klonlama: Çok hücreli bir organizmada alınan bir somotik hücre kullanılmak suretiyle, genetik olarak birbirine özdeş olan bir ya da daha fazla sayıda birey üretmektir (Campbell ve Reece, 2010).

Laboratuvar yöntemi: Laboratuvar adı verilen düzenlenmiş ortamlarda, öğrencilerin fen konularını bireysel ya da küçük gruplar halinde yaparak-yaşayarak öğrenmek için laboratuvar tekniklerinin kullanıldığı bir öğretim yöntemidir (Ayas, vd., 1994).

Laboratuvar deneyimleri: bilimsel bilginin gelişmesi ve yorumlanmasında bilimsel süreç ve araştırma becerileri ile birlikte çeşitli araç ve gereçlerin kullanıldığı fiziksel dünya ile doğrudan etkileşimlerdir (Prabha, 2016).

Yenilikçi öğrenme yaklaşımları: Yeni bir pedagojik teori, metodolojik yaklaşım, öğretim tekniği, öğretim aracı veya uygulanıldığında öğrencinin daha iyi öğrenmesine yol açan, öğretme ve öğrenmede önemli bir değişiklik üreten kuramsal bir yapı olarak görülebilir (Serdyukov, 2017).

BÖLÜM II

KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2.1. Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Konuları İle İlgili Çalışmalar

Turan ve Koç (2012) tarafından yapılan çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknoloji konularına yönelik tutumlarının belirlenmesi amacıyla Dawson ve Shibeci (2003) tarafından geliştirilen "Biyoteknoloji Tutum Ölçeği" 100 fen bilgisi öğretmen adayına uygulanmıştır. Tarama modelinin kullanıldığı çalışmada veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak, fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknolojiye yönelik tutumlarının çeşitlilik gösterdiği belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının mikroorganizmaların ve insan genlerinin genetiksel modifikasyonunu onaylarken, bitki/besin ve hayvan genlerinin modifikasyonunu onaylamadıkları tespit edilmiştir. Eğitim fakültelerinde verilen biyoteknoloji konuları ile ilgili derslerin öğretmen adaylarının biyoteknoloji uygulamalarına yönelik ilgilerini olumlu yönde destekleyecek nitelikte ve karar verme becerilerini geliştirmeye yönelik yapılandırılması önerilmiştir.

Öcal (2012), çalışmanın amacı ilköğretim fen bilgisi öğretmenlerinin biyoteknoloji ve genetik mühendisliği uygulamalarına karşı farkındalıklarını belirlemektir. Betimsel araştırmalardan tarama yöntemi kullanılmıştır. Kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile görev yapmakta olan 209 fen bilgisi öğretmeni örneklem olarak belirlenmiştir. Veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından 16 maddeli beşli likert tipli tutum ölçeği kullanılmıştır. Çalışmada biyoteknoloji hakkında fen bilgisi öğretmenlerinin tutumlarının cinsiyet, eğitim seviyesi, kıdem, mezun olunan fakülte, bölüm ve programa göre değişip değişmediği incelenmiştir. Veriler bağımsız örneklem *t*-testi ve ANOVA testi ile SPSS kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak; fen bilgisi öğretmenlerinin biyoteknolojiye yönelik tutumlarının cinsiyet değişkeninden etkilenirken, eğitim seviyesi, kıdem, mezun olunan fakülte, bölüm ve programa göre değişmediği tespit edilmiştir.

Gürkan (2013), çalışmada fen bilgisi öğretmen adaylarının ve fen bilgisi öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgilerini farklı değişkenler (cinsiyet, eğitim seviyesi, mesleki kıdem,

mezun olunan fakülte ve bölüm gibi) bakımından araştırmıştır. Nedensel karşılaştırma araştırmasıdır. Fen bilgisi öğretmen adaylarına (291) ve fen bilgisi öğretmenlerine (58) uygulanmıştır. Veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından 35 sorulu biyoteknoloji bilgi testi geliştirilmiştir. Verilerin analizinde SPSS paket programı kullanılarak bağımsız örneklem *t*-testi ve ANOVA kullanılmıştır. Sonuç olarak, fen bilgisi öğretmen adaylarının bilgi düzeyleri sınıf düzeyine göre değişirken, mezun oldukları okul türü, cinsiyet ve aile eğitim durumundan etkilemedikleri tespit edilmiştir. Fen bilgisi öğretmenlerinde ise biyoteknoloji bilgi düzeyi ile cinsiyet, eğitim düzeyi, mesleki deneyim, mezun oldukları bölüm arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Yurdatapan ve Şahin (2013), çalışmada, 3. sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarına (66 öğrenci) Genetik ve Biyoteknoloji dersinde DNA, RNA, DNA'nın replikasyonu ve protein sentezi ile ilgili kavramların öğretilmesinde, model yaptırılmasının ve animasyon kullanılmasının öğrencilerin öğrenmesine etkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Sınıf gönüllülük esas alınarak 3 gruba ayrılmıştır. Birinci gruba power point eşliğinde düz anlatım, ikinci gruba power point eşliğinde düz anlatımın yanı sıra DNA, RNA ve DNA replikasyonu modelleri yaptırılmıştır. Üçüncü grupta ise power point eşliğinde düz anlatımın yanı sıra, konu ile ilgili animasyonlar izletilip, bu animasyonlar üzerinden verilmiştir. Araştırmacılar tarafından geliştirilen, DNA ile ilgili kavramları içeren 20 açık uçlu sorudan oluşan başarı testi öğrencilere uygulama öncesinde ve sonrasında uygulanmıştır. Sonuç olarak; Genetik ve Biyoteknoloji dersinde özellikle animasyon kullanılmasının öğrencilerin öğrenmesine power point eşliğinde düz anlatıma göre daha etkili ve kalıcı bir yöntem olduğu bildirilmiştir.

Yılmaz ve Öğretmen (2014), çalışmanın amacı, biyoloji öğretmen adaylarının (*n*=135) gen teknolojisine ilişkin sahip oldukları bilgi düzeyinin incelenmesi ve gen teknolojisine ilişkin bilgilendikleri kaynakların belirlenmesidir. Araştırmada kullanılan likert tipi anket maddeleri için betimleyici analizler yapılmış, frekans ve yüzde değerleri çıkartılarak yorumlanmış ve çapraz tablo analizlerinden faydalanılmıştır. Çalışmada biyoloji öğretmen adaylarının gen teknolojisi konularında düşük bilgi seviyesinde oldukları (%69.9) ve gen teknolojisi ile ilgili ders almış olsun ya da olmasın kendilerini az bilgili olarak hissettikleri tespit edilmiştir. Öğretmen adayları gen teknolojisi hakkında en çok (%60 ve üzeri) televizyon belgeselleri, alana yönelik dergiler, biyoloji/kimya öğretmenleri, üniversitelerden uzmanlar, televizyon ve gazetelerden bilgi aldıkları tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının gen teknolojilerine yönelik düşük

bilgi seviyesine sahip oldukları ve bu durumun da gen teknoloji ile ilgili yeterli ders almamış olmaktan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

AbuQuamart, Alshannag, Sartawi ve Iratni (2015), çalışmada farklı bölümlerde okuyan üniversite öğrencilerinin cinsiyet, bölüm, akademik seviye ve genel not ortalamalarına göre biyoteknoloji okuryazarlık (bilgi), çevre, sosyal ve ekonomik alanlardaki farkındalıklarını, biyoteknoloji konularına ilişkin algılarını, biyoteknoloji uygulamalarına yönelik tutumlarını ve biyoteknoloji uygulamaları hakkında algı oluşturmak için kullandıkları kaynakların araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada betimsel anket araştırması yöntemi kullanılmıştır. Öğrencilerin biyoteknoloji algılarını ve tutumlarını keşfetmek amacıyla okuryazarlık, çevresel, sosyal ve ekonomik alanlarından oluşan bir anket uygulanmıştır. Araştırma popülasyonunun bilgi seviyesi, tutumu ve uygulamasını belirlemek için tanımlayıcı bir araştırma tasarımı uygun bulunmuştur. Çalışmaya 2012-2013 yıllarında öğrenimlerine devam eden 1.104 lisans öğrencisi katılmıştır. Anket, iki dilde (Arapça ve İngilizce) hazırlanarak her bir öğrencinin e-posta adresine iletilmiştir. Geri dönüş alınan anketler çalışmanın örneklemi olarak kabul edilmiştir. Araştırma anketi; demografik özellikler, daha önce belirtilen biyoteknoloji alanlara yönelik bilgi ve tutum, biyoteknoloji hakkında bilgi edinmek için kullanılan kaynaklar, biyoteknoloji ve etiği hakkında algıları belirlemek için genel bir öz değerlendirme olmak üzere üç ana bölümden oluşan, beşli likert tipinde hazırlanmıştır. Verilerin analizinde istatistiksel analizler (*t*-testi, ANOVA, LSD Post Hoc) kullanılmıştır. Sonuç olarak, biyoteknoloji okuryazarlığı ve çevre alanındaki algılarının, öğrencilerin kayıtlı oldukları bölüm ve akademik başarılarına göre önemli ölçüde farklı olduğu bildirilmiştir. Genel olarak öğrencilerin biyoteknoloji bilgilerinin zayıf olduğu tespit edilmiştir. Biyoteknoloji farkındalığı yüksek olan gruplar, biyoteknoloji hakkındaki bilgilerini birincil kaynaklar olarak güvenilir internet siteleri ve derslerin, ikincil kaynak olarak da çevredeki insanlar olduğunu belirtmişlerdir. Öğrencilerin biyoteknoloji ve biyoteknoloji etiği hakkında birçok kavram yanılgısına sahip olduğu ve bunun sebebinin ise bu teknoloji hakkında net bir görüş oluşturulamamasının önemli rol oynağını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar eğitimin, biyoteknolojiye yönelik halkın tutumlarını şekillendirebileceğinden, üniversite müfredatında ve öğretim stratejilerinde geniş bir şekilde yer verilmesini ve geliştirilmesini önermişlerdir. Bu şekilde öğrencilerin bu yeni teknolojiyi algılamalarını destekleyeceği belirtilmiştir.

Açıkgül Fırat (2015), çalışmada web 2.0 araçları ile desteklenen öğretimin fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknoloji okuryazarlıklarına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma deseni, gerçek deneysel desenlerden ön test- son test kontrol gruplu desendir. Çalışma üçüncü sınıfta öğrenim gören 60 fen bilgisi öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak biyoteknoloji okuryazarlık testi, açık uçlu karar verme soruları ve ikilemlerden oluşan senaryolar kullanılmıştır. Açık uçlu sorulardan elde edilen veriler, hazırlanan rubrik aracılığıyla, senaryolar ise öğretmen adaylarının olumlu olumsuz karar verme durumları açısından analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre deney grubunun ön test-son test puanları arasında çok boyutlu okuryazarlıkta anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Araştırmada gerçekleştirilen uygulama deney grubunun günlük hayatlarında karşılaştıkları durumlarda karar verme süreçlerine etki etmiştir. Senaryo analizleri sonucunda biyoteknoloji uygulamalarıyla ilgili kararlarına olumlu etki ettiği tespit edilmiştir.

Casanoves, Gonzalez, Salvado, Haro ve Novo (2015), çalışmada, ilköğretim öğretmen adaylarının genetik ve biyoteknolojik uygulamalar hakkındaki bilgi düzeyi ve hem duyuşsal hem de davranışsal bileşenleri içeren biyoteknolojiye karşı tutumlarının araştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca öğretmen adaylarının biyoteknolojiye yönelik tutumları ve sosyodemografik değişkenler (cinsiyet, yaş, önceki biyoloji öğretimi ve ailelerinin eğitim geçmişi vb.) arasındaki ilişki de araştırılmıştır. Çalışmaya yaş ortalaması 22 olan, 407 öğretmen adayı katılmıştır. Araştırma anketi, sosyodemografik bilgiler, biyoteknoloji konularına ilişkin temel bilimsel bilgileri ölçen 21 tane doğru/yanlış sorusu ve biyoteknoloji konularına ilgilerini ölçen, dört farklı tema (genetiği değiştirilmiş gıdaların üretimi ve tüketimi, genetik modifikasyon uygulamalarını içeren tıbbi gelişmeler, teknolojik değişimlere ilişkin sosyal kaygılar ve öğrencilerin fen ve biyoteknoloji ilgileri) içeren dörtlü likert tipli üç ana bölümden oluşmaktadır. Elde edilen sonuçlar öğretmen adaylarının, biyoteknoloji uygulamalarından haberdar olmalarına rağmen, DNA'nın yapısı, hücre içindeki genetik bilginin yönetimi, genetiği değiştirilmiş organizma teknolojisi ve mikroorganizmaların biyoteknolojik araç olarak kullanılmasına ilişkin konuların doğru bir şekilde cevaplanmadığını göstermektedir. Tutum analizine göre ise öğretmen adaylarının genetiği değiştirilmiş ürünlerin alınımından kaçındıkları, tıbbi amaçlar için biyoteknolojinin kullanımının desteklenmesi ve biyoteknoloji ve diğer bilimsel gelişmeler hakkındaki bilgilerini artırmaya büyük ilgi gösterdiklerini bildirilmiştir. Sonuçlar biyoteknoloji bilgi ve biyoteknolojiye karşı tutumlar arasında

olumlu yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Biyoteknolojiye yönelik olumlu tutuma sahip olan öğretmen adaylarının, iyi bir biyoloji eğitimine sahip olduğu ve bilgi testinden iyi puanlar alan kişiler olduğu bildirilmiştir. Bu sebeple araştırmacılar öğretmenlerin biyoteknolojik sorunları anlamalarına ve yorumlamalarına yardımcı olan yeni eğitim faaliyetlerinin tasarlanması ve değerlendirilmesinin gerekliliğini vurgulamışlardır.

Çimen (2015), fen ve teknoloji öğretmenleri, biyoloji öğretmenleri, sınıf öğretmenleri ve öğretmen adayları ile gerçekleştirilen bir çalışmada temel biyoteknoloji konularının öğretimi için laboratuvarda uygulamalı eğitimler düzenlenmiştir. DNA testi, GDO analizi, gen klonlaması, protein saflaştırma ve protein tanımlama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların biyoteknoloji bilgilerindeki değişikler deneysel desenlerden ön test- son test ile belirlenmiştir. Veri toplama aracı olarak 5'li likert tipli dört bölümden oluşan (A. Demografik sorular, B. Bilgi düzeyi, C. Görüşler, D. Beceriler) biyoteknoloji anketi kullanılmıştır. Verilerin analizinde *t*-testi ve ANAVO analizleri SPSS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda öğretmen ve öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgi ve görüşlerinde olumlu yönde etkilediği, biyoteknoloji alanındaki teorik bilgi ve pratik becerilerini artırdığı ve konuya ilgilerini istenilen seviyeye getirdiği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda öğretmenler için lisans programlarının geliştirilmesi, hizmet-içi uygulamalı eğitim programlarının düzenlemesi ve bu konu çalışmaların artırılması önerilmektedir.

Kaya (2015), araştırmanın amacı, fen bilgisi öğretmenlerinin sahip oldukları biyoteknolojik konulara ait temel kavram bilgileri ile biyoteknoloji konularının öğretilmesine yönelik ilgi seviyelerinin belirlenmesidir. Çalışmada nitel ve nicel araştırma yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Araştırmanın nicel boyutunda genel tarama modeli ve nitel boyutunda ise örnek olay modeli kullanılmıştır. Örneklemi, görev yapmakta olan fen bilgisi öğretmenleri (n=112) oluşturmaktadır. Amaçlı örnekleme yöntemlerinde kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Anketler 112 öğretmene uygulanırken, görüşme bu öğretmenler arasından rastgele seçilen 15 öğretmen ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmada fen bilgisi öğretmenlerinin biyoteknoloji konulara ait temel kavram bilgilerini belirlemek amacıyla biyoteknoloji bilgi ölçeği kullanılırken, biyoteknoloji konuları öğretilmesine yönelik ilgi seviyelerinin belirlenmesi için biyoteknoloji öğretimi ilgi ölçeği kullanılmıştır. Bunların dışında kişisel bilgi anketi ve yarı yapılandırılmış görüşme kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS 18.0 paket programı kullanılmıştır. Yüzde ve frekans değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak fen

bilgisi öğretmenlerinin, tamamına yakınının biyoteknoloji bilgi anketi sorularına doğru cevap verdiği görülmüştür. Öğretmenlerin temel kavram bilgilerinin cinsiyete bağlı olmadığı, ancak mesleki deneyim, mezun olunan fakülte türü ve biyoteknoloji konularını içeren herhangi bir ders alıp almama durumuna göre farklılaştığı görülmüştür. Öğretmenlerin biyoteknoloji öğretimi ilgi seviyelerinin genellikle farkındalık ve bilgi alt boyutunda yoğunlaşırken; bireysel yönetim ve iş birliği alt boyutlarında azaldığı görülmüştür.

Norooozi ve Mulder (2016), çalışmanın amacı, dijital öğrenme modülünün öğrencilerin alana özgü bilgilerine, biyoteknoloji ve moleküler yaşam bilimleri alanındaki tutumlarına rehberli akran değerlendirmesinin etkisinin araştırılmasıdır. Ayrıca modülün kullanımına yönelik öğrenci görüşleri de incelenmiştir. Araştırmada ön test – son test deneysel tasarım kullanılmıştır. Lisans Moleküler Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji- Giriş dersini alan 203 öğrenci rastgele üç gruba ayrılmıştır. Tartışma konuları; GDO ile kültür et üretimi ve böcek hücreleridir. Dijital öğrenme modülü, öğrencilere metinler, grafikler, diyagramlar ve resimler gibi bilgi sunan ve etkileşimli geri dönüt özelliğine sahip web uygulamalı bir platformdur. Modül her biri dört saat olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır. Öğrencilerin alana özgü bilgilerini ve tutumsal değişimlerini değerlendirmek için araştırmacılar tarafında geliştirilen çoktan seçmeli 17 sorudan oluşan bir anket uygulanmıştır. Bu anketin sekiz sorusu tutumdaki değişiklikleri ölçmek amacıyla beşli likert tipli olarak düzenlenmiştir. Motivasyon ve memnuniyet durumlarını belirlemek için Mahdizadeh (2008) tarafından geliştirilen motivasyon ve memnuniyet anketi kullanılmıştır. Sonuçlar modülün öğrencilerin alana özgü bilgilerini ve davranış değişikliklerini teşvik etmek için kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca modül öğrencilerin motivasyonlarını ve öğrenme deneyimlerinden memnuniyetlerini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir.

Çamur (2016), çalışmada biyoloji öğretmen adaylarının, biyoteknoloji uygulamalarına yönelik tutumları, bilimsel epistemolojik inanç düzeyleri ve bunlar arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu araştırmada betimsel tarama modeli, ilişkisel tarama yöntemi kullanılmıştır. Örneklemini, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıf biyoloji öğretmen adayları oluşturmaktadır (n=113). Bilimsel Epistemolojik İnançlar Ölçeği (Pomeroy, 1993); Deryakulu ve Bıkmaz, 2003) ve Biyoteknoloji Tutum Ölçeği (Dowson ve Schibeci, 2003; Sürmeli ve Şahin, 2010) ölçme araçları kullanılmıştır. Toplanan veriler SPSS 15.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Frekans dağılımları, ölçek

puanları, tutumları ile inançları arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Pearson korelasyon katsayısı, demografik değişkenler için bağımsız örneklemler için *t*-testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmışıtır. Sonuç olarak biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji uygulamalarına yönelik tutumlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bilimsel epistomolojik inançlarından "geleneksel bilim anlayışları" ve "geleneksel olmayan bilim" anlayışları arasında ilişki yüksek bulunmuştur. Ayrıca biyoteknoloji uygulamalarına ilişkin tutumları ile hem geleneksel hem de geleneksel olmayan bilimsel inançları arasında pozitif yönlü çok düşük düzeyde anlamlı olmayan bir ilişki tespit edilmiştir.

Öztürk-Akar (2017), çalışmada, örgün okullaşma ve biyoteknoloji hakkında fen okur yazarlığı arasındaki varsayılan ilişki sorgulanmıştır. Araştırmanın örneklemini lisans ve lisansüstü (*n*=403) öğrencileri oluşturmaktadır. Bu öğrencilerin 205'i fen bilimleri, 198'i fen bilimlerinin dışındaki bilim dallarında öğrenim görmekte olduğu bildirilmiştir. Veriler "Biyoteknoloji Bilgi Testi" ve "Biyoteknoloji Tutum Anketi" kullanılarak toplanmıştır. Katılımcıların biyoteknoloji bilgisi ve biyoteknolojik uygulamalara yönelik tutumları ve bilim dallarına göre farklılıklarını incelemek için betimsel istatistikler (ortalama, yüzde), *t*-testi ve korelasyonlar kullanılmıştır. Bulgular fen bilimleri dallarında öğrenim gören öğrencilerin diğerlerine göre daha yüksek bilgi tutumlara sahip olduğu gösterse de genel olarak yeterli bilgi ve tutuma sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca öğrencileri biyoteknolojik uygulamalara ilişkin tutumları biyoteknoloji bilgileri ile önemli ölçüde ilişkili olmadığı bildirilmiştir. Bu çalışmanın bulgularının genelleştirilmesi ve verimliliği etkileyen faktörlerle ilgili çalışmalar yapılabilmesi için biyoteknoloji eğitiminin farklı bağlamlarda incelenmesi önerilmektedir.

Cebesoy ve Öztekin (2017), çalışmada ortaokul fen bilimleri öğretmenlerinin temel özellikleri (cinsiyet, öğretim deneyimi, genetiğe ilişkin ilgi ve genetik bilgisi), genetik okuryazarlık seviyeleri, genetik okuryazarlığındaki çeşitli konulara yönelik tutumlarını ve genetik okur-yazarlığında öğretmenlik mesleğine ilişkin algıları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada değişkenler arasındaki ilişkiyi etkilemeden araştırmayı amaçladığı için açıklayıcı korelasyonel araştırma tasarımı kullanıldığı bildirilmiştir. Çalışmaya ortaokullarda fen alanında öğretim yapan öğretmenler (fen bilimleri öğretmeni (*n*=327), biyoloji öğretmeni (*n*=63), kimya öğretmeni (*n*=32), fizik öğretmeni (*n*=13)) katılmıştır. Veri toplama aracı olarak "genetik okuryazarlığı değerlendirme envanteri", "genetik okuryazarlığındaki konulara yönelik tutum ölçeği", "genetik okuryazarlık

konularında öğretim algıları ölçeği" kullanılmıştır. İki set çoklu bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğasını keşfetmek için kanonik korelasyonel analiz yapılmıştır. Kanonik korelasyonel analizinin sonuçları, kadın olmak, genetiğe yüksek derecede ilgi göstermek ve kendini genetikte bilgili olarak algılamak gibi özelliklere sahip olan öğretmenlerin genetik okuryazarlığının (bilgi) daha yüksek düzeyde ve daha olumlu tutumları olduğunu göstermiştir. Bu öğretmenler, genetik okuryazarlığı gerekliliğine inanmışlar ve sınıflarında genetik okuryazarlık sorunlarının öğretilmesine ilişkin daha yüksek öz-yeterlilik öğretimi inançlarına sahip olmuşladır. Ancak daha fazla engelleyici faktörlerin vurgulamanın yanı sıra, gen terapisi ve gen terapisi uygulamalarına karşı olumsuz tutumlar sergileme eğiliminde oldukları bildirilmiştir.

Jimenez- Salas vd. (2017), çalışmada öğretmenlerin GDO tüketimine ilişkin biyoteknoloji konuları ve görüşleri hakkındaki mevcut bilgi durumları araştırılmıştır. Çalışmaya 362 temel eğitim öğretmeni katılmıştır. Veri toplama aracı olarak anket yardımıyla toplanmıştır. Ankette 33 madde yer almaktadır. Bu maddelerde GDO kullanmanın yararları ve riskleri hakkında sorular yer almaktadır. Verilerin analizinde SPSS programı kullanılmıştır. Değişkelere yönelik frekans değerleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, öğretmenlerin %50 sinin biyoteknoloji hakkında bilgi sahibi olduğu, %60 ndan fazlasının GDO'ların dünyadaki açlığı önlemede faydalı olacağına inanırken %39.2'si GDO'nun gelecek nesiller için tehlike oluşturduğunu belirtmişlerdir. Öğretmenlerin %47'si biyoteknoloji konuları hakkındaki yeterli bilgiye sahip olmadığını bildirmesine rağmen, katılımcıları neredeyse tamamı biyoteknoloji hakkında bilgi edinmek için ilgi ve istek duyduklarını bildirilmiştir. Çalışma sonucunda öğretmenlerin bilimsel bilgilerini geliştirmek, karar vermeyi kolaylaştırmak, öğrencilerinin bilimsel ve teknolojik ilerlemelerinin teşvik edilmesini kolaylaştırmak için çeşitli stratejilere ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

Troupe, Peterson, Golick, Turnbull ve Lee (2017), çalışmada lise tarım öğretmenleri (*n*=6) ile yapılan görüşmeler sayesinde yeni bir çevrimiçi kaynağın, "Bir Genin Yolculuğu" bilgileri geliştirme ve genetik mühendisliğine harcanan zamanı arttırmaya yardımcı olmada engelleri nasıl giderileceğine yönelik çözümler araştırılmıştır. Öğretmenlerin bilgi, özgüven, sınıfta genetik mühendisliğine harcanan zamanda artış ve sınıfın hazır genetik mühendisliği kaynakları donatılmasının genetik mühendisliği eğitiminin kalitesini artırdığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, genetik mühendisliği eğitimi için finansm desteği sağlanması gerektiğini göstermiştir. Eğitim, tüketicilerin genetik

mühendisliği araştırmalarını ilerletme konusunda bilinçli satın alma kararları ve sosyal kararlar almalarına yardımcı olmada anahtar olduğu belirtilmiştir.

Anderton ve Ronald (2017), çalışmada, bireylerin genetik teknolojiler konusundaki algıları değerlendirilmiştir. Çalışma nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması olarak desenlenmiştir. Çalışmaya "Genetik ve Toplum" dersini alan üniversite öğrencileri katılmıştır. Bu öğrencilerden 56 tanesi dersi tamamlamış, 53 tanesi araştırmaya katılmıştır. Öğrencilerin, her konunun hakemli tartışmalarından önce ve sonra bir dizi genetik teknolojiye yönelik tutumları için verdikleri yazılı gerekçeler analiz edilmiştir. Bu amaçla karma tematik analiz yapılmıştır. Analizler sonucunda beş tanesi daha önce biyoteknolojinin kitle iletişim çalışmalarında tarif edilmiş olan yedi yaygın tema belirlenmiştir. Yapılan ön analiz akran liderliğindeki öğrencinin biyoteknoloji algılarındaki değişiklileri destekleyebileceğini göstermektedir. Hibrit tematik analizin, genetik teknolojilerin öğretilmesinde ve öğrenilmesinde yaralı bir yaklaşım olduğu sonucuna varılmıştır.

Nichols (2018), çalışmada, öğretmenlerin moleküler genetik kavramlarının multi-model gösterimlerini kullanmalarını ve onların strateji ve kaynak seçiminin nasıl yorumladığı ve öğrencilerin kavramsal anlayışlarını göstermek için nasıl kullanıldığı araştırılmıştır. Çalışma karma araştırma yöntemi şeklinde desenlenmiştir. Çalışma grubunu 12 biyoloji öğretmeni oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak öğretmen ve öğrencilerin sunumlar hakkındaki söylemleri, öğretmenlerle yapılan görüşme ve öğrencilerin ön test-son test puanları kullanılmıştır. Bu çalışma, temsili form ve fonksiyona odaklanan pedagojinin yanı sıra öğrencilerin temsili satın alma ve kısıtlamalarla ilgili eleştirel tartışmalara katılmasının moleküler genetik bilgisine daha yüksek bilişsel katılımla sonuçlandığını göstermiştir.

Wisch, Farrell, Siegel ve Freyermuth (2018), bu çalışmada biyoteknoloji dersine kayıt yaptıran lisans öğrencilerinin (n=117), biyoteknoloji ile ilgili kavramsal algıları ve gerekçeleri, öğretim öncesi ve sonrasında değerlendirilmiştir. Öğrencilerin kavramsal algılarını analiz etmek amacıyla "Biyoloji Bilgi Toplama Anket" kullanılmıştır. Anket alan uzmanları tarafından belirlenen 11 ana konsepti içermektedir. Kısa cevap, doğru/yanlış/açıkla, çoktan seçmeli/açıkla soru türlerini içeren anket, değerlendirmek için üç düzeyli (gerekçelendirilmiş, yeterli ve sorunlu) bir ölçek kullanılmıştır. Dersin tamamlanması sonrasında öğrencilerin 11 alanın her birinde olumlu yönde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görüldüğü bildirilmiştir. Öğrencilerin hem ön teste hem de son

teste verdiklerin yanıtlardan birçok kavram yanılgısına sahip oldukları tespit edilmiştir. Öğrencilerin yaygın kavram yanılgıları; allel genin alt bileşenidir; tüm canlıların kök hücreleri vardır; rekombinant DNA değiştirilmiş ya da kopyalanmış DNA'dır; DNA tüm hücrelerimizde bulunmaz ya da sadece çekirdekte bulunur; DNA tek yumurta ikizlerini ayırt edebilir; insanlarda özellik başına bir allel vardır olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin kavram yanılgılarını belirlemek ve bunlar doğrultusunda uygulamalı etkinliklerin tasarlanması, öğrencilerin biyoloji ve biyoteknoloji hakkında bilgi ile donatmak ve kavramsal akıl yürütmelerini geliştirmek bakımından önemli olduğu belirtilmiştir.

Biyoteknoloji ve genetik mühendisliği ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde, ulusal alan yazında gerçekleştirilen çalışmaların çoğunluğunun fen bilgisi öğretmen adayları ve biyoloji öğretmen adayları ile gerçekleştirildiği görülmektedir. Uluslararası alan yazında ise biyoteknoloji ve genetik mühendisliği eğitimi ile ilgili öğretmen adayları, farklı bölümlerde okuyan üniversite öğrencileri, lise öğrencileri ile yapılan ve aldıkları ders kapsamında gerçekleştirilen çalışmalardır. Fen bilimleri öğretmenlerinin dahil olduğu çalışma sayısının sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Gerek ulusal gerekse uluslararası yapılan bu çalışmalarda biyoteknoloji ve genetik mühendisliği ile ilgili olarak tutum, inanç, bilgi, farkındalık, algı ve görüş belirlemeye yönelik betimsel araştırmalar olduğu göze çarpmaktadır. Fen okuryazarlığında önemli yeri olan biyoteknolojinin öğretimine yönelik fen bilimleri öğretmenleri ile gerçekleştirilen yenilikçi öğretim yaklaşımlarının da dahil edildiği uygulamalı çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

2.2. Laboratuvara Dayalı Öğretim İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Benskin ve Chen, (2012), çalışmada araştırmacılar tarafından lise öğrencilerinin moleküler biyoloji teknikleri ve teknolojilerinin yanında proteomik ve mikroorganizmalar hakkında bilgi edinmelerini sağlamak amacıyla araştırmaya dayalı, laboratuvar deneyleri hazırlanmıştır. Laboratuvar deneyleri geliştirilirken müfredatta yer alan kazanımlar yanında özel kazanımlar da belirlenmiştir. Deneyler mikroorganizmadan protein elde etme, jel elektroforezi, kütle spektrofotometresi ve veri analizinden oluşmaktadır. Öğrencilerin çoğu deneyleri başarı ile tamamlamıştır. Yapılan etkinliklerin çeşitlendirilerek öğrencilerin soyut konularda kavramsal ağ oluşturmaları sağlayacakları

belirtilmiştir. Öğrencilerin laboratuvar çalışmalarına aktif olarak katılımının akademik başarılarını artırdığı belirtilmiştir.

Gliddon ve Rosengren (2012), lisans öğrencilerine problem çözme/kritik düşünme, verilerin yorumlanması, sonuçların sözel ve yazılı olarak sunumu becerilerinin kazandırılması amacıyla biçimlendirici değerlendirme ile bağlanmış rehberli sorgulamaya dayalı laboratuvar dersleri geliştirmişlerdir. Çalışma 2011 yılında farmakoloji dersi kapsamında 41 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Ders teorik ve laboratuvar olarak iki aşamada işlenmektedir. Öğrencilere sorgulama tabanlı etkinlikler verilmiştir. Öğrenciler eleştirel düşünmeye sevk edilerek etkinliklerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan yöntemi kendileri belirlemişlerdir. Öğrencilerin ders süresince, deneylerin yapılması, grafik ve tablo oluşturması, bulguların istatistiksel analizi, literatür bağlamında sonuçların yorumlanması, referansların listelenmesi, özetin yazılması gibi becerileri gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca temel laboratuvar matematiği ve teknik ilkelerin anlaşılması, ders materyallerinin kullanılması ve bilginin farklı durumlara uyarlanmasını içeren kısa özetleri öğrencileri değerlendirmek için kullanılmıştır. Dersin değerlendirilmesinde likert ölçeği ve öğrencilerin cevapları kullanılmıştır. Sorgulamalı laboratuvarın, "cookbook" yani kapalı uçlu deneylerin yer aldığı laboratuvar uygulamalarına göre yapılandırma ve kritik düşünme becerilerini geliştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca süreç temelli biçimlendirici değerlendirme ile öğrencilerin kavram yanılgıları tespit edilmiş ve geri dönütler verilmiştir. Bu çalışma toksikoloji dersi kapsamında geliştirilmiştir fakat diğer biyokimya ve moleküler biyoloji konuları ile ilgili olarak da geliştirilip uygulanması önerilmiştir.

Hasson ve Yarden, (2012), çalışmalarında, araştırma sorusunu laboratuvar tekniğinden ayıran olası etkileri, öğretmenlerin laboratuvar tekniği anlayışlarındaki ve araştırma sorusu oluşturabilme yeteneklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla mikrobiyoloji laboratuvar dersinde yürütülen laboratuvar tekniklerini özel araştırma soruları bağlamında açık bir şekilde sunulmuştur. Ders boyunca öğretmenlerin laboratuvar tekniği algıları, etkinlikler sırasında verdikleri cevaplarından yansımalar ile geliştirilmiştir. Bulgular bazı öğretmenlerin araştırma sorusu sorma yeteneklerinin laboratuvar tekniği bilgisiyle arttığı, fakat bazı öğretmenlerin ise değişmediği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, öğretmenler arasında araştırma sorusu sorma yeteneklerini geliştirilmesinin laboratuvar tekniği bilgisi ile sağlanabileceği vurgulanmış, laboratuvar tekniği anlayışı ile araştırma sorusu sorma arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir.

Laboratuvarda bireyler yaparak, yaşayarak kavram ve olguları öğrenmelerinin yanı sıra bu süreçte laboratuvar teknik becerileri gibi yaşam becerilerini de kazandıkları belirtilmiştir.

Trapani ve Clarke (2012), çalışmada, biyoloji bilimlerindeki tüm lisans programlarında ortak bir zorunlu ders olan "Biyoteknoloji Laboratuvarı"na yönelik bir laboratuvar dersi tasarlanmıştır. Tasarlanan bu laboratuvar dersi, fen bilimlerinde yaygın olarak kullanılan deneysel tekniklerde temel, pratik becerilerin, yetkinliklerin ve bilginin geliştirilmesine odaklanılmştır. Bu labortuvar dersi öğrencilerin temel biyokimya, moleküler biyoloji, hücre biyolojisi ve mikrobiyoloji disiplinlerinden türetilmiş çeşitli pratik alıştırmalar yaptıkları uygulamalı etkinliklerden oluşmaktadır. Ayrıca ders boyunca farklı bağlamlarda öğrenilen becerilerin pekiştirilmesi ve yeterlilik temelli bir değerlendirme yöntemi, istenen öğrenci sonuçlarının elde edilmesini kolaylaştıran, ayırt edici özellikler olduğu belirtilmiştir. Bu dersten mezun olan öğrenciler aladıkları laboratuvar dersi sayesinde, yüksek lisans çalışmalarında ve istihdamda kullanılmak üzere daha üst düzey beceri ve bilgi gerektiren ileri düzey laboratuvar kurslarına ve araştırma projelerine daha etkin bir şekilde katılmalarını ve bu projelere ulaşmalarını sağlanmıştır.

Eastwood ve Sadler (2013), bu çalışmanın amacı, öğretmenlerin oyun tabanlı bir müfredat ünitesini nasıl uyguladıklarını araştırmak, öğretmenlerin oyun temelli konulara yönelik algıları ve uygulamalarını geliştirmektir. Nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması şeklinde desenlenmiştir. Çalışma grubunu lisede görev yapan üç biyoloji öğretmeni oluşturmaktadır. Veri toplamada sınıf gözlemleri ve yarı-yapılandırılmış görüşme kullanılmıştır. Veriler içerik analizine tabi tutulmuştur. Verilerin analizinde üçgenleme yöntemi ile geçerlik ve güvenirlik sağlanmaya çalışılmıştır. Bulgular; etkinliklerin sınıf norm ve uygulamalarına uyarlanması, kaliteli müfredat kaynak ve desteğine verilen değer, oyunun normalde öğrencilerin erişemeyeceği deneyimler sağlamadaki avantajı ve zamanın etkili kullanımına ilişkin endişeler konusunda öğretmenler arasında benzer durumları ortaya koymuştur. Bazı öğretmenlerin ise oyunla destekleyici müfredat materyalleri arasında bütünleşmek ve bağlantı kurmak için desteğe ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışma, teknoloji temelli yenilikçi müfredatı bireysel dersliklerine etkili bir şekilde adapte edebileceklerini gösterdiği bildirilmiştir. Materyal desteği, mesleki gelişim ve zamanında teknik destek sayesinde öğretmenlerin belirttikleri zorlukların giderileceği önerilmektedir.

Sato (2013), öğrencilerin bilimsel yönteme aktif olarak katıldıkları, hipotez geliştirme odaklı proje etkinlikleri içeren bir modül geliştirmiştir. Bu modülde öğrencilerin, konu alan bilgisinin geliştirilmesi; bilimsel yöntemi kullanması; çeşitli laboratuvar becerilerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma mikrobiyoloji dersi kapsamında 160 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler değerlendirilirken ön test- son test, sınav, öğrenci öz değerlendirmesi, laboratuvar raporları, modül öğrenci değerlendirmesi her biri amaca özgü olmak üzere kullanılmıştır. Genel olarak bu laboratuvar modülü öğrencilerin bilimsel metoda aktif olarak katılmaları ve ekoloji ile ilgili model organizmaları anlamalarına katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Hipotez geliştirme odaklı laboratuvar etkinliklerinin alan bilgisinin yanı sıra bilimsel yöntemi kullanma ve laboratuvar teknik becerilerini geliştirdiği belirtilmiştir.

Hubler, Adams ve Scammell (2015), çalışmada moleküler olayların organizmaların genomunu değiştirebileceğini gösteren bir dizi laboratuvar etkinliği uygulanmıştır. Bu etkinlikler biyoloji, genetik veya moleküler biyoloji lisans öğrencilerinin seviyesine uygun olarak tasarlanmıştır. Öğrencilerin etkinlikleri yürütmelerine, gözlem yapmalarına, sonuçları yorumlamalarına ve sonuç çıkarmalarına olanak tanımak için öğrenci laboratuvar talimatları dahil edilmiştir. Bu çalışmada tasarlanan etkinliklerde, öğrenciler değişken ve korunmuş DNA dizilerinin temel prensiplerin öğrenerek moleküler evrimin nasıl gerçekleştiğini görmelerine yardımcı olmak amaçlanmıştır. Bu etkinlikler ayrıca mutasyon ve seçimin evrimde oynadıkları rolleri gösteren canlı organizmalara örnek de sağlamıştır. Öğrencilerin hazırbulunuşlukları; DNA yapısı, replikasyonu, transkripsiyonu, translasyonu ve mutasyona ait temel bilgilerdir. Bu sebeple etkinlikler ilk olarak genom organizasyonu, mutasyon ve seleksiyon konularını içeren bir sınıf tartışması ile başlamaktadır. İkinci görev olarak da kullanılacak yöntemlere hazırlık için laboratuvar hazırlık bölümüdür. Daha sonra etkinlik bir ve etkinlik iki gerçekleştirilmiştir. Son aşamada konu ile ilgili video gösterimi ve önerilen makalenin okunması ile öğretim pekiştirilmiştir.

Erasmus, Brewer ve Cinel (2015) araştırmalarında mevcut biyokimya laboratuvarına biyo-inorganik ve analitik kimya yaklaşımlarını entegre etmek ve lisans öğrencilerine başka bir biyokimya enstrümanı olan Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometresini tanıtmak amaçlanmıştır. Çalışma biyokimya laboratuvarı dersi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Öğrencilere laboratuvar ön hazırlıkları için tipik bir laboratuvar planı içeren kılavuz sunulmuştur. Öğrenciler, myglobin saflaştırılmasına yönelik yöntem

araştırırlarken eleştirel düşünmeleri de istenmiştir. Öğrenciler verileri karşılaştırarak eleştirel düşünebilmeleri için konu ile ilgili temel literatürü de araştırmışlardır. Öğrenciler ders kapsamında yazdıkları raporlara göre değerlendirilmiştir. Raporların değerlendirilmesinde araştırmacılar tarafından geliştirilen rubrik kullanılmıştır. Araştırma sonucunda öğrenciler myglobin saflaştırması için demir analizinin eklenmesi ile biyokimyasal bağlamda analitik ve biyo-inorganik kimya yöntemlerinin her ikisini de kullanmışlardır.

McKernan (2015), çalışmada, mikrobiyoloji derslerinin laboratuvar bölümündeki tekniklerin öğretimine yönelik olarak, bakterilerin nasıl büyüdüğü, büyümesinin nasıl ölçüldüğüne ilişkin basit kavramlarla laboratuvar etkinliği tasarlanmışlardır. Bu etkinlik kavram öğretimin yanı sıra hipotez geliştirme, araştırma tasarımı, verilerin analizi ve araştırma raporunun yazımını da içermektedir. Etkinlik üç saatlik laboratuvar bölümleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar etkinliği iki kişilik dört grupla gerçekleştirilmiştir (8 öğrenci). Uygulamanın birinci bölümünde laboratuvar etkinliğinin önemi tartışılmış, hipotez geliştirilmiş, amaçları ve prosedürler açıklanmıştır. Daha sonra spektrofotometre ve standart plaka yöntemi kullanılarak bakteri büyümesi ölçülmüştür. Uygulamanın ikinci bölümünde öğrenciler excel programını kullanarak grafik çizmişler ve plakalardaki koloni sayılarını hesaplamışlardır. Öğrenciler kullandıkları yöntemin avantajları ve dezavantajları hakkında beyin fırtınası yaparak sınıf içerisinde tartışmışlar ve raporun sonuç bölümünü yazmışlardır. Bilimsel makaleleri gözden geçirilmiş ve rubrik ile puanlanmıştır. Sonuç olarak bu laboratuvar etkinliğinin öğrencileri hipotez geliştirmeye ve geliştirmek için hangi yolları kullanacağına ilişkin sorgulamaya teşvik ettiği bildirilmiştir. Bilimsel bir rapor yazma uygulaması, öğrencilerin bilimsel yazma becerilerini geliştirmiştir. Aynı zamanda öğrencilere bir bilim insanı gibi laboratuvar tekniklerini (aseptik teknikler, bakteri kültürlerinin kullanımı, seri dilüsyonlar, pipetleme ve mikropipetleme) kullanma fırsatı sağladığı bildirilmiştir.

Resendes (2015), çalışmada sorgulamaya dayalı deneysel tasarım ile bilimsel yazmayı birleştiren hücre ve moleküler biyolojiye giriş dersi için bir laboratuvar modülü hazırlanmıştır. Laboratuvar modülünde öğrenciler hücresel stresin Hella hücrelerinin protein ekspresyonu üzerindeki etkisini araştırmak için bilimsel literatürü kullanmışlardır. Buna paralel olarak öğrenciler sonuçlarını rapor etmek için bir araştırma bir makalesi geliştirmişlerdir. Öğrencilerin değerlendirilmesi, sınıf içi değerlendirmeler (kapsamlı testler) ve ev ödevi (hazırladıkları makale) kullanılarak yapılmıştır. Sonuç

olarak, deneysel tasarım ve öğrenci becerileri arasında bir bağlantı olduğu, fen okuryazarlığı ve bilimsel yazma becerilerini geliştirdiği bildirilmiştir. İlgili dersin içeriğine protokolün dahil edilmesi, önemli laboratuvar becerilerini tanıtmak, öğrencilerin bilimsel literatür gibi bilimsel yöntemi uygulama becerilerini geliştirmek için faydalı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada eğitmen rehberliğinin akran düzeltmesi kadar etkili olmadığı görülmüştür. Bu sebeple bu modülün uygulanmasında, gelecekteki uygulamalar için akran değerlendirilmesinin kullanılması önerilmektedir. Bu modül birinci sınıf öğrencilerine yönelik olarak geliştirilmiş olup üst seviyelerindeki sınıflar için de farklı uygulamalarının geliştirilmesi önerilmektedir.

Cancela, vd., (2016), çalışmada kimya dersi laboratuvar uygulamalarını mini projeler şeklinde probleme dayalı olarak tasarlamışlardır. Uygulamalar birinci sınıf orman mühendisliği lisans öğrencileri (n=25) ile gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler laboratuvar görevleri içeren 15 tane mini projeyi gruplar halinde gerçekleştirmişlerdir. Her grup akademik başarılarına göre homojen olarak dağıtılmış beş öğrenciden oluşmaktadır. Etkinlikler mühendisler için gerekli temel laboratuvar teknikleri, yaygın olarak bilinen malzemeler ve öğrenilmesi gereken kavramlardan oluşmaktadır. Ders kapsamında mini projelerini gerçekleştiren öğrencilerin hazırladıkları raporlar ve görüş anketi çalışmada değerlendirme aracı olarak kullanılmıştır. Raporların değerlendirilmesinde sekiz kategoriden (malzemeler, prosedürler, hesaplamalar, veriler, sonuç, katılımcılar, düzenleme ve sunum) oluşan dörtlü dereceli rubrik kullanılmıştır. Sonuç olarak, mini projeler şeklinde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmalarının alan bilgisi, anlama-uygulama ve takım çalışmasında sözlü ve yazılı iletişim kurabilme becerilerine olumlu yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Laboratuvar deneyiminin anlamlı ve öğrencilere eleştirel düşünmelerini sağladığı belirtilmiştir. Bu tür yaklaşımların pratik bir rehber geliştirmekle sınırlı kalmaması için öğretmenlerin büyük çaba göstermeleri gerekliliği vurgulanmıştır.

Steury (2016), çalışmada hipotez geliştirme odaklı laboratuvar uygulamaları tasarlamıştır. Öğrenciler laboratuvar öncesi derste kendilerine verilen konuya ilişkin bilgi edinmişler, sonraki derste ise bu konuya ilişkin hipotez geliştirmeleri istenmiştir. Bu yeni model uygulaması 3-5 bölümden oluşmaktadır. Her bölüme 16-18 lisans öğrencisi katılmıştır. Bölüm sonlarında deneyi tamamlayan öğrenciler sonuçlarını haftalık ev ödevi şeklinde teslim etmişlerdir. Eğitmenler bu ev ödevlerini değerlendirip bir sonraki bölümün laboratuvar öncesi dersi için kullanmışlardır. Sonuç olarak bu yaklaşımın,

laboratuvar öncesinde konu ile ilgili araştırmalar yapmalarını, hipotez kurmalarını ve sonuçları yorumlamalarını sağlayarak araştırma becerilerini geliştirmelerine yardımcı olduğu bildirilmiştir. Bu yaklaşımın ve laboratuvar ortamındaki değişiklikler sayesinde motivasyonu sağlayacağı, daha iyi öğrenme ortamı ve daha verimli bir sınıf oluşturulacağı önerilmiştir.

Tatner ve Tierney (2016), bu çalışmada iki haftalık bulaşıcı hastalıkların tedavisine dayalı iki haftalık bir laboratuvar sınıfının geliştirilmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmaya birinci ve ikinci sınıf lisans tıp öğrencileri katılmıştır. Laboratuvar 50-60 kişilik sınıflara uyacak ve kısa sürede değerlendirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Öğrenciler gerçek yaşamla ilgili bir problemi çözmek için çeşitli teknikler kullanarak bulaşıcı ajanların türleri, bulaşma yolları, risk faktörleri, klinik semptomları, teşhis ve bunların tedavisi ile ilgili deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Öğrencilerin %70'i kazanımların öğretimi için geleneksel laboratuvara göre yeni formatının daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca laboratuvar etkinliklerinin problem çözme becerilerini geliştirmede de etkili olduğu belirtilmiştir. Geliştirilen laboratuvar uygulamasının çeşitli zaman dilimlerinde farklı örneklemlere kolayca uyarlanabileceği bildirilmiştir.

Willbur, vd., (2016), fen laboratuvarı müfredatını keşif temelli deneyimler uygulanması ve geliştirilmesi ile öğrencilerin deneylere katılımını artırılması hedeflenmiştir. Çalışma Biyokimya Laboratuvar dersini alan lisans öğrencileri (n=45) ile gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler yeni laboratuvar modülünde araştırma laboratuvarında yaygın olarak bulunan modern teknikleri ve malzemeleri kullanarak karbonhidrat aktif enzimini ifade etmeyi, saflaştırmayı ve karakterize etmeyi öğrenmişlerdir. Yemek kitabı (cookbook) tarzı geleneksel laboratuvar deneylerinden farklı olarak, öğrenciler kendi hipotezlerini oluşturmuşlar ve belirledikleri değişkenleri kullanarak deneyi gerçekleştirmişlerdir. Üç saatlik, üç laboratuvar periyodu boyunca, öğrenciler rekombinant DNA, kromotografi, SDS PAGE, HPLC bazlı testleri gerçekleştirerek izole ettiklerinin proteinin miktarını ölçmüşlerdir. Deneyleri tamamlayan öğrencilerin, bir anket aracılığı ile deneyimleri değerlendirilmiştir. Öğrencilerin çoğunluğunun, bu laboratuvar modülünün önceden belirlenmiş bir sonuç bulunmamasından ve deneysel tasarım sürecine katılma fırsatından dolayı geleneksel deneylerden daha ilgi çekici buldukları tespit edilmiştir. Sonuç olarak, laboratuvar çalışmaları ile öğrenciler konu alanı ile ilgili gerçek hayatta gerekli, önemli becerileri öğrendikleri ve araştırma sürecine daha somut bir şekilde dahil oldukları için yeni bilgi üretmede bilimsel olarak daha çok çaba gösterdikleri belirtilmiştir.

Akçayır (2017), çalışmada fen laboratuvarında artırılmış gerçeklik teknoloji kullanımının üniversite öğrencilerinin laboratuvar becerilerine ve laboratuvara karşı tutumlarına etkisi araştırılmıştır. Ön test-son test kontrol gruplu desen kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini yaşları 18-20 arasında değişen 76 üniversite öğrencisi oluşturmaktadır. Hem nitel (yarı yapılandırılmış görüşme) hem nicel (laboratuvar beceri ölçeği, fizik laboratuvarı tutum ölçeği, NASA-TLX (NASA görev yük indeksi)) veri toplama araçları kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS programı ile *t*-testi ve ANCOVA analizleri yapılmıştır. Ayrıca Cohen's *d* hesaplanmıştır. Elde edilne veriler artırılmış gerçeklik teknolojisinin öğrencilerin laboratuvar becerilerine önemli katkıda bulunduğunu göstermiştir. Aynı zamanda fizik laboratuvarına karşı olumlu tutum geliştirmelerini sağladığı bildirilmiştir.

Akyıl (2017), biyoloji öğretmenlerinin laboratuvar yeterlikleri ile ilgili görüşlerinin farklı değişkenlere göre incelenmesi amaçlanmıştır. Nicel kısmı 34 ortaöğretim kurumunda görev yapan biyoloji öğretmenleri, nitel kısmı ise 11 biyoloji öğretmeni ile gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak "Laboratuvar Yeterlikleri Belirleme Ölçeği" ve görüşmeler kullanılmıştır. Sonuç olarak; biyoloji öğretmenleri laboratuvar yöntemini önemli bulmalarına rağmen, laboratuvar yeterlilikleri ile ilgili görüşleri düşük düzeyde kaldığı tespit edilmiştir. Laboratuvar yeterliliklerinin cinsiyetten etkilendiği ve kadınların lehine, mezun olunan okul ve hizmet süresi değişkeninden ise etkilenmediği bildirilmiştir. Laboratuvar yeterlikleri okul türünden etkilenmediği ve fen liselerinde çalışan öğretmenlerin laboratuvar yeterliliklerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Lencastre, Torello ve Keller (2017), çalışmada yüksek lisans düzeyinde DNA yöntemleri laboratuvar dersi keşif tabanlı bir araştırma projesini modellemek için tasarlanmıştır ve öğrenciler hem geleneksel DNA analiz yöntemlerini hem de modern rekombinant DNA klonlama tekniklerini uygulamışlardır. Her dönem "Moleküler ve Hücre Biyolojisi" dersini alan 30-45 öğrenciler, iki ya da üç gruba ayrılmıştır. Her grupta 12-15 öğrenci bulunmaktadır. Ders interaktif ve uygulamalı araştırmaları içermektedir ve haftada üç saat olarak verilmektedir. Her grup bilgisayar ile internete erişim sağlamışlar, online ders materyali, laboratuvar protokolleri ve gerekli program ve veri tabanlarını internet kullanmışlardır. Uygulamalı laboratuvar etkinliğinde ise işbirlikli problem çözme ve bilgiyi paylaşmaya teşvik edilmiştir. Öğrenciler katılımları, laboratuvar raporları, haftada bir sınıf değerlendirmesi ve iki laboratuvar sınavı ile değerlendirilmişlerdir. Ders her öğrenci grubunun dönem bıyunca yaptıkları araştırma projelerine dayanan bir poster

sunumu ile sona ermiştir. Dersin ilk bölümünde öğrenciler GatewayVR klonlamayı kullanarak seçtikleri bir insan hastalığı genini Drodophila ortolojine klonlamışlardır. Dersin ikinci bölümünde öğrenciler, ters transkripsiyon PZR ile insan hücre dizilerinde ilgilendikleri genin ifadesini incelemişler ve ters transkripsiyon PZR (qRT-PCR) deneylerinden elde ettikleri nicel verilerin nasıl analiz edileceğini öğrenmişlerdir. Bulgular dersin hem araştırma teknikleri hem de konu hakkında derinlemesine bilgi edinmelerini sağladığını göstermiştir. Uzun vadede DNA yöntemleri laboratuvarını, bu derste geliştirdikleri reaktifleri ve kavramları, bir protein metodu ve hücre kültürü laboratuvarı da dahil olmak üzere sonraki laboratuvar derslerinde kullanmaları amacıyla "Moleküler ve Hücre Biyolojisi" yüksek lisans programına laboratuvar dizisinin temeli olarak entegre etmek hedeflendiği bildirilmiştir.

Susantini, Lisdiana, Isnawati, Al Haq ve Trimulyono (2017), çalışmada DNA izolasyonunun ev malzemeleriyle birlikte tasarlanıp yürütülmesinin öğrencilerin yaratıcı düşünmelerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca bu laboratuvar uygulamasının öğrencilerin bilgi ve görüşlerini nasıl etkilediği de açıklanmıştır. Araştırmaya toplamda 47 öğrenci katılmıştır. Öğrenciler gruplandırılmıştır ve mevcut ev malzemelerini kullanmaları ve uygulamalı çalışma yaprağını kullanarak prosedürleri değiştirmeleri istenmiştir. Öğrencilerin yaratıcı düşünceleri, laboratuvar çalışma yaprağındaki "Yaratıcı düşün" bölümüne öğrencileri verdikleri cevaplar analiz edilerek değerlendirilmiştir. Öğrencilerin DNA izolasyonu hakkındaki algıları araştırmacılar tarafından geliştirilen açık uçlu sorularla ve görüşleri öz değerlendirme formu kullanılarak belirlenmiştir. Bulgular bu yaklaşımın yaratıcı düşünceyi ve aynı zamanda konuyla ilgili bilgilerini geliştirdiğini göstermiştir. Öğrenciler ayrıca içerik bilgisi, sosyal beceriler ve yaratıcı düşünme becerileri hakkında olumlu görüşlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu çalışma, DNA'yı ev malzemeleri ile izole etmenin öğrencilerin içerik bilgisi, sosyal beceri ve yaratıcı düşüncelerini geliştirebildiğini göstermiştir.

Aydın (2018), çalışmada ortaokul fen bilgisi dersinde yer alan "Madde ve Özellikleri" ünitesindeki asit ve baz konusundaki geleneksel laboratuvar yöntemi ile sanal laboratuvar uygulamasının kullanılması ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Karma araştırma modelinin kullanıldığı bu çalışmada ön test-son test kontrol gruplu deneysel tasarım modeli kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini 8. sınıf (n=60) öğrencileri oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak akademik başarı testi kullanılmıştır. Ders bitiminde sanal laboratuvar uygulanan gruba açık uçlu görüşme formu uygulanmıştır.

Çalışma sonucunda geleneksel laboratuvar ile sanal laboratuvar kullanılan öğrencilerin başarıları arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Görüşme formunda elde edilen verilere göre öğrenciler sanal laboratuvar uygulamasında zevk aldıklarını ve öğrenmelerine katkı sağladığını ifade ettikleri görülmüştür.

Pedwell, Fraser, Wang, Clegg, Chartes ve Rowland (2018), çalışmada genetik, biyoenformatik, biyokimya, analitik kimya ve mikrobiyoloji bilimlerini içeren öğrenci tasarımlı proje, ders tabanlı mikrobiyoloji dersi tasarlanmıştır. Çalışma lisans "Moleküler Mikrobiyoloji" dersine katılan üçüncü sınıf fen bilimleri öğrencileri (*n*=80) ile gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin değerlendirilmesinde ders notunun toplam %20-30'u, öğretim görevlisi gözlemi, akran değerlendirmesi ve laboratuvar raporlarının bir kombinasyonu kullanılmıştır. Ders planlama, araştırma önerisi, deneysel işlem ve sonuç raporu olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır. Bulgular disiplinlerarası araştırmalara maruz bırakılan öğrencilerin eleştirel düşünme ve özerkliğe teşvik ettiği, işbirlikli öğrenmeyi geliştirdiği bildirilmiştir. Biyoenformatik etkinliğinden istenilen dönütler alınamasa da öğrencilerin proje ile ilgili olumlu yansımaları olduğu bildirilmiştir. Bu laboratuvar dersi öğrencilere birden fazla teknik alanda önemli kazanımlar ve projenin "bilim insanı olma" yönlerini sağlamıştır. Bu çalışma hem öğrenciler hem de akademik uygulayıcılar için gelecek araştırmaları yürütmede bilgilendirici olacağı belirtilmiştir.

Thurtle-Schmidt ve Lo (2018), çalışmada, CRISPR/Cas9 yönteminin lisans düzeyinde ve genetik çalışmalardaki kullanımları araştırılmıştır. Amacı, CRISPR/Cas9'ın fonksiyonlarının bir prokaryotiğin bağışıklık sistemi olarak nasıl çalıştığı açıklamak, araştırmacıların CRISPR/Cas9 ile nasıl mutasyonlar oluşturduğunu, CRISPR/Cas9'un yeni işlevler içi nasıl uyarlandığını açıklamak ve genom düzenlemede etik düşünceleri tartışmaktır. Bu çalışmada CRISPR/Cas9 tekniğinin kullanımına yönelik dört farklı etkinlik tasarlanmıştır. Bu etkinlikler; "CRISPR: Ökaryotik gen düzenlemesi için uyarlanmış bakteriyel ve arke bağışıklık sistemi", "Araştırmacılar gen düzenlemesi için CRISPR'ı nasıl kullanıyor?", "Bir temada çeşitlenmeler: Cas9 ve yeni uygulamalara alternatifler", "CRISPR/Cas9 genom düzenlenmesinin insanlarda oluşturduğu etik etkiler". Her bölüm moleküler biyolojide karşılaşılan yaygın, olası kavram yanılgılar ve gelecek metnin daha iyi anlaşılması için tartışmaları kolaylaştıran beklenti rehberi ile başlamıştır. Her bölüm istenen kazanımların ne derece karşılandığını değerlendirmek için tartışma soruları ile bitmiştir. Beklenti rehberi ve tartışma soruları, bu konuların sınıfta aktif olarak araştırılmasına teşvik etmek amacıyla kullanılmıştır. Sonuç olarak

CRISPR/Cas9 deneylerini lisans seviyesindeki laboratuvar derslerine dahil etmek için bir kılavuz olduğu belirtilmiştir.

Laboratuvara dayalı öğretim ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde ulusal alan yazında yenilikçi yöntem ve tekniklerin kullanıldığı laboratuvar çalışmalarının sınırlı sayıda olduğu tespit edilmiştir. Uluslararası alan yazında gerçekleştirilen çalışmaların ise yenilikçi öğretim yöntem ve yaklaşımların laboratuvara dahil edilmesiyle bireylerin araştırma, sorgulama, tartışma, bilimsel iletişim kurma becerilerinin geliştirilmesine yöneldiği belirlenmiştir. Ancak gerek ulusal gerekse uluslararası alan yazında laboratuvara dayalı öğretim ile ilgili yapılan çalışmaların genellikle öğretmen adayları, farklı bölümlerde (biyoloji, kimya, mikrobiyoloji, biyokimya vb.) okuyan üniversite öğrencileri ve lise öğrencileriyle gerçekleştirildiği, öğretmenlerin ise bu sürece sınırlı şekilde dahil edildiği görülmüştür. Ayrıca uluslarası alanda yapılan laboratuvara dayalı çalışmaların çoğunluğu bireylerin aldıkları ders kapsamında gerçekleştirdiği çalışmalar olup, yoğun deneysel beceriler gerektirdiği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda fen bilimleri öğretmeni yetiştiren kurumlarda ve görev yapan öğretmenler için, laboratuvarda öğretim gerektiren konuların yenilikçi öğretim yaklaşımlarıyla entegrasyonu ve gerekli araç-gereç sağlanarak verilmesiyle fen bilimleri öğretmen eğitiminin kalitesinin artırılmasına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

2.1. Yenilikçi Öğretim Yaklaşımları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Casla ve Zubiaga (2010), çalışmada, babalık testi probleme dayalı öğrenme yaklaşımını kullanılarak sınıf, laboratuvar ve sınıf dışı faaliyetlerin bir kombinasyonu sunulmuştur. Öğrenciler kampüste bulunan bir bebek ile ilgili olarak öğrenciler kendi genotiplerini belirlemek için PZR tabanlı bir deney tasarlamışlardır. Sınıf havuzundaki genotipler allel frekaslarını hesaplamak için Hardy Weinberg dengesi kullanılmıştır. Bireysel sonuçlar da olası babalık için değerlendirilmiştir. Sınıf içi tartışmalar, grup tartışmaları, eğitim oturumları, wiki siteleri, laboratuvar etkinlikleri ve bireysel raporlar öğrencilerin öğrenme durumlarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Çalışmada teorik, pratik ve deneysel bilgileri kapsayan kazanımlar, öğrencileri ve öğretmenleri yönlendirmiştir. Bu kazanımların lisans öğrencileri için uygun olduğu bildirilmiştir. Bu tür çalışmalara daha fazla zaman ve deneyim harcanmasıyla başarının artacağı belirtilmiştir.

Ketpichainarong, Panijpan ve Ruenwongsa (2010), çalışmada, araştırma-sorgulama tabanlı bir selüloz laboratuvarının, biyoteknoloji alanındaki lisans öğrencilerinin (*n*=54) araştırma becerilerine etkisi araştırılmaktadır. Ön test-son test araştırma deseninin kullanıldığı çalışma keşfetme, uygulama ve değerlendirme olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Öğrencilerin başarı ve tutumlarını değerlendirmek için, kavramsal anlama testi, kavram haritası, öğrenci raporları, CLES (Yapılandırmacı öğrenme ortamı anketi) anketi, öğrenci görüşmeleri kullanılmıştır. Kavramsal anlama testi, CLES anketi ve kavram haritaları ön test olarak uygulandıktan sonra araştırma- sorgulamaya dayalı laboratuvar uygulanmıştır. Son testte ön testtekilere ek olarak öğrenci dokümanları ve görüşme soruları kullanılmıştır. Kavramsal anlama testi ve CLES anketinden elde edilen veriler *t*-testi, kavram haritaları ve öğrenci raporları rubrikler ile değerlendirilmiştir. Görüşme verilerinde ise tematik analiz kullanılmıştır. Kavramsal anlama testi sonuçları ve kavram haritalamalarından yola çıkarak, öğrenciler enzim-substrat etkileşimi ve uygulaması hakkında çok daha fazla içerik bilgisi kazandıkları görülmüştür. Ek olarak, öğrencilerin projeleri hakkındaki raporları, eleştirel düşünme, bilimsel süreç becerileri ve enzim selülaz hakkındaki bilgileri endüstriyel uygulamalar için yeteneklerini geliştirdiklerini ortaya koymuştur. Öğretmenlerin bu çalışmada hem içerik hem de pedagojik tekniklere hakim oldukları gözlemlenmiştir. Soru sorma, tahminde bulunma, problem çözme, sonuç çıkarma ve iletişim gibi bilgi ve becerilerin kazanılmasını da sağlamıştır. Bu araştırma- sorgulamaya dayalı laboratuvar, mezunlar için çeşitli araştırma düzeyinde dinamik bir talimatın uygulanmasına yönelik bir kılavuz ve çerçeve olarak görev yapabileceğine ilişkin öneride bulunulmuştur.

Reynolds ve Hancock (2010), çalışmada, probleme dayalı öğrenmeye karşı ders temelli öğrenmenin başarı üzerine etkisi, problem çözme becerileri ve yeni oluşturulan bir çevre biyoteknolojisi dersine kayıtlı olan lisans öğrencilerinin öğretim stratejilerine yönelik tutumlarının araştırılması amaçlanmıştır. Kısa sınavlar, senaryolar, anketler ve görüşmeler yoluyla toplanan veriler, probleme dayalı öğrenmeye maruz kalan öğrencilerin öğrenme sürecine yönelik daha büyük başarı sağladığını, problem çözme becerileri ve tutumlarını olumlu yönde geliştirdiğini göstermiştir. olduğunu göstermiştir. Probleme dayalı öğrenmenn potansiyel etkileri tartışılarak gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Simonneaux ve Chouchane (2011), çalışmada, gen terapisi ve kabul edilebilirliği konusundaki tartışmalı konuyla ilgili üniversite (19-21 yaşları arasındaki) öğrencilerin

görüşleri ve görüşlerinin ardındaki sebepleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Bir biyoteknoloji enstitüsünde eğitim gören öğrencilerin, epistomolojik "rahatsızlıklarından" sınıf tartışmaları düzenlenmiştir. Otantik genetik terapi vakalarından çeşitli kaynaklar kullanılmıştır. Moleküler genetik ve genomik alanındaki güncel sonuçlara dayanarak Crick'in modelinin yeniden değerlendirilmesi üzerine çalışılmıştır. Genetik tedavilerin başarısızlığı üzerine metinler sunularak eleştirel olarak analiz edilmiştir. Bu aynı zamanda öğrencileri Crick'in dogmasına meydan okuyan güncel moleküler biyoloji verileri ışığında nicel kanıtları değerlendirmeye teşvik edilmiştir. Uygulama sonrasında öğrencilerin argümantasyon becerilerinde bir artış tespit edilmiştir. Ancak öğrencilerin argümanlarının diğer durumlardan ziyade iletişimsel eylemle daha uyumlu olduğu bulunmuştur.

Steck, DiBiase, Wang ve Boukhtiarov (2012), inşaat mühendisliği ve biyoloji alanlarının kombine edildiği disiplinlerarası, takım tabanlı bir ders tasarlamışlardır. Probleme dayalı öğrenme senaryoları tek öğrenme aracı olarak kullanılmıştır. Problem senaryoları ve bu dersin değerlendirilmesi için araçlar geliştirilmiştir. Karma araştırma yönteminin kullanıldığı çalışmaya 58 lisans ve yüksek lisans öğrencileri katılmıştır. Hazırlanan her bir problem senaryosu mikrobiyoloji tabanlı biyoteknoloji tekniklerini kullanarak gerçek dünya problemlerine çözüm bulmayı gerektiren mini senaryolar şeklinde tasarlanmıştır. Veriler; sınıf stratejisi ve problem çözme becerileri anketi, öğrenci içerik bilgisi anketi, öğrenme stilleri anketi, odak grup görüşmeleri ve röportajlar ile toplanmıştır. Verilerin analizinde nitel ve nicel analiz yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Anketlerden elde edilen nicel verilerin analizinde istatistiksel analizler (MANOVA, ki-kare, *t*-testi, vb.) kullanılmıştır. Odak grup görüşmeleri, röportajlardan elde edilen nitel verilerin analizinde içerik analiz kullanılmıştır. Bulgular probleme dayalı öğrenmenin öğrencilerin içerik bilgisindeki öğrenme algılarını değiştirdiğini ve öğrencilerin öğrenme stillerinde bir değişikliğe teşvik ettiğini göstermiştir. Problem çözme becerilerinde ve eleştirel düşünme becerilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme gözlenmese de öğrenciler probleme dayalı stratejilerinde ve eleştirel becerilerinde önemli değişikler olduğu bildirilmiştir.

Martins ve Martel (2013) tarafından 2010-2011 yılında "Biyokimya II" ders müfredatında, birinci sınıf tıp öğrencilerine geleneksel laboratuvar teknikleri uygulanırken; araştırma metodolojisinin tanıtılması, bilimsel düşünme, bilimsel yazma ve konuşma, sonuçların poster sunumunun yanı sıra eleştirel değerlendirme amacıyla yenilikçi bir laboratuvar araştırma projesi geliştirmişlerdir. Geleneksel laboratuvar

tekniği ile geliştirdikleri yenilikçi laboratuvar araştırma projelerini karşılaştırmışlardır. Çalışmaya Biyokimya II dersine kayıtlı olan 22 sınıftaki 278 öğrenci katılmıştır. 10 hafta süren proje çalışması sonucunda öğrenciler verilerini poster hazırlayarak arkadaşlarına sunmuşlardır. Son hafta proje hakkında öğrencilerden geri bildirim almak için 9 soruluk bir anket uygulanmıştır. Bu anket anonimdir. Öğrenciler tarafından yapılan deneysel veri analizi ile tartışmanın yanı sıra, takım çalışmasının, başarılarında olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir. Çalışma sonucunda öğrencilerin deneysel veri analizi ve bilimsel tartışma yapmalarının yanı sıra birlikte çalışmalarının, onların başarılarına olumlu katkısı olduğu bildirilmiştir. Geleneksel laboratuvar sınıflarına karşı pratik aktiviteler ile teorik bilginin uygulamasına yönelik araştırma projelerinin uygulanması ve gelecek yıllarda da kullanılması önerilmiştir.

Kırıktaş (2014), sorgulamaya dayalı öğretim yönteminin kullanıldığı biyoloji laboratuvar uygulamalarının öğretmen adaylarının akademik başarılarına, bilimsel süreç becerilerine (BSB) ve laboratuvara yönelik tutumlarına etkisini araştırmıştır. Ön test-son test yarı deneysel desen kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini 68 fen bilgisi öğretmen adayı oluşturmaktadır. Kontrol grubunda geleneksel yöntem, deney grubuna ise sorgulamaya dayalı öğretim yöntemi kullanılmıştır. Veriler akademik başarı testi, BSB testi ve tutum ölçeği ile toplanmış ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Sonuç, olarak biyoloji laboratuvar uygulamalarında sorgulamaya dayalı yöntemin geleneksel grup çalışması yöntemine göre öğrencilerin akademik başarılarının artmasında ve bilimsel süreç becerilerin gelişmesinde daha etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir. Ancak deney ve kontrol grupları arasında tutum bakımından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Smit, Heath ve Walter (2014), araştırma-sorgulamaya dayalı genetik laboratuvar etkinliğinde, öğrencilerin adli tıpa olan merakı kullanılarak, tişörtteki kanın kime ait olduğu belirlemek için biyomoleküler tekniklerin kullanıldığı gerçek yaşam senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Kıyafetlerde gerçekçi kan lekeleri oluşturmak için balık kanı kullanılmıştır ve öğrencileri şüphelileri belirlemek için DNA analizleri kullanmışlardır. Bu laboratuvar çalışmasını tasarlamaktaki amaçlardan biri de kalabalık sınıflar (n>300) için uygun bir protokol geliştirmektir. Üç saatlik laboratuvar dersi sırasında öğrenciler temiz/steril tekniği, DNA izolasyonunu, polimeraz zincir reaksiyonunu, restirüksiyon fragment analizlerini ve agaroz jel elektroforezi tekniklerini öğrenmişler ve uygulamışlardır. Ayrıca elektroforez ile jelde oluşan bantlaşmaları yorumlamışlardır. Öğrenciler, laboratuvarda yapılan ödevlerin yanı sıra laboratuvar sınavından aldıkları

puanlarla, uygulanan laboratuvarın metodolojik ve kavramsal bileşenlere etkisi değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler, ödev teslimi, jel görüntüleme ve yorumlama, çoktan seçmeli ve kısa cevaplı sorular, soruları ele alma ve protokolleri uygulama teknikleri ve sonuçların yorumlanmasını içermektedir. Bulgular adli tıp genetik laboratuvarının öğrencilerin öğrenmelerini olumlu yönde etkilediğini, teknik (laboratuvar tekniği) ve kavramsal öğrenmelerini artırdığını göstermiştir. Öğrenciler bu araştırma-sorgulamaya dayalı laboratuvar yöntemini "Genetik" dersinin en sevdikleri bölümü olduğu belirtmişlerdir. Bu laboratuvar çalışmasının daha geniş etkilerini laboratuvarda tartışılmasını ve yayınlanan makaleler ve gerçek adli DNA analiz vakalarının medya raporları gibi özel tartışma materyallerini dahil edilerek uygulanmasını önerilmiştir. Ayrıca bu araştırma resmi laboratuvar raporları, araştırma raporları, adli raporlar gibi daha yoğun değerlendirme tekniklerine katkıda bulunabileceği vurgulanmıştır.

Kavacık, Yanpar Yelken ve Sürmeli (2015), çalışmanın amacı ilköğretim fen ve teknoloji dersinde grupla yenilikçi (inovasyon) projeler oluşturmanın öğrencilerin başarılarına, yaratıcılıklarına, akademik benliklerine ve fen ve teknoloji dersine yönelik tutumlarına etkisini tespit etmektir. Çalışma ortaokul 6. sınıf öğrencileri (n=67) ile gerçekleştirilmiştir. Deney ve kontrol gruplu yarı deneysel desenin kullanıldığı çalışmada, nitel ve nicel veri toplama yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Nicel veriler başarı testi, yaratıcılık ölçeği, fen ve teknoloji dersine yönelik tutum ölçeği, fen ve teknoloji dersi akademik benlik kavramı ölçeği; nitel veriler ise açık uçlu soru formu ve inovasyon projeleri değerlendirme formu ile toplanmıştır. Bulgular deney grubunun başarı ve akademik benlik puanlarında kontrol grubuna göre daha fazla artış tespit edilmiştir. Araştırmacılar, modern fen eğitiminde inovasyonu sağlayabilecek yöntemlerden biri olarak proje çalışmaları olduğunu belirtmişlerdir.

Langheinrich ve Bogner (2015), 11. sınıf öğrencileri (n=182) ile bilgisayar destekli bir gen teknolojisi modülü sırasında "çiz ve yaz" tekniği kullanılarak kavramsal anlama seviyeleri analiz edilmiştir. Katılımcılara çizmeleri gereken hiyerarşik organizasyon seviyesi verilmiştir. Çizimleri ve yazıları analiz etmek için iki objektif kategori sistemi kullanılmıştır. Veriler kavramsal anlama düzeyinde, çizilen elementlerin sayısında ve DNA yapısına ilişkin notlarda kısa zamanda bir artış olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak "çiz ve yaz" tekniği, öğretmenlerin öğrencilerin alternatif kavramlarını tanımalarını sağlayan bir araç olarak önerilmiştir. Ayrıca uygulamalı ve bilgisayar destekli öğrenme modülleri çeşitli düzenlemelerle uygulanmasının etkili olduğu vurgulanmıştır.

Nguyen ve Siegel (2015), çalışmalarında öğrencilerin sınıfta öğrendikleri biyoteknoloji bilgilerini gerçek dünyaya uygulamalarına yardımcı olmak için proje tabanlı eylem araştırması hazırlanarak dönem boyunca uygulamışlardır. Projede, toplumun gerçek dünyaya bağlanarak, öğrencilerin anlamlı öğrenmesini sağlaması hedeflenmiştir. Ayrıca öğrencilerin iletişim, araştırma sorusu hazırlama ve verileri analiz etme becerilerini geliştirmesinin yanı sıra problem çözme, gerçek dünya problemlerine akademik bilgilerini uygulama gibi faydalar da sağlaması hedeflenmiştir. Öğrenciler; bireysel ya da takımla çalışmak, ilgilenilen konuyu seçmek ve yerel bir topluluk grubunu hedefleme gibi konularda kendi seçimlerini yapmışlardır. Çalışma kapsamında öğrenciler bir konu seçmek, bir topluluğun ihtiyaçlarının değerlendirilmesi ve biyoteknoloji ile ilgili eylem planı oluşturulması ve bu eylem planın uygulanması ve belgelenmesi aşamalarını bireysel ya da grupla birlikte gerçekleştirmişlerdir. En son belgeleme kısmında öğrenciler 15-17 sayfalık bir eylem raporu hazırlanmışlardır. Projenin değerlendirilmesinde bu raporlar ve öğrenci görüşleri kullanılmıştır. Öğrencilerin bu proje ile bilgiyi uygulama ve yorumla becerilerinin geliştiği tespit edilmiştir. Proje öğrencilerin iletişim ve takım çalışması becerilerini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Ayrıca öğrenciler gerçek dünya ile ilgili araştırma deneyimleri edinmişlerdir. Bu çalışma proje tabanlı eylem araştırmasının biyoteknolojide öğrencinin öğrenmesine fayda sağlayan bir model olabileceğine yönelik öneride bulunulmuştur.

Sadler, vd., (2015), çalışmada yenilikçi biyoteknoloji müfredatı bağlamında öğrencilerin bilgi ve deneyimlerine oyun tabanlı etkinliklerin etkileri araştırılmıştır. Yarı-deneysel tasarlanan çalışmada, biri bilgisayar tabanlı oyun, diğeri düz anlatım üzerine kurulu iki müfredat yaklaşımı arasındaki öğrenme çıktıları karşılaştırılmıştır. Araştırma soruları öğrencilerin temel biyolojik prensipleri öğrenme, fen öğrenmeye ilginin gelişmesi ve oyun temelli yaklaşımın öğrenmeyi desteklemesi açısından, oyun temelli olmayan yaklaşımla karşılaştırılmasını ele almaktadır. Çalışmada 36 biyoloji öğretmeni ve öğrencilerinin (n=1.888) katıldığı ön-son test yarı deneysel desen uygulanmıştır. Bilgisayar tabanlı oyun kapsamında öğrenciler sanal ortamda (3D) rehberlik yapan ve biyoteknoloji araştırmaları ve eğitim ortamlarını geniş açıdan gezebilen bir simülasyon eşlik etmiştir. Bu ortamda öğrenciler DNA izolasyonu, PZR vb. genetik teknolojileri kullanmışlardır. Bulgulardan yola çokarak her iki grubun da biyolojik içerik bilgisi bakımında önemli kazanımlar ortaya koyduğu tespit edilmiştir. Her iki grupta da fene yönelik ilgi bakımından bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Oyun tabanlı

öğretiminin gelecekte öğrencilerde teknolojik farkındalık oluşturmak ve mesleki gelişimlerindeki zorlukların aşılmasında fayda sağlayacağı belirtilmiştir.

Winterman ve Malacinski (2015), yaptıkları çalışmada, yenilikçi düşünme ve girişimciliği artırmak için olay-tabanlı öğrenme yaklaşımıyla öğrencilerin bilgi toplama, değerlendirme ve yenilikçi fikirler önermek, yazma bir araç olarak kullanılmıştır. Lisans biyoloji öğrencileri için yazma atölyesi bağlamında olay tabanlı öğrenmeyi öğretmek için kavram ve uygulamaların disiplinler ötesi doğasına odaklanılmıştır. Etkili bilimsel yazmayı öğretmek için aktif öğrenme stratejileri, öğrenme ilerlemesi, otantiklik ve modelleme, akran öğrenmesi yaklaşımları gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler, görevlerini tamamladıklarında yazıları hem akran değerlendirmesi hem de eğitmen değerlendirmesine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak bu şekilde olay tabanlı bilimsel yazma etkinliklerini içeren uygulamaların yenilikçi düşünme ve başarıyı arttıracağı belirtilmiştir.

Aslan (2016), çalışmasında argümantasyona dayalı laboratuvar uygulamalarının öğretmen adaylarının bilimsel süreç ve laboratuvar dersine yönelik tutumlarına etkisi araştırılmıştır. Karma araştırma deseninin kullanıldığı bu çalışmaya fen bilgisi öğretmen adayları (n=53) katılmıştır. Bu öğrenciler bilimsel süreç becerileri (BSB) testinden aldıkları puanlara göre iki gruba ayrılmışlardır. Her iki gruba da argümantasyona dayalı öğretim uygulanarak BSB'lerindeki değişim ölçülmüştür. Argümantasyona dayalı laboratuvar uygulamaları argüman odaklı sorgulama ve argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımı temel alınarak hazırlanmıştır. Öğretmen adaylarının kimya dersine olan tutumlarının belirlenmesi için tutum ölçeği ve yazılı görüşme formu uygulanmıştır. Sonuç olarak, argümantasyona dayalı laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin BSB'lerini geliştirdiği bulunmuştur. Her iki grupta da öğrencilerin tutumları olumlu yönde arttığı gözlemlenmiştir. Öğrencileri büyük çoğunluğu uygulamayı faydalı bulduğu, hem akademik başarılarına hem de kişisel gelişimlerine katkı sağladığı belirtilmiştir.

Brown (2016), çalışmasında, öğrencilerin derse aktif katılımını, pratik biyoenformatik becerilerini ve sürece özgü bilgiyi arttırmak amacıyla sorgulamaya dayalı akran destekli bir öğrenme projesinin etkililiği araştırılmıştır. Öğrenciler, biyoenformatik sorgulamaya dayalı bir proje kapsamında bireysel olarak hedeflerini keşfetme, doğrulama ve araştırma görevlerini gerçekleştirmişlerdir. Üretilen verilerin ve kullanılan kaynakların gösterildiği ayrıntılı bir rapor hazırlamışlardır. Öğrenciler bilimsel araştırma ortamlarını taklit ederek, farklı temalarla küçük işbirlikli gruplara ayrılmışlardır. Modül, verilerin oluşturulması ve kavramların anlaşılması için gerekli araçlarının kullanımı yansıtan, öğrencilerin

hedeflerinin kalitesi ve özgünlüğü raporlar yoluyla değerlendirilmiştir. Ayrıca biyoenformatik modülü süreç ve içeriğe özgü sorular içeren ön test-son test (ders notuna katkısı olmayan) kullanılarak nicel olarak değerlendirilmiştir. Etkinliğin nitel değerlendirilmesi ise uygulama sonrası anketler kullanılarak, öğrenci memnuniyeti ve diğer modüle özgü unsurlar değerlendirilerek yapılmıştır. Öğrenci raporlarının analizinde rubrik kullanılmıştır. Genel olarak, uygulama sonrasında öğrencilerin verdikleri cevaplardan olumlu deneyimler edindikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, araştırma-sorgulamaya dayalı akran destekli öğrenme modülü, öğrencilerin katılımını, pratik biyoenformatik becerilerini ve sürece özgü bilgilerini artırdığı görülmüştür. Bu modül aynı zamanda öğrencilere hem toplumda hem de akademide bilgi ve uygulama gerektiren güncel topluluk veri tabanlarını ve yazılım paketleri hakkında çalışma bilgisi sağladığı bildirilmiştir.

Tatner ve Tierney (2016), araştırmalarında insan bulaşıcı hastalıklarının teşhisine dayanan iki haftalık bir laboratuvar dersinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Öğrenciler, gerçek yaşam ve ilgili bir problemi çözmek için çeşitli teknikleri kullanmışlardır. Öğrencilere bulaşıcı ajanların çeşitliliği ve türü, bulaşma yolları ve risk faktörleri, klinik semptomlar ve tanıları ve bunların tedavileri ve önlenmesi hakkında bilgi verilmiştir. Çalışma, biyoloji dersini alan 60 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Etkinlikte hiçbir bulaşıcı malzeme kullanılmamıştır ve pratikte ucuz ve hazırlanması kolay malzemeler kullanılmıştır. Altı hasta, semptomları, hasta öyküleri, sıcaklık kayıtları, seroloji, kan ve fekal muayenesi, kan, dışkı ve beyin-omurilik sıvısından alınan bakteriyolojik izolasyonu kullanarak teşhis edilmiştir. Öğrencilerin değerlendirilmesinde sınav notları ve asistan gözlemleri kullanılmıştır. Veriler probleme dayalı tasarlanan laboratuvar uygulamalarını geleneksel laboratuvara göre öğrenme daha etkili olduğunu göstermiştir. Önceki laboratuvar uygulamalarında zaman bakımından yaşanan sorunlar, yeni formatın uygulanmaya başlanmasıyla giderilmiştir. Ayrıca öğrenciler yeni formattaki laboratuvar uygulamalarının ilginç olduğunu ve hastaların teşhisi konusunu, hastalıklara neden olan organizmaları anlamalarına yardımcı olduğu belirtmişlerdir. Öğrencilerin çoğu olumlu görüş belirterek yeni formatın öğrenmenin iyi bir yolu olduğu belirtmişlerdir. Laboratuvar dersleri için bu formatın birçok avantajı vardır: öğrenciler gerçek yaşamla ilgili problemlere çözüm bulmuşlardır, çeşitli teknikler kullanmışlar ve testlerin tekrarlanmasının önemini öğrenmişlerdir, bir sonuç çıkarmak için verileri kullanmışlar ve sonuçları harmanlamışlardır. Bu laboratuvar formatının

çeşitli zamanlarda ve farklı örneklem gruplarına uyacak şekilde uyarlanıp uygulanması önerilmiştir.

Treadway (2016), çalışmasında yerel bir ortaokul programında, araştırma-sorgulamaya dayalı biyoteknoloji müfredatının geliştirilmesi, pilot çalışmasının yapılması, revize edilmesi ve uygulanması aşamalarında, geliştirilen müfredatın öğrencilerin içerik bilgisine ve fen öğrenmeye yönelik motivasyonları üzerine etkisi araştırılmıştır. Ön test-son test deneysel desenin kullanıldığı çalışmada lise (n=13) ve ortaokul son sınıf (n=33) olmak üzere toplam 46 öğrenci yer almaktadır. Araştırma verileri pilot çalışma ve asıl çalışma olmak üzere iki aşamada toplanmıştır. Veriler çoktan seçmeli biyoteknoloji bilgilerini ölçen 17 sorudan oluşan test, motivasyonlarını ölçen beşli likert tipli anket ve final sözlü sunuları aracılığıyla toplanmıştır. Öğrencilerin final sözlü sunumlarını değerlendirmek için rubirk geliştirilmiştir. Nicel veriler analizinde ise istatistik testler (Wilcoxon, t-test) uygulanmıştır. Sonuç olarak öğrencilerin final sunularından aldıkları puanlar ile test puan ortalamalarının uyumlu olduğu, içerik bilgisinin ön teste göre anlamlı bir şekilde arttığı bildirilmiştir. Öğrencilerin fene yönelik motivasyonlarında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Öğrenciler geliştirilen etkinliklerden keyif aldıklarını belirtmişlerdir. Sonuç olarak araştırma-sorgulamaya dayalı biyoteknoloji müfredatının öğrencilerin bilişsel ve duyuşsal bileşenlerine olumlu etki edeceği belirtilmiştir.

Erkol, Kışoğlu ve Gül (2017), çalışmada, argümantasyon tabanlı bilim öğreme (ATBÖ) yaklaşımına uygun laboratuvar raporu hazırlamanın öğretmen adaylarının başarılarına ve fen bilimleri laboratuvarına yönelik tutumlarına olan etkisi araştırılmıştır. Kontrol gruplu ön test-son test araştırma modelinin kullanıldığı çalışma, fen bilgisi öğretmen adayları (n=52) ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve deney gruplarında konu geleneksel öğretim yöntemi ile laboratuvar dersinde işlenmiştir. Laboratuvar dersinin sonunda kontrol grubun geleneksel rapor formatı, deney grubu ise ATBÖ göre rapor hazırlamıştır. Geleneksel rapor formatında "laboratuvara hazırlık, deneysel çalışma, verilerin kaydedilmesi, verilerin değerlendirilmesi" bölümleri bulunmaktadır. ATBÖ rapor formatında ise "laboratuvara hazırlık, laboratuvara giriş, deneysel çalışma, iddia ve gerekçe oluşturma, kendimi değerlendirme" aşamaları yer almaktadır. Veri toplama aracı olarak başarı testi, "Fen bilgisi laboratuvarına yönelik tutum ölçeği" kullanılmıştır. Sonuç olarak ATBÖ rapor formatının öğretmen adaylarının başarılarını artırdığı bildirilmiştir.

Öğretmen adaylarının fen bilgisi dersine yönelik tutumlarında bir değişiklik görülmemiştir.

Hotaling, Slabach ve Weisrock (2017), çalışmada prokaryotik çeşitliliğinin NGS (Next generation sequencing- yeni nesil dizileme) ve biyoenformatiğin bilimsel yeterlilikler ile entegre edilmesi yoluyla prokaryotik çeşitliliğin keşfedilmesindeki sınırlamaların üstesinden gelebilmek için bir ders hazırlanmıştır. Ders tabanlı deneysel yöntemin kullanıldığı çalışmaya lisans öğrencileri (*n*=96) katılmıştır. Değerlendirmeler ders öncesi ve sonrasında uygulanan anket ile yoluyla yapılmıştır. Bu anket algının dönem boyunca nasıl değiştiğini belirlemek ve kazanımları doğrudan değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Prokaryotik çeşitliliği keşfetmek için ilk olarak öğrenciler hipotez oluşturmuşlar ve deney tasarımlarını geliştirmişlerdir. Bu doğrultuda saha çalışması yaparak örneklerini toplamışlar ve DNA izolasyonunu gerçekleştirmişlerdir. PZR ve elektroforez işlemlerinden sonra elde ettikleri biyolojik verileri biyoenformatik araçlarla değerlendirmişlerdir. Anketten elde edilen verilerin yüzde değerleri hesaplanmıştır. Bulgular öğrencilerin PZR, genomik, biyoenformatik ve biyoistatistik hakkında bilgilerinin arttığını göstermiştir. Ayrıca öğrencilerin deneysel desen bilgileri, moleküler lab ekipmanlarını kullanma, bilimsel iletişim ve istatistik becerilerinin de artış görülmüştür. Sonuç olarak, ders tabanlı bu etkinlik, öğrencilerin deneysel hipotez oluşturmalarını ve bunu test etmelerini sağlamıştır. Ayrıca öğrencilerin, NGS veri seti üreten uygulamalı bir etkinlik yoluyla modern genomik araçları kullanmalarını ve biyoenformatik hakkında bilgi ve deneyim edinmelerini sağladığı bildirilmiştir. Öğrencilerin yaratıcılıklarını geliştirmek için kendi araştırma projelerini tasarlamaları ve uygulamaları yoluyla yeni dizi teknolojilerini ve biyoenformatiği lisans eğitimine dahil etmek için etkinliklerin genişletilmesi ve çeşitlendirilmesi önerilmiştir.

Johnson (2017), çalışmada, özgün bir bilimsel makaleyi, iddialarını, bilimsel desteği ve karşıt argümanları kullanarak, bilimsel tartışma ve söylemin sunumu, değerlendirilmesi ve tartışılmasına odaklanarak iki günlük aktif öğrenme etkinliği geliştirilmiştir. Biyokimya dersini alan lisans öğrencileri, orijinal araştırma makalelerini bilimsel olarak analiz etmişler daha sonra sınıf ortamında sunup ve tartışmışlardır. Bu doğrultuda öğrenciler özellikle orijinal arsenik temelli yaşam iddialarını çürütmek için eleştirel düşünme becerilerini geliştirmişler ve karşı argümanlarını bilimsel ve eleştirel muhakeme ile ifade etmeyi öğrenmişlerdir. Ayrıca bu çalışma öğrencilerin temel nükelik asit ve protein yapısı hakkında bilgilerini de geliştirdiği bildirilmiştir. Arsenik temelli yaşam

çerçevesinde biyokimya dersi öğretim programına doğrudan entegrasyonu ile bu etkinlik lisans moleküler bilimi müfredatında bilimsel söylem ve aktif öğrenmeyi sağlamak için sağlam, basit ve teşvik edici bir çerçeve sunması bakımından uygulanması önerilmiştir.

Shet, vd. (2017), çalışmasında biyoteknoloji lisansüstü öğrencileri (*n*=44) için temaya dayalı mini projeler tasarlamış ve uygulamıştır. Mini projeler; öğrencileri temel beceriler ile donatmayı, iyi laboratuvar uygulamaları ve standart çalışma prosedürleri kültürünü vermeyi, temel mikrobiyolojik ve biyokimyasal becerileri kazanmalarını amaçlanmaktadır. Mini proje "Endüstriyel olarak önemli metabolitler üreten mikroorganizmaların izolasyonu, taranması ve ön karakterizasyonu" teması ile gerçekleştirilmiştir. Öğrenmeyi değerlendirmek için çok seviyeli bir rubrik kullanılmıştır. Ayrıca öğrencilerin mini projeye yönelik görüşlerini belirlemek için anket kullanılmıştır. Projede sekiz program kazanımı ele alınmıştır. Mini projenin uygulanması ile öğrencilerin laboratuvar uygulamaları ve standart çalışma prosedürlerine maruz kalması onların alanlarında temel beceriler seviyesinde gelişmelerini sağlamıştır. Ayrıca öğrenciler mini proje kapsamında temel teorileri uygulamayı deneyimlerle ekili bir şekilde öğrendikleri ancak çok az öğrencinin ekip oluşumu ile ilgili endişeleri olduğunu belirtilmiştir. Temaya dayalı projenin endüstri ile akademi arasındaki boşluğu doldurmada kilit rol oynayan öğrenciler için deneysel öğrenmede etkili olduğu belirtilmiştir.

Berchiolli, Movahedzadeh ve Cherif (2018), proje tabanlı biyoloji laboratuvar dersi, öğrencinin başarısını karşılaştırmak için geleneksel yöntem ile eş zamanlı uygulanmıştır. Proje tabanlı öğretim dersinde temsili asit yağmurunun iki farklı türün (Caenorhabditis elegans ve Paramecium caudatum) adaptasyon oranı üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma proje tabanlı biyoloji laboratuvarı dersine katılan 55 lisans öğrencisi ve geleneksel olarak dersin işlendiği 60 lisans öğrencisi katılmıştır. Altı hafta asit yağmuruna maruz bırakılan *C*. elegans ve *P*. caudatum türlerinden hayatta kalanların sayısı en fazla olan türün en iyi şekilde adapte olduğu kabul edilmiştir. Öğrenciler *P*. Caudatum türünün asit yağmuruna en iyi adaptasyon sağlayan tür olduğunu gözlemlemişlerdir. Öğrencilerin başarısı her iki ders yönteminde de dört farklı şekilde (öğrencilerin akademik performansları, kalıcılık oranı, dört yıllık kurumlara transfer oranı ve katılım puanları) değerlendirilmiştir. Proje tabanlı laboratuvar dersinde akademik performans; sınavları, laboratuvar çalışmalarını ve değerlendirmelerini, sunum ve katılımlarından aldıkları puanalar geleneksel yöntemde final notuna karşılık gelmektedir. Verilerin analizinde

istatistiksel analizler (*t*-testi, *ki*-kare) kullanılmıştır. Sonuçlar proje tabanlı öğretimin öğrencilerin performanslarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Proje tabanlı öğrenme pedagojisinin lisans seviyesinde biyoloji derslerinde geleneksel öğretim yöntemlerine alternatif bir öğretim yöntemi olduğu belirtilmiştir.

Clark ve Mahboobin (2018), çalışmada lisans öğrencilerinin problem çözmelerini desteklemek için sık ve zamanında izleme ve geri bildirim stratejisinin kullanılması amaçlanmıştır. Hipotezler bu destek stratejilerin, açık uçlu projelerdeki geliştirilmiş performansla ilişkilendirileceği ve gelecekteki çalışmalarda öğrencilere yardımcı olacağı şeklinde düzenlenmiştir. Literatürdeki stratejilere dayanarak problemin belirlenmesine rehberlik eden ödevler kullanılmıştır. Ters-yüz sınıf yönergeleri öğrencilere çalışılan programlama örneklerini inceleyerek ve çevrimiçi değerlendirmeleri tamamlayarak laboratuvara hazırlamıştır. Laboratuvar uygulamaları, probleme dayalı bir öğrenme ortamında olduğu gibi eğitmen gözetiminde işbirlikçi ve uygulamalı araştırmaları içermektedir. Öğrenciler proje boyunca kendi kendini izleme ve geri bildirim için sık sık rapor sunmuşlardır. Proje puanlarını dönemler arasında istatistiksel olarak karşılaştırılması, performanslarındaki iyileşmeleri ortaya çıkarılmıştır. Yönlendirici destek sonrası değerlendirmeler benzer projeler için öğrenciler tarafından yararlı ve uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar, STEM öğrencileri ve bu nitelikteki açık uçlu problem çözmede zorluklarla karşılaşan eğitmenler için öneri niteliğindedir.

Dai ve Rudge (2018), tarafından DNA'nın keşfi sürecinde Rosalind Franklin'in rolüne ve bilimin sosyal ve kültürel yönleri dikkat çeken iki günlük ders planı geliştirilmiştir. Birinci gün, bilim adamlarının DNA'nın kalıtımın molekülü olduğunu kabul etmelerine neden olan şey hakkında temel bilgiler verilmiştir. Öğrencilere hayatta kalan bazı kahramanlarla röportajlar içeren bir belgesel izlettirilmiştir. Öğrencilerden (grup halinde), Franklin'in rolünü incelemek için hem bilim sürecini hem de nasıl anlatıldığını, sosyal ve kültürel faktörlerin nasıl etkilediğini tartışmaları ve argümanlarını oluşturmaları istenmiştir. İkinci gün, uygulamalı etkinlikler yoluyla yapısal bir DNA modeli oluşturmak için öğrencilerin gruplar halinde çalışmasını sağlanmıştır. Öğrencilerin bilimin doğası ile ilgili algılarını değerlendirmek için sınıf tartışmaları, DNA yapısı hakkındaki bilgilerini değerlendirmek içi de hazırladıkları DNA modellerini kullanmışlardır. Öğrencilerin etkinlikler süresince kullandıkları çalışma yapraklarındaki sorulara verdikleri cevapların analiz edilmiş ve DNA modellerinin hazırlanan rubriğe göre değerlendirilmiştir. Çalışma yaprakları analizi sonucunda öğrencilerin bilimin doğası ile ilgili konuları ve özellikle

bilimin sosyal ve kültürel etkilerini ilgi çekici bulduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin DNA modellerini doğru şekilde yapmaları tarihsel ögeleri temel alan bu ders planının DNA'nı yapısı ile ilgili bilgilerini geliştirdiği bildirilmiştir. Öğrencilerin argümanları sunmaları diğer öğrencilerle sorulara cevap verebilmelerinin yanı sıra eleştirel becerilerini de geliştirmelerine yardımcı olduğu belirtilmiştir. Bu tarihsel ders planının, öğrencilerin yalnızca bilimsel içeriği değil, aynı zamanda bilim sürecini daha iyi anlamalarına yardımcı olduğu görülmüştür. Bu nedenle eğitmenlerin bu ders planını farklı seviyelere uyarlayarak kullanmaları önerilmiştir.

Vincet vd. (2018), tarafından biyoenformatikçiler için tamamen çevrimiçi bir biyoenformatik kursu geliştirilmiştir. Bu ders biyoenformatik bilgisi ve belirli bilişim becerileri gerektirmektedir. Temel amaç pratik alıştırmalar da dahil olmak üzere sezgisel bir pedagojik çerçeve ile tamamen çevrimiçi güncel bir biyoenformatik dersi oluşturulmasıdır. Ders kapsamında protein dizileri ve yapılarının veri tabanları ile ilgili temel biyoenformatik araçlar ve kaynaklar için uygulamalı eğitim, genom dizilimi ve dizileme teknikleri ve veri tabanı araştırmaları, filogenetik analiz ve filogenetik ağaç yapımı, protein dizileri modellemesi, protein-ligand etkileşimlerinin moleküler modellemesi vurgulanmıştır. Bu ders biyoenformatiğin üç temel yönünü vurgulamak için tasarlanmıştır: bilişim, biyolojik dizi analizi ve yapısal biyoenformatik. Dersin değerlendirilmesinde ev ödevleri ve biçimlendirici ve konu sonu testleri kullanılmıştır. Dönem sonunda dersin içeriği, yönetimi ve öğretmenlerinin değerlendirilmesi için doldurulan ankette öğrencilerin memnuniyet seviyesinin düşük olduğu bulunmuştur. Öğrenciler ödevi tamamlamak için gereken çalışma miktarı ve zorluk seviyesinden dolayı kaygılar yaşadıkları görülmüştür. Bu durumunda öğrencilerin bilgisayar becerilerinin düşük olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Bu sebeple dersin ikinci yarıyıl uygulamalarında ev ödev tamamlamayı kolaylaştıran BASH alıştırmalarını içerecek şekilde tasarlanmıştır ve ikinci dönem memnuniyetin önemli derecede arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca final notlarının da arttığı bildirilmiştir. Sonuç olarak hem teorik hem de pratik uygulamaları içeren çevrimiçi bir biyoenformatik dersi geliştirilmiş ve kullanılması önerilmiştir.

Yenilikçi öğretim yaklaşımları ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, son yıllarda ulusal ve uluslararası alan yazında yenilikçi öğretim yaklaşımları olarak araştırma-sorgulama tabnalı öğrenme, proje tabanlı öğrenme, problem çözmeye dayalı öğrenme, argümantasyon tabanlı öğrenme, web tabanlı öğrenme gibi öğretim yaklaşımları ile

FeTeMM (STEM), oyun tabanlı öğrenme, artırılmış gerçeklik uygulamaları, interakftif ortamlar gibi teknolojilerin fen eğitimine daha fazla dahil edildiği tespit edilmiştir. Bu tür yaklaşımların bireylerin bilimsel süreç becerileri ve yaşam becerilerini geliştirdiği, disiplinlerarası bir örüntü kurabilmeyi ve gerçek dünya problemlerine uygulayabilmeyi sağladıkları rapor edilmiştir. Bu bağlamda genellikle öğretmen adayları, farklı bölümlerde okuyan üniversite öğrencileri ve lise öğrencileriyle çalışmaların gerçekleştirildiği görülmüştür. Fen bilimleri eğitimi kalitesinin artırılmasında fen bilimleri öğretmenlerinin rolü büyüktür. Bu sebeple fen eğitimde yaşanan gelişmeler ve yenilikler kapsamında fen bilimleri öğretmenleri ile hizmet içi eğitimlerin gerçekleştirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

BÖLÜM III

YÖNTEM

Araştırmanın bu bölümünde, araştırmada uygulanan model, araştırmanın deseni, çalışma grubunun tanımı, veri toplama araçları, araştırmada izlenen yol ve veri çözümleme yöntem ve teknikleri açıklanmıştır.

3.1. Araştırmanın Deseni

Araştırma karma araştırma yöntemlerinden iç-içe (gömülü) desen şeklinde düzenlenmiştir. İç-içe desenler, araştırmacının geleneksel nitel ve nicel araştırma desenleri çerçevesinde, derlemeyi bir araya getirdiği nitel ve nicel verileri analiz ettiği, bir karma yöntem yaklaşımıdır. İç-içe araştırma deseni tek veri setinin yeterli olmaması, farklı soruların cevaplanmasının gerekliliği ve her farklı tipteki sorunun farklı veri seti gerektirmesi gibi durumlarda kullanılır (Creswell ve Plano-Clark, 2015, s.98-103). İç-içe desen nicel veya nitel ağırlıklı olabilir. Bu durumları, araştırmanın amacı ve araştırma soruları belirler. Burada önemli nokta, ikincil konumda olan yöntemle toplanan verilerin tek başına herhangi bir araştırma sorusunun cevabı olamayacağıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2014, s.357).

Araştırmanın nicel kısmı deneme öncesi modellerden tek grup ön test- son test modeli olarak desenlenmiştir. Bu yöntemde bir gruba ön test verilir sonra deneysel işlem yapılır ve sonrada son test verilir. Ön test ve son test arasındaki değişim incelenir (Karasar, 2013, s.96). Araştırmanın nitel kısmı durum çalışması olarak desenlenmiştir. Durum çalışmasında, duruma ilişkin etkenler (bireyler, ortam, olaylar, süreçler vb.) bütüncül bir yaklaşımla araştırılır ve ilgili durumu nasıl etkiledikleri ve ilgili durumdan nasıl etkilendikleri üzerine odaklanılır (Yıldırım ve Şimşek, 2014, s.83).

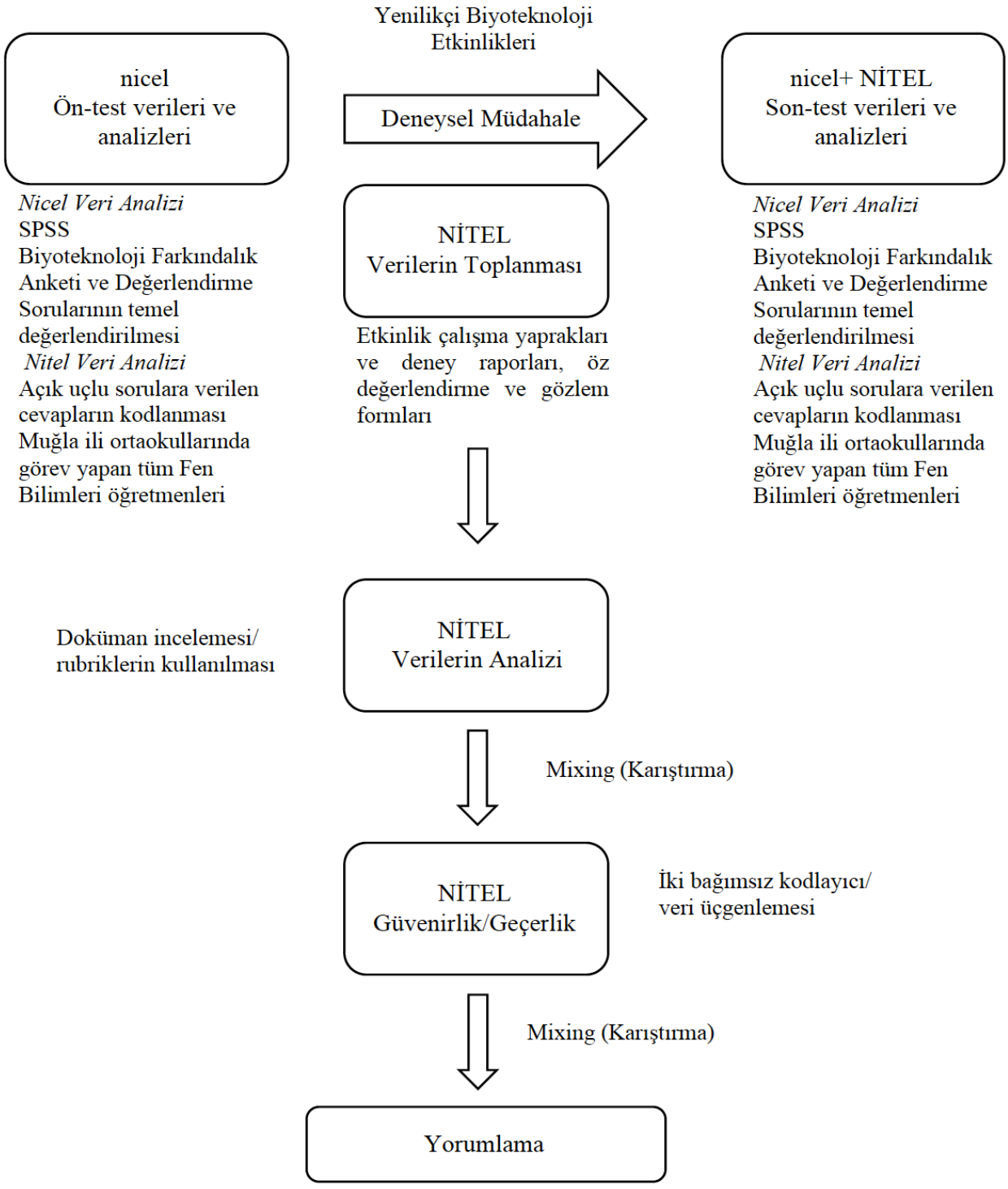
Bu araştırmada iç-içe desen, nitel ağırlıklı olarak belirlenmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojiye yönelik farkındalıklarının ve laboratuvar deneyimlerinin artırılması için gerekli bilgi ve becerilerin yenilikçi yaklaşım, strateji, yöntem ve teknikler

aracılığıyla etkileşimli olarak kazandırılması amaçlanmıştır. Bu iç içe desen nitel ve nicel verinin temel desen olan müdahale denemesi –Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları- ana desenin içerisine iç içe geçirilmiştir. Anket, değerlendirme sorularından elde edilen nicel veri yenilikçi biyoteknoloji etkinliklerinin fen bilimleri öğretmenleri için bağımlı değişken üzerinde bir etkisi olacağını tahmin eden kuramı test etmek amacıyla kullanılmıştır. Nitel veriler ise derinlemesine bilgi edinilebilmesi amacıyla etkinlikler sırasında ve sonrasında bu geniş durum müdahale denemesinin içerisine iliştirilmiştir. Nitel veri, fen bilimleri öğretmenleri açısından biyoteknoloji farkındalıkları, deneysel becerileri ve araştırma becerilerini keşfedecektir.

Deneysel müdahale öncesinde fen bilimleri öğretmenlerine, açık uçlu ve çoktan seçmeli sorulardan oluşan "Biyoteknoloji Farkındalık Anketi" ve açık uçlu sorulardan oluşan "Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları" ön test olarak; deneysel müdahale sonrasında ise aynı öğretmen grubuna bu veri toplama araçları son test olarak uygulanmıştır.

Deneyesel müdahale sırasında araştırmacı tarafından geliştirilen, fen bilimleri ve biyoloji öğretim programlarında yer alan kazanımlara uygun olarak hazırlanan etkinlik çalışma yaprakları kullanılmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerine yenilikçi öğretim yöntem, teknik ve yaklaşımlarına dayalı, bilimsel ve yaşam becerilerini geliştirmeye yönelik, aktif olarak katıldıkları biyoteknoloji laboratuvar etkinlikleri uygulanmıştır. Ayrıca fen bilimleri öğretmenlerinin her bir etkinlik ile ilgili görüş ve gelişimlerini belirlemek amacıyla öğretmenler tarafından doldurulan "Laboratuvar Etkinlikleri Öz Değerlendirme Formu" ve etkinlikler sırasında araştırmacı tarafından alınan gözlem notları kullanılmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerinin yenilikçi öğretim yaklaşımları bağlamında biyoteknoloji bilgi ve farkındalıkları ile laboratuvar deneyimleri değerlendirilmiştir.

Araştırma dizaynı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2.Araştırma tasarımı

3.2. Çalışma Grubu

Bu araştırma müdahaleli bir araştırma olduğu için, örneklem seçimi yerine çalışma grubu alınmıştır ve bu grubun araştırmanın amacına uygunluğu üzerinde durulmuştur. Nitel çalışmalarda çalışma grubunun amaca uygun olarak seçilmesi güvenirliği (tutarlılık ve teyit edilebilirlik) etkileyen faktörlerden biridir (Şencan, 2005, s.552). Bu sebeple çalışma grubu belirlenirken amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Patton'a (1987) göre, amaçlı örnekleme zengin bilgiye sahip olduğu düşünülen durumların derinlemesine çalışılmasına olanak vermektedir (Patton, 2002). Ek olarak çalışma grubunun büyüklüğü araştırmanın amacına, kullanışlılığına, inandırıcılığına, eldeki zaman ve kaynaklara bağlıdır (Patton, 2002, s.244). Bu anlamda, amaçlı örnekleme çoğu durumda, olgu ve olayların keşfedilmesinde ve açıklanmasında yararlı olur.

Çalışma grubunu, Muğla İl Milli Eğitim Müdürlüğü [MEM]'ne bağlı ortaokullarda görev yapmakta olan fen bilimleri öğretmenleri (n=17) oluşturmaktadır. Ayrıca etkinliklerin geliştirilmesi aşamasında, çalışma grubunun dışında, MEM'ne bağlı okullarda görev yapmakta olan gönüllü 18 fen bilimleri öğretmeni ile pilot çalışma yapılmıştır.

Etkinliğe katılan öğretmenlerin kimlikleri, özel hayatına saygı, maddi, manevi veya psikolojik herhangi bir zarara uğramamaları için gizli tutulmuş ve "Katılımcı" olarak adlandırılmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerinin görüşleri aktarılırken K1 (Katılımcı 1), K2, K3 şeklinde kısaltmalar kullanılmıştır. Katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin bilgiler Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5

Katılımcıların Demografik Olarak Betimlenmesi

Eğitim durumu	Cinsiyet	Mesleki deneyim				Toplam
		5 yıl ve altı	6-10 yıl	11-20 yıl	21 yıl ve üstü	
Lisans	Kadın	2	3	2	1	8
	Erkek	-	2	3	1	6
Lisansüstü	Kadın	-	1	-	-	1
	Erkek	-	-	2	-	2
Toplam		2	6	7	2	17

3.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmada; nicel veriler "Biyoteknoloji Farkındalık Anketi" ve "Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları", nitel veriler "Laboratuvar Etkinlikleri Öz Değerlendirme Formu", gözlem notları kullanılarak toplanmıştır. Bunların yanında katılımcılara etkinlikler sürecinde rehber olması amacıyla oluşturulan ve öğretmenlerin doldurduğu etkinlik çalışma yaprakları da veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

3.4.1. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi

"Biyoteknoloji Farkındalık Anketi" fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji hakkındaki ilke, uygulama vb. bilgi ve görüşlerini belirlemeye yönelik hazırlanmıştır. Anketin teorik yapısının oluşturulmasında, daha önce yapılmış çalışmalardan ne gibi sonuçların ortaya çıktığı literatür çalışması ile belirlenip daha sonra küçük bir örneklem grubu üzerinde durum tespitine yönelik bir anket çalışması yapılmıştır (Şeker ve Gençdoğan, 2014). Anketin teorik yapısının oluşturulması amacıyla literatür taraması ile daha önce yapılan biyoteknoloji farkındalık (Öcal, 2012), algı (Çimen, 2015), görüş (AbuQamar, vd., 2015; Sohan, Waliczek ve Briers, 2002) anketleri, fen bilimleri öğretim programları incelenmiş ve etkinliklerin kazanımları göz önünde bulundurularak madde havuzu oluşturulmuştur. Alan uzmanı öğretim üyesi ($n=1$), ölçme değerlendirme uzmanı öğretim üyesi ($n=2$) ve görev yapan Fen Bilimleri öğretmeninin ($n=1$) görüş ve önerileri doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılarak, fen bilimleri öğretmen ve öğretmen adaylarından oluşan 150 kişilik bir gruba uygulanmıştır. Anket maddelerine ilişkin betimleyici madde analizi (Tablo 6) ve anket geliştirme çalışmalarında sıklıkla kullanılan (Şeker ve Gençdoğan, 2014, s.96) "Principal compenent analysis [PCA] (Temel Bileşenler)" faktör analizi uygulanmıştır (Tablo 7).

Tablo 6

Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Madde Faktör Yükleri ve Madde Analizi

No	Maddeler	N	$\overline{X}$	ss	Alpha if deleted item	Madde-Toplam Korelasyonu
M1	Bakteri ve mayalar gibi mikroorganizmaların genetiğinin değiştirilmesi ile pek çok gıdanın yapımı ve işlenmesi kolaylaştırılabilir.	150	3,22	0,54	0,880	0,30
M2	Bitkiler, farmakolojik ürünlerin kaynağı olarak moleküler eczacılıkta kullanılmaktadır.	150	3,39	0,50	0,872	0,50
M3	Endüstriyel atıkların daha etkin temizlenmesi için genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar tasarlanabilir.	150	3,21	0,62	0,873	0,48
M4	Adli biyoteknoloji uygulamalarından biri de DNA parmak izidir.	150	3,45	0,55	0,871	0,50
M5	Bitki biyoteknolojisi ile bitki aşısı, biyoyakıt gibi biyoürünler üreten bitkiler üretilebilir.	150	3,19	0,55	0,868	0,59
M6	Biyoteknoloji, tıbbi açıdan önemli olan gen ürünlerinin büyük oranda üretimini olası kılar.	150	3,25	0,54	0,867	0,60
M7	Evrimsel biyoteknolojide DNA dizi analizi ile türlerin genetik farklılıkları, soyağacı oluşturmada kullanılmaktadır.	150	3,20	0,49	0,870	0,54
M8	Biyoteknoloji ile böceklere karşı dayanıklı bitkiler üretilebilir.	150	3,42	0,55	0,870	0,55
M9	İnsan Genom Projesi'nin hedefi DNA'da yer alan tüm genleri ve bunların kromozom üzerindeki yerlerini belirlemektir.	150	3,45	0,55	0,870	0,53
M10	Hücre kültürü, hücrelerin gelişmesi için gerekli olan katı ve sıvı besinleri bulundurur.	150	3,18	0,57	0,869	0,56
M11	Gen terapisi ile hastanın genomuna normal genler aktarılarak veya hastalık yapan gen değiştirilerek genetik hastalıkların tedavi edilmesi sağlanır.	150	3,28	0,56	0,869	0,57
M12	Nanobiyoteknolojideki gelişmeler ile ilaçları hedef hücrelere taşıyacak küçük parçacıkların üretilmesi hedeflenmektedir.	150	3,25	0,51	0,868	0,60
M13	Hastalıklara dayanıklı istiridyelerin üretilmesi sucul ortam biyoteknolojisinin bir uygulamasıdır.	150	3,07	0,61	0,871	0,52
M14	Yenileyici tıp, hücre, doku veya organın kök hücreler yoluyla kendini yenilemesi olarak adlandırılır.	150	3,21	0,61	0,870	0,55
M15	Biyoenformatik, biyolojik süreçleri çözümlemek için bilişim teknolojilerinin kullanıldığı disiplinlerarası bir alandır.	150	3,31	0,53	0,871	0,51
M16	Fosil örneklerinden alınan kemik ve diğer dokulardaki antik DNA'ların analizi paleogenomik olarak bilinen "Taş Devri" genomiğidir.	150	3,02	0,61	0,873	0,46

Anketin faktör analizine uygunluğunu değerlendirmek için Barlett testi, Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) değerlerine bakılmıştır. Anket için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)= 0.832 ve Barlett Testi sonucu χ^2=1588.38 (p<.001) olarak bulunmuştur. Faktör analizinin yapılacağı örneklem sayısı (*n*=150) kötü/iyi arasında bir derecelendirmeye sahip olmasına rağmen (Comrey ve Lee, 1992), elde edilen KMO değerinin 0.50'de yüksek olması (Kalaycı, 2014, s.322) verilerin faktör analizine uygun olduğunu göstermektedir. Faktör yük değerlerine göre değerlendirildiğinde, literatürde (Büyüköztürk, 2011, s.124) de belirtildiği gibi faktör yük değerinin 0.40 ya da daha yüksek maddeler seçilmiştir.

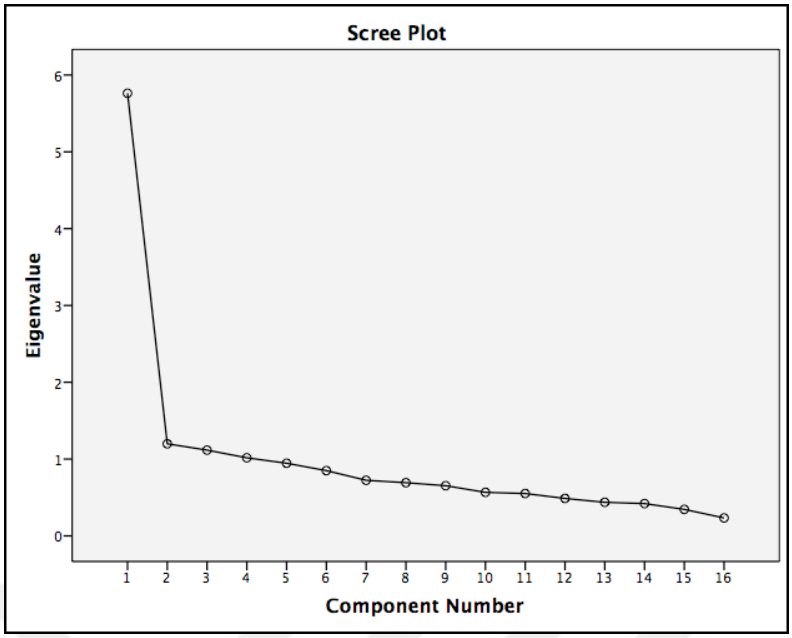
Tablo 7

Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Faktör Analizi Varyans Tablosu

Madde No	Ortak Faktör Varyansı	Faktör-1 Yük Değeri	Döndürme (promax) Sonrası Faktör Yükleri		
			1	2	3
M13	0.531	0.597	0,715		
M8	0.612	0.613	0,684		
M14	0.508	0.628	0,647		
M7	0.512	0.620	0,602		
M11	0.513	0.653	0,551		
M12	0.492	0.673	0,537		
M9	0.452	0.606	0,417		
M1	0.810	0.705		0.908	
M10	0.690	0.634		0,758	
M5	0.673	0.669		0,718	
M6	0.544	0.678		0,52	
M3	0.572	0.549		0,519	
M4	0.718	0.572			0,843
M16	0.523	0.531			0,62
M2	0.460	0.564			0,526
M15	0.484	0.589			0,483
			%36,01	%13,85	%6,97

Açıklanan Toplam Varyans: %56,8

Yapılan analizde anket, üç alt faktörde toplanmıştır. Fakat faktörlerin ayrı ayrı varyansa yaptıkları katkılara bakıldığında; birinci faktörden sonra katkının azaldığı ve bunlar arası farkın birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Dolayısıyla anketin tek faktörde toplanması uygun görülmüştür. Bu durumu daha net görebilmek amacıyla "Scree Plot" sınaması yapılarak faktör sayısı ile ilgili olarak Şekil 3 elde edilmiştir.



Şekil 3.Biyoteknoloji Farkındalık Anketi faktör analizi Scree Plot grafiği

Analizler sonucunda anket beş açık uçlu soru ve 16 beşli Likert tipli maddeden oluşmaktadır (Cronbach's Apha= 0.908). Katılımcılar açık uçlu soru maddelerinin dışındaki soru maddeleri için "Kesinlikle Katılıyorum", "Katılıyorum", "Katılmıyorum", "Kesinlikle Katılmıyorum" ve "Kararsızım" olmak üzere beş kategoride verilen seçeneklerden birini seçerek görüşlerini belirtmişlerdir (Ek 1). Ankette yer alan maddeler "Kesinlikle Katılıyorum" 5 puan, "Katılıyorum" 4 puan, "Katılmıyorum" 2 puan, "Kesinlikle Katılmıyorum" 1 puan ve "Kararsızım" 3 puan verilerek puanlanmıştır. Anketin bu çalışma grubu için toplam güvenirlik katsayısı 0.908 olarak bulunmuştur.

3.4.2. Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları

"Biyoteknoloji Değerlendirme Testi" fen bilimleri öğretmenlerinin geliştirilen biyoteknoloji etkinliklerine yönelik bilgilerini ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Değerlendirme sorularının teorik yapısının ve kapsamının belirlenmesinde geliştirilen etkinlik kazanımları ve biyoteknoloji konusu ile ilgili literatür (Casanoves, vd., 2015; Gürkan, 2013; Sönmez, 2014, Öztürk-Akar, 2017) incelenerek maddeler oluşturulmuştur. Alan uzmanı öğretim üyesi (*n=2*), ölçme değerlendirme uzmanı öğretim üyesi (*n=2*) ve görev yapan Fen Bilimleri öğretmeninin (*n=1*) görüş ve önerileri alınarak kapsam

geçerliği çalışmaları gerçekleştirilen "Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları" 46 öğretmen adayına uygulanmıştır. Soruların ifade bakımından anlaşılır olup olmadığı değerlendirilmiş, etkinlik konu kapsamına ilişkin kazanımlar ve sorular belirtke tablosu oluşturulmuş (Ek 2), gerekli düzeltmeler yapılarak 12 açık uçlu maddeden oluşan son hali (Ek 3) verilmiştir. Açık uçlu sorular, üst düzey becerileri ölçebilmesi (Bahar, Nartgün, Durmuş ve Bıçak, 2010), ölçmede hatayı azaltması (Turgut ve Baykul, 2012), öğrenci cevabı kendi yapılandırdığı için cevabın gerekçelerini açıklama fırsatı bulması ve düşüncelerini daha özgür bir biçimde ifade edebilmesi (Gronlung, 1998) gibi avantajlarından dolayı seçilmiştir.

Açık uçlu sorulardan oluşan Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları için cevap anahtarı hazırlanmıştır. Daha sonra cevaplar içerik analizine tabi tutularak kategorilendirilmiştir. Bu kategorilere göre dereceli puanlama anahtarı hazırlanmıştır. Hazırlanan cevap anahtarı ile katılımcıların değerlendirilmesinde bu dereceli puanlama anahtarı kullanılmıştır. Cevapların araştırmacının dışında başka bir puanlayıcı (Fen Bilimleri Öğretmeni) tarafından puanlaması sağlanmıştır. Puanlayıcılar arasındaki uyuşum yüzdesine bakılmış (Miles ve Huberman, 1994, s.278) ve uyuşum yüzdesi %84 olarak bulunmuştur. Testin tamamlanması için katılımcılara 20-25 dakika süre verilmiştir.

3.4.3. Laboratuvar Etkinlikleri Öz Değerlendirme Formu

Etkinlikler süresince fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar teknik becerileri ve deneysel araştırma yapma becerilerini belirlemek amacıyla "Laboratuvar Etkinlikleri Öz Değerlendirme Formu" kullanılmıştır. Laboratuvar öz değerlendirme formu, öğretim programında örnek olarak verilmiş öz değerlendirme formunda (MEB, 2006) laboratuvar etkinliklerinin amacına uygun olarak gerekli düzenlemeler yapılarak hazırlanmıştır. Öz değerlendirme formunda laboratuvar etkinliklerine ilişkin hiçbir zaman (1), nadiren (2), bazen (3), sıklıkla (4) ve her zaman (5) olmak üzere beş performans düzeyinden oluşan değerlendirilecek dokuz adet seçmeli tutum ve davranış maddeleri ve dört adet açık uçlu sorular bulunmaktadır (Ek 4). Laboratuvar öz değerlendirme formunun hazırlanmasında öğretim programında verilen örnekler esas alındığı için, geçerlilik ve güvenirliğinde uzman görüşü yeterli görülmüştür. Laboratuvar öz değerlendirme formunun çoktan seçmeli maddelerin pilot çalışmada elde edilen güvenirlik katsayısı (Cronbach's Apha)

0.898 olarak hesaplanmıştır. Form, her etkinlik sonrasında katılımcılara bireysel olarak uygulanmıştır.

3.4.4. Gözlem Notları

İnsanların söylemleri, ister bir mülakattan sözel olarak ister doküman analizinden veya ankete verilen cevaplardan yazılı olarak elde edilsin temel bir nitel veri kaynağıdır. Fakat insanların söylediklerinden öğrenebileceklerin sınırları vardır. Birçok durumun karmaşıklığını tamamen anlamak için doğrudan katılım ve fenomeni gözlemleme, en iyi araştırma yöntemidir (Patton, 2002, s.21). Çalışmada araştırmacı, katılımcı gözlemci rolündedir. Etkinlikler süresince araştırmacı, katılımcıları grup olarak gözlemleyip özgün notlar almıştır.

3.4.5. Çalışma Yaprakları

Biyoteknoloji uygulamaların geliştirilirken, bireylerin biyoteknoloji konuları ile ilgili eksiklikleri, sahip olmaları gereken bilgi- beceriler ve bu bilgi-becerilerin düzeyleri ile ilgili literatür taraması yapılmış; Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018a), Ortaöğretim Biyoloji Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018b) ve Fen ve Teknoloji Öğretmenleri Özel Alan Yeterlikleri (MEB, 2017) incelenmiştir. Öğretim programlarından etkinlik konu kapsamıyla ilgili (n=7) ve araştırmacılar tarafından hazırlanan (n=11) olmak üzere beş etkinlik için toplam 18 kazanım belirlenmiştir. Belirtke tabloları hazırlanarak bireye kazandırılması gereken içeriğin yapılandırılması ve öğrenme-öğretme etkinlikleri geliştirilirken kullanılacak yöntem, teknik ve becerilerin organize edilmesi sağlamıştır. Etkinlikler-öğrenme alanları-kazanımlar belirtke tablosu (Ek 5) oluşturularak ve alan uzmanlarının (n=3) görüşü alınarak etkinliklerin kapsam geçerliği sağlanmıştır. Etkinliklerin pilot uygulaması 2017-2018 eğitim-öğretim yılında Muğla ili merkez ortaokullarda görev yapmakta olan gönüllü 18 fen bilimleri öğretmeni ile gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulama sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılarak etkinliklere son şekli verilmiştir. Etkinliklere ait çalışma yaprakları Ek 8'de verilmektedir. Çalışma yaprakları bireysel olarak öğretmenler tarafından doldurulmuştur.

3.4. Verilerin Toplanması

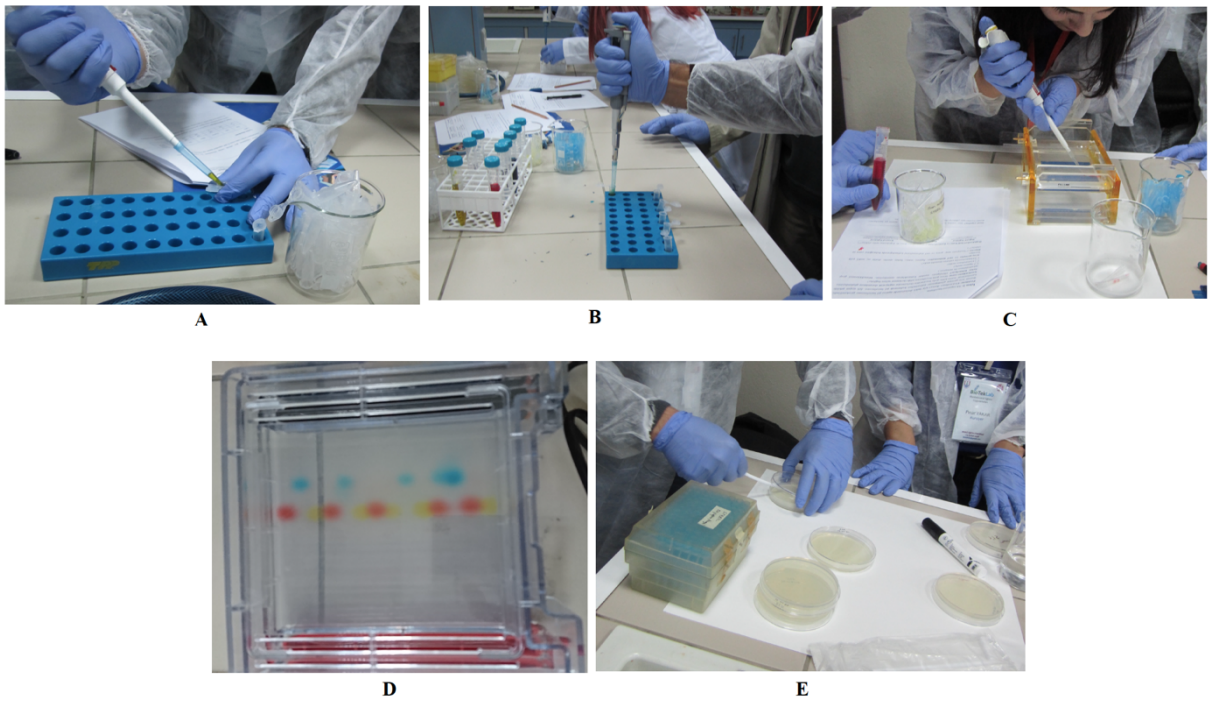
3.4.1. Etkinliklerin Uygulanması

Fen bilimleri öğretmenleri ile Ek 9'da ayrıntıları verilen program dahilinde Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları adı altında bir hizmet-içi eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitim kapsamında; "Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş", "Genomik DNA İzolasyonu", "Polimeraz Zincir Reaksiyonu", "Suçlu Kim?" ve "Biyoenformatik: Filogenetik Tahmin" etkinlikleri uygulanmıştır. Çalışmada fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarının geliştirilmesinin yanı sıra, onların yenilikçi öğrenme yaklaşımları ile laboratuvar becerilerinin de geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla da geliştirilen biyoteknoloji etkinliklerinde yenilikçi öğretim yaklaşımları ile laboratuvar yaklaşımları birlikte kullanılarak etkinliklerde yenilikçi bir sinerji oluşturulmuştur. Etkinliklerin kuramsal çerçevesini laboratuvar yaklaşımları oluştururken, her bir etkinlik için yenilikçi kabul edilen teknik ve öğrenme yaklaşımı kullanılmıştır. Biyoteknoloji birden fazla bilimi içeren multidisipliner bir bilim olması nedeniyle, çoklu yaklaşımların sentezlenmesi ile öğretimin etkililiğinin arttırılacağı düşünülmüştür. Etkinlikleri gruplar halinde gerçekleştiren fen bilimleri öğretmenleri, çalışma yapraklarını bireysel olarak doldurmuşlardır.

3.4.1.1.Biyoteknoloji laboratuvarına giriş

Bu etkinlik, Biyoteknoloji Eğitim Uygulamalarının giriş aşamasını oluşturmaktadır. Burada katılımcıların biyoteknoloji ile ilgili hazırbulunuşluklarının sınanması amaçlanmıştır. Bu amaca uygun olması açısından bu etkinlik, araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanmıştır. Bilimsel süreç becerileri ve teknik beceriler laboratuvar yaklaşımları kullanılmıştır. Fen bilimleri öğretmenleri, iki veya üçer kişilik gruplara ayrılarak etkinlik çalışma yaprağı dağıtılmıştır. Etkinlik, Bildiklerim-Merak ettiklerim-Öğrendiklerim (BMÖ) çizelgesinin uygulanması ile başlamaktadır. BMÖ çizelgesi, genellikle bir ders ya da ünite öncesinde eğitime başlamadan önce öğrencilerin konu hakkında bilgi sahibi olup olmadıklarını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Cherner ve Fegely, 2017). Katılımcılar genetik mühendisliği ve biyoteknoloji hakkında bildiklerini ve merak ettiklerini çizelgedeki yerlerine not etmişlerdir. Katılımcılara "Biyoteknoloji nedir?", "Biyoteknoloji türleri nelerdir?",

"Biyoteknoloji nerelerde kullanılır?" vb. sorular yöneltilerek, onların sınıf içerisinde tartışmaları sağlanmıştır. Daha sonra, biyoteknoloji konusuna ilişkin bilgisayar tabanlı görsel bir sunum gerçekleştirilmiştir. Konu işlendikten sonra katılımcılardan biyoteknoloji hakkında öğrendiklerim kısmına öğrendiklerini kaydetmeleri istenmiştir. BMÖ çizelgesi ile etkinliğin ön sorgulama bölümü tamamlandıktan sonra deneysel işlem uygulamalarına geçilmiştir. Sırasıyla "Mikropipetleme", "Jel (agaroz) hazırlama" ve "Çevremizdeki mikroorganizmalar" olmak üzere üç farklı uygulama bulunmaktadır. Katılımcılar eğitmen eşliğinde, grup arkadaşları ile birlikte işlemleri tamamlamışlardır (Şekil 4).



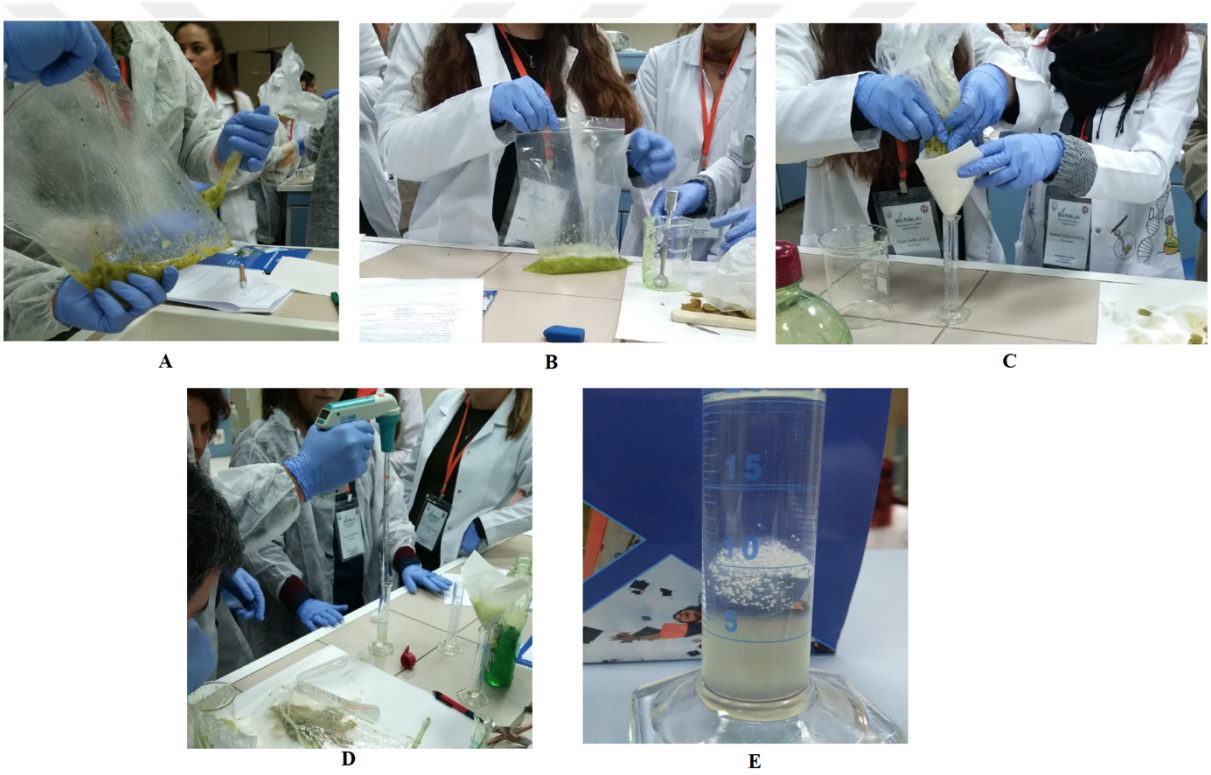
Şekil 4."Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" etkinliği

Not: A- Mikropipetleme etkinliğinde boya karışımlarını hazırlarken. B- Mikropipetleme etkinliğinde boyaları eppendorf tüplerine aktarırken. C- Jel (agaroz) hazırlama etkinliğinde boyaları agaroz jele yüklerken. D- Jel (agaroz) hazırlama etkinliğinde farklı renkteki boyaların 100 V≅30 dak sonra agaroz jelde görünümleri. E- Çevremizdeki mikroorganizmalar etkinliğinde petrilere mikroorganizma ekimi yapılırken.

3.4.1.2.Genomik DNA izolasyonu

Modern biyoteknoloji çalışmaları DNA işlenmesi ile mümkün olmuştur. DNA üzerinde herhangi bir değişiklik yapılabilmesi için, öncelikle DNA'nın hücreden ayrıştırılması

gerekmektedir. Bu etkinlikte, fen bilimleri öğretmenlerinin DNA'nın fiziksel ve kimyasal yapısı konularında bilgilendirilmesi, hücreden DNA izolasyonu gerçekleştirmesi amaçlanmıştır. Etkinlik proje tabanlı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanmıştır. Kullanılan laboratuvar yaklaşımı ise bilimsel süreç becerileri yaklaşımıdır. Etkinlik bir problem sorusu ile başlar. Katılımcılar 4-5'er kişilik gruplar halinde, çalışma yaprağında verilen soruları cevaplayacak şekilde grup içerisinde tartışarak ve iş bölümü yaparak geliştirdikleri hipotezleri test edip, sonuçlarını kaydetmişlerdir. Çalışma yaprağında verilen soruları cevaplarken grup içerisinde iş bölümü yapmışlardır. Son olarak, öğrendiklerini yeni durumlara uyarlayabilmeleri için mini proje tasarımı yapmaları istenmiştir. Bu aşamada, çalışma yaprağındaki proje şablonuna grup arkadaşları ile birlikte tasarladıkları özgün mini projelerini yazmaları istenmiştir (Şekil 5).



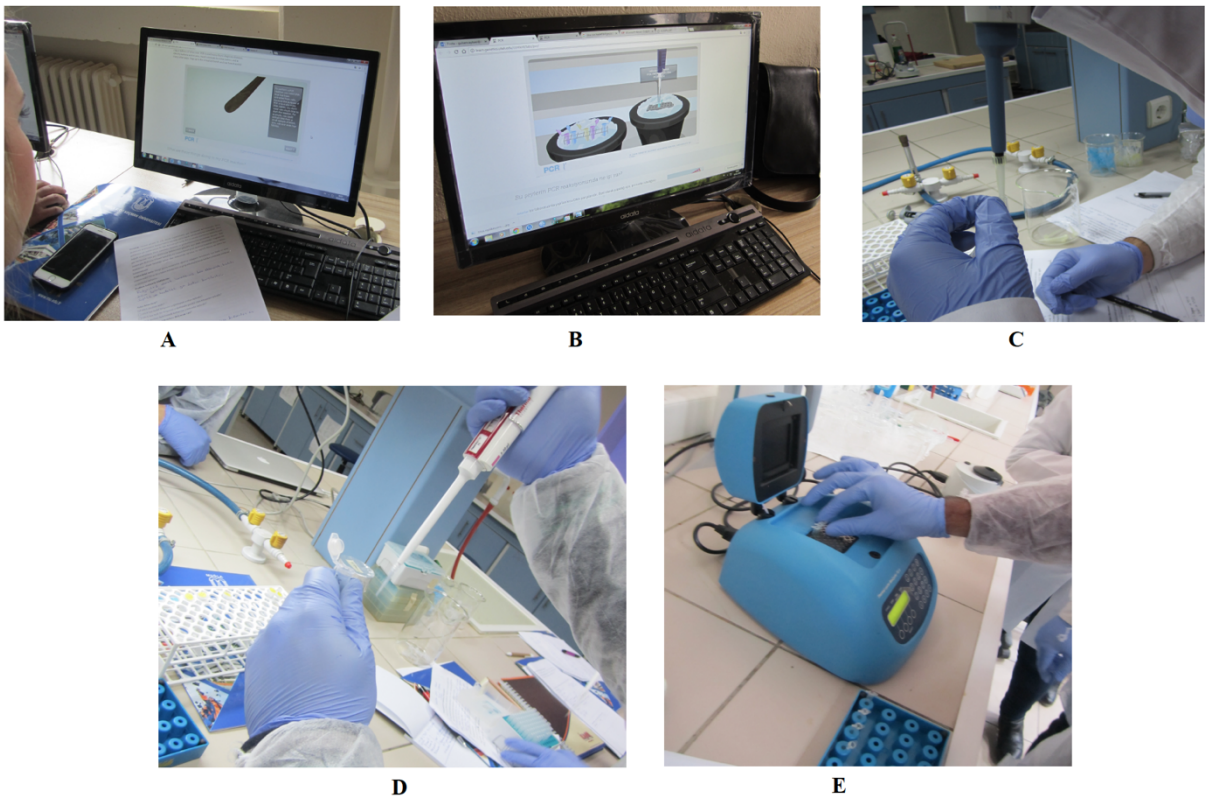
Şekil 5."Genomik DNA İzolasyonu" etkinliği

Not: A- Kivinin küçük parçalara ayrılarak poşet içerisinde ezilmesi. B- Ezilen kiviye tuz ve deterjan karışımının eklenmesi. C- Kivi, tuz, deterjan karışımının süzülmesi. D. Süzüntüye alkolün eklenmesi. E- İzole edilen kivi DNA'sı.

3.4.1.3.Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR)

Polimeraz Zincir Reaksiyonu, 1993 yılından beri biyoteknolojide etkin olarak kullanılan tekniklerden biridir. PZR, laboratuvar ortamında, herhangi bir organizmaya ait genomik

DNA'daki özgül dizilerin çoğatılmasını sağlayan bir tekniktir (Klug, vd., 2011, s:466). Bu teknik İnsan Genom Projesinin tamamlanmasında ve önemli adli olayların çözümünün merkezinde yer almıştır. Bu etkinlikte katılımcıların DNA'nın kendini eşlemesi ve PZR' nin prensibi konusunda bilgilendirilmeleri, PZR reaksiyonları ve teknolojisi bileşenlerinin her birini daha yakından incelemeleri amaçlanmıştır. Bu amaçla etkinlikte, probleme dayalı öğrenme ve WEB tabanlı öğretim yaklaşımları bir arada kullanılmıştır. Kullanılan laboratuvar yaklaşımı ise doğrulama (tümdengelim) yaklaşımdır. Etkinlik bir problem durumu ile başlar. Katılımcılardan problem hakkında bildiklerini ve problemin çözümüne yönelik nelere ihtiyaçları olduğunu not etmeleri istenmiştir. Katılımcılar var olan bilgilerini sentezleyerek ve organize ederek problem cümlesi ile ilgili hipotez kurup, değişkenleri belirlemişlerdir. "*Problemi çözmek için ne yapmalıyım?"* sorusu ile PZR'nin işleyişine yönelik ön bilgi sağlayabilmek amacıyla WEB tabanlı sanal laboratuvar uygulaması (http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/pcr/) gerçekleştirilmiştir. PZR işleyişi hakkında bilgi sahibi olduktan sonra laboratuvar ortamında kendi PZR reaksiyonlarını hazırlayıp, deneysel işlemi gerçekleştirmişledir. Problem durumunun çözümüne yönelik işlemleri tamamlayarak, sonuç ve değerlendirme bölümü ile etkinlik sonlandırılmıştır (Şekil 6).

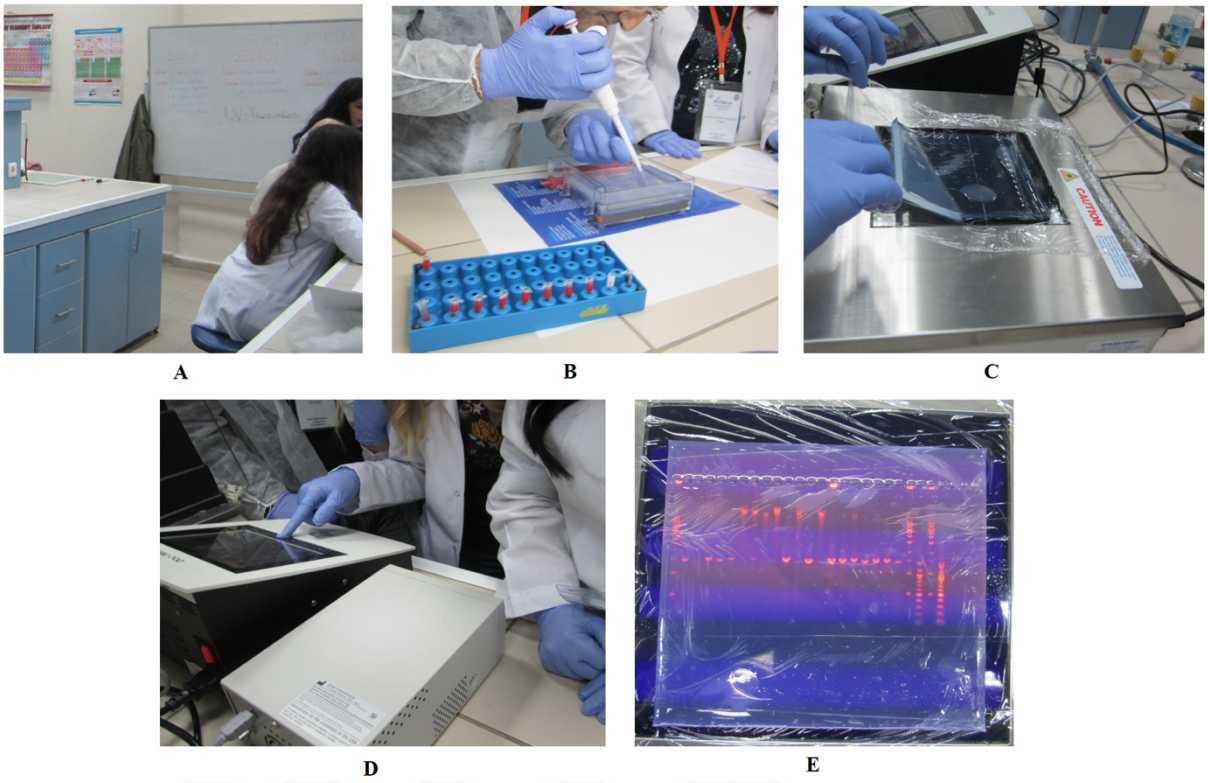


Şekil 6."Polimeraz Zincir Reaksiyonu" etkinliği

Not: A ve B- WEB tabanlı sanal laboratuvar uygulaması. C ve D- izole edilmiş saf DNA'ların PZR için hazırlanması. E- Isıl döngü cihazına hazırlanan reaksiyonların yerleştirilmesi.

3.4.1.4.Suçlu Kim?

Bu etkinlikte öğretmenlerin, biyoteknolojinin bir türü olan adli biyoteknolojide kullanılan yöntemler hakkında bilgi edinmeleri amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda etkinlik argümantasyona dayalı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanmıştır. Kullanılan laboratuvar yaklaşımı ise tümevarım yaklaşımıdır. Başlangıçta katılımcılara "Suçlu Kim?" senaryosu tanıtılmıştır. Verilen senaryodaki muhtemel durumlara ilişkin yapılan sınıf tartışmasının ardından katılımcılar suçlunun kim olacağına dair kararlarına ilişkin iddialarını oluşturmuşlar, iddialarını desteklemek için senaryo içerisinden verilerini tespit etmişler ve verilerin ileri sürülen iddiayı nasıl desteklediğini gösteren gerekçelerini belirleyerek çalışma yaprağında ilgili bölümlere bireysel olarak kaydetmişlerdir. Daha sonra iddialarını desteklemek veya çürütmek için deney tasarlamışlardır. Katılımcılara deney sırasında kullanacakları materyaller verilerek, elektroforez tekniğinden bahsedilmiştir. Jel elektroforezi, makro moleküllerin elektriksel alanda moleküler ağırlığı, miktarı vb. göre jel üzerinde göçüne dayanır (Temizkan ve Arda, 2008, s.68). Eğitmen eşliğinde katılımcılar deneyi gerçekleştirmişler ve deneyin sonuçlarını yorumlamışlardır (Şekil 7).



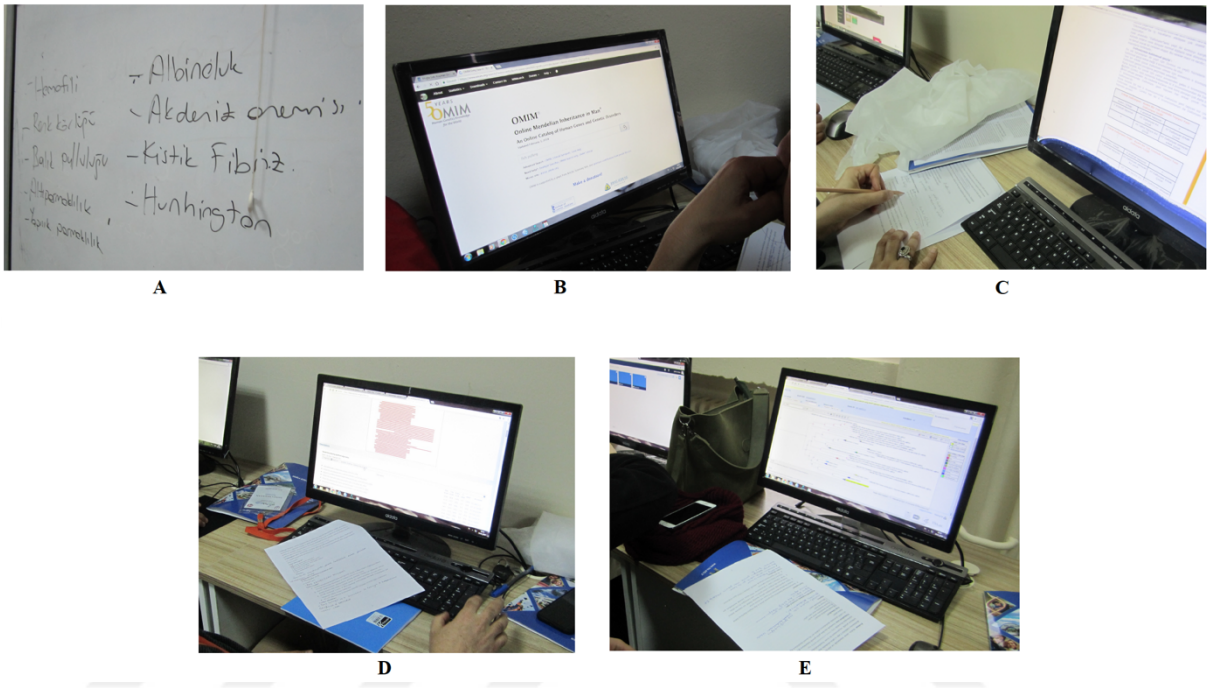
Şekil 7. "Suçlu Kim?" etkinliği

Not: A- Katılımcıların senaryoya yönelik argümanları. B- DNA'ların agaroz jele yüklenmesi. C, D ve E- Elektroforez sonucunda jelin UV transimülatör cihazına yerleştirilmesi ve sonuçların yorumlanması

3.4.1.5.Biyoenformatik-filogenetik tahmin

Filogenetik, çeşitli organizma grupları (türler ve topluluklar) arasındaki evrimsel ilişkinin araştırılmasıdır. Genler zaman içerisinde değişime uğrar, farklılaşır veya yok olur. Bu süreçler bir filogenetik ağaç olarak gösterilebilir. Filogenetik ağaçların karşılaştırmalı analizi biyoenformatik kullanılarak yapılabilir. Biyoenformatik, biyolojik bilginin bilgisayar yardımı ile incelenmesi ve işlenmesidir. Bu etkinlikte, biyoteknolojide biyoenformatiğin kullanım alanlarına yönelik farkındalık oluşturulması, farklı organizmaların gen dizilimlerindeki farklılıklarla filogenetik ağaç oluşturulması**,** BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) algoritmasının ve OMIM (Online Mendelian Inheritance in Man), NCBI (National Center of Biotechnology Information) veri tabanlarının kullanımı amaçlanmıştır. Bu amaçla etkinlik, WEB tabanlı öğretim ve disiplinlerarası öğrenme yaklaşımları kullanılarak tasarlanmıştır. Kullanılan laboratuvar yaklaşımı ise araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşımdır. Etkinlik evrimsel

biyoteknoloji ile ilişkili güncel bir haber konusu ile başlar. Katılımcılar bu haberden yola çıkarak kendi hipotezlerini oluşturmuşlardır. Hipotezlerini test etmek amacıyla online veri tabanlarını (OMIM, NCBI) ve BLAST algoritmasını kullanmışlardır. Sonuç olarak, elde ettikleri verileri görsel modellerle destekleyerek geliştirdikleri hipotezlerini doğrulamışlar veya yanlışlamışlardır (Şekil 8).



Şekil 8.“Biyoenformatik- Filogenetik Tahmin” etkinliği

Not: A- Katılımcıların belirledikleri kalıtsal hastalıklar. B- OMIM programı tanıtımı. C- OMIM programında kalıtsal hastalıkların araştırılması, D ve E- NCBI veri tabanındaki BLAST algoritmasını kullanarak filogenetik ağacın oluşturulması

3.5. Verilerin Analizi

Çalışmadan elde edilen nicel veriler SPSS programı kullanılarak istatistiksel olarak, nitel veriler ise içerik analizine tabi tutularak, rubriklerle değerlendirilmiştir.

Çalışmada, çalışma grubu sayısı parametrik testler için kabul edilebilir örneklem boyutunun (Sönmez ve Alacapınar, 2017, s.268) altındadır. Bu sebeple normallik (Shapiro-Wilk; n<50) ve homojenite (Levene) testleri ile verilerin dağılımları test edilmiştir. Ayrıca Skewness (Çarpıklık) ve Kurtosis (Basıklık) değerleri de hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda Biyoteknoloji Farkındalık Anketi ve

Biyoteknoloji Değerlendirme Sorularının analizinde parametrik olmayan test analizlerinin (Wilcoxon, Mann Whitney *U*, Kruskal Wallis vb.) kullanılmasına karar verilmiştir.

Biyoteknoloji Farkındalık Anketi ön ve son test verilerinin normallik testine ilişkin sonuçları Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8

Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Normallik Testi Sonuçları

	Shapiro-Wilk			Skewness	Kurtosis
	İstatistik	df	*p*	İstatistik	İstatistik
Ön test	0.954	17	0.517	-0.16	-1.02
Son test	0.774	17	0.001	-1.78	-0.37

Tablo 8 incelendiğinde Biyoteknoloji Farkındalık Anketi ön test sonuçları $p>0.05$ olduğu için normal dağılım sergilerken, son test sonuçlarının $p<0.05$ olduğu için normal dağılım sergilemediği görülmektedir. Ayrıca ön ve son testte Skewness değeri belirlenen aralıkta iken (-1.96 ve +1.96; %95 güven aralığı için), Kurtosis değerinin belirlenen aralıkta olmadığı tespit edilmiştir. Ön ve son test verilerinin Levene testi (varyans homojenliği) sonucu $p<0.05$ olduğu için homojen dağılım sergilemediği görülmektedir ($F=6.781$, $p=0.014$).

Yapılan analizler sonucunda verilerin analizinde parametrik olmayan analiz tekniklerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Biyoteknoloji Farkındalık Anketi ön test ve son test sonuçlarını karşılaştırmak için Wilcoxon İşaretli Sıralar testi kullanılmıştır.

Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları ön ve son test verilerinin normallik testine ilişkin sonuçlar Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9

Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları Normallik Testi Sonuçları

	Shapiro-Wilk			Skewness	Kurtosis
	İstatistik	df	*p*	İstatistik	İstatistik
Ön test	0.930	17	0.214	-1.22	-0.44
Son test	0.799	17	0.002	-3.56	4.54

Tablo 9 incelendiğinde Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları ön test sonuçları $p>0.05$ olduğu için normal dağılım sergilerken, son test sonuçlarının $p<0.05$ olduğu için normal dağılım sergilemediği görülmektedir. Ayrıca ön ve son testte Skewness ve Kurtosis değerini ön testte belirlenen aralıkta iken (-1.96 ve +1.96; %95 güven aralığı için), son

testte belirlenen aralıkta olmadığı tespit edilmiştir. Ön ve son test verilerinin Levene testi (varyans homojenliği) sonucunun p>0.05 olduğu için homojen dağılım sergilediği görülmektedir (F=0.196, *p*=0.661).

Yapılan analizler sonucunda verilerin analizinde parametrik olmayan analiz tekniklerin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu nedenle ön test ve son test Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları verilerini karşılaştırmak için de Wilcoxon İşaretli Sıralar testi kullanılmıştır.

Demografik değişkenlerden; cinsiyet, eğitim durumu ve mesleki deneyime ilişkin analizler gerçekleştirilirken n<50 olduğu için verilerin normal dağılım sergilemesi zayıf bir olasılık olduğundan (Baykul, 1999, s.290) dolayı parametrik olmayan testlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Cinsiyet ve eğitim durumu için Mann Whitney *U* testi, mesleki deneyim için Kruskal Wallis testi kullanılmıştır.

Köklü, Büyüköztürk ve Çoklu Bökeoğlu (2010)'na göre örneklem ortalamaları arasındaki farkın anlamlı bulunması bağımlı ve bağımsız değişken arasında güçlü bir ilişki olduğunu garanti etmez. İstatistiksel anlamlılık testleri, örneklemden elde edilen sonucun şans faktörü ile elde edilme ihtimalini değerlendirirken; etki büyüklüğü pratik anlamlılığın bir göstergesidir. İstatistiksel anlamlılık örneklem büyüklüğünden etkilenirken (Fan, 2001), etki büyüklüğü değeri, bu örneklem sayısından kaynaklanan sonuçları ortadan kaldırarak elde edilen sonuçlar hakkında daha doğru bir karar verilmesine yardımcı olur (Özsoy ve Özsoy, 2013). Bu sebeple etkinliklerin Cohen's *d* etki büyüklüğü değeri hesaplanmıştır. Cohen's *d* değeri, araştırılan ilişkilerin gücü ya da pratikteki anlamlılığını gösterir. Cohen's *d,* karşılaştırılan grupların ortalama ve standart sapma değerlerinden bir online program aracılığı ile hesaplanmıştır (bkz. https://www.uccs.edu/lbecker/). Hesaplamalar sonucu elde edilen etki büyüklüğü değeri; *d* <0.2 etki yok, 0.21-0.50 küçük etki büyüklüğü; 0.51-1.0 orta etki büyüklüğü ve >1.01 büyük etki büyüklüğü şeklinde yorumlanmıştır (Cohen, Manion ve Morrison, 2007, s.521).

Biyoteknoloji Değerlendirme Sorularından elde edilen verilerin analizinde ilk olarak araştırmacı tarafından bir cevap anahtarı oluşturulmuştur. Daha sonra katılımcıların yanıtlarını değerlendirmek için, Abraham vd. (1992) tarafından kullanılan değerlendirme yaklaşıma benzer bir yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşıma göre, ilk olarak katılımcıların her soru için verdikleri cevaplar tek tek içerik analizine tabi tutulmuştur. Daha sonra bu cevaplar doğru cevap (3 puan), kısmen doğru cevap (2 puan), kavram yanılgılı cevap (1

puan), ilişkisiz boş cevap (0 puan) olmak üzere dört grup altında toplanarak puanlanmıştır (Ek 6). Kategoriler 3 ile 0 arasında değişen puanlarla puanlanmıştır. Katılımcıların Kavram Yanılgılı/Yanlış Cevap vermeleri hiçbir şey bilmedikleri anlamına gelmediği için 0 puan verilmemiştir (Ayvacı ve Durmuş, 2016).

Benzer yöntemle çalışma yaprakları değerlendirilmiştir. İlk olarak, etkinliklerde kullanılan yaklaşımlara yönelik sahip olunması gereken bilişsel ve psikomotor beceri düzeyleri için ilgili literatür taranarak spesifik temalar tespit edilmiştir. Daha sonra çalışma yaprakları içerik analizine tabi tutularak, belirlenen bu temalar altında betimlenmiştir. Her bir etkinlik ile kazandırılması amaçlanan laboratuvar deneyiminin değerlendirilmesi için analitik rubrik geliştirilmiştir (Ek 7). Rubrikte laboratuvar deneyimleri; gelişmiş (4 puan), yeterli (3 puan), kısmen yeterli (2 puan) ve yetersiz (1 puan) olmak üzere puanlanmıştır. Her bir etkinlik ayrı ayrı değerlendirilip ortak deneyimlerden kategoriler oluşturulmuştur, ortalama ve yüzde (%) değerleri hesaplanmıştır. Çalışmadaki diğer nitel verilerin analizinde içerik analizi ve betimsel analiz kullanılmıştır.

BÖLÜM IV

BULGULAR

Araştırmada Biyoteknoloji Farkındalık Anketi, Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları ile nicel veriler toplanmıştır. Ölçme araçlarında yer alan açık uçlu sorular, Laboratuvar Öz Değerlendirme Formu, etkinlik çalışma yaprakları ve gözlem notları ile de nitel veriler toplanmıştır. Bu bölümde araştırmanın alt problemlerine ilişkin verilerin çözümlenmesi sonucunda elde edilen bulgular yer almaktadır.

4.1. Araştırmanın İlk Alt Probleminde "Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıkları nedir?" Sorusuna Yanıt Aranmıştır.

Biyoteknoloji konusunda yenilikçi öğretim yaklaşımlarını temel alan laboratuvar etkinliklerinin fen bilimleri öğretmenlerinin bilgi ve farkındalıklarına etkisini belirlemek amacıyla etkinlikler öncesi ve sonrası uygulanan Biyoteknoloji Farkındalık Anketi ve Biyoteknoloji Değerlendirme Sorularına ilişkin nicel ve nitel verilere ait bulgular bu bölümde verilmiştir.

Etkinlik öncesinde ve sonrasında, Biyoteknoloji Farkındalık Anketinde yer alan açık uçlu sorulara fen bilimleri öğretmenlerinin verdikleri yanıtlar incelendiğinde, açık uçlu sorulara verilen yanıtların soru bazında çeşitlendiği görülmektedir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji hakkındaki algılarını belirlemek amacıyla "Biyoteknoloji denildiğinde ne anlıyorsunuz?" sorusu yöneltilmiştir. Etkinlik öncesinde ve sonrasında fen bilimleri öğretmenlerinin verdikleri yanıtlara göre belirlenen temalar ve örnek cevaplar Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10

Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Biyoteknoloji denildiğinde ne anlıyorsunuz?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlara İlişkin Bulgular

SORU1: Biyoteknoloji denildiğinde ne anlıyorsunuz?					
ÖN TEST			SON TEST		
Tema	*f*	Örnek Cevaplar	Tema	*f*	Örnek Cevaplar
Teknoloji	5	*Canlılar dünyasındaki teknolojik uygulamalar (K8)* *Canlılar ile ilgili durumların yanı genetik durumların teknoloji ile birleştirilmesi (K11)*	Teknoloji	3	*Biyoteknoloji; ihtiyaçlara göre teknolojinin de kullanılması ile ürün ortaya koyma (K12)* *Doğada bulunan maddeleri teknoloji ile karşılaştırmak (K1)*
Biyomühendislik uygulamaları	8	*İnsan, hayvan vb. canlılar kullanılarak, onlar üzerinde yapılan çalışmalar (K3)* *Biyoteknoloji; hayvan, bitki ve mikroorganizma hücrelerindeki genlerin değiştirilerek istenilen şekilde yeni hücreler meydana getirmek, istenilmeyen genleri elemine etmek (K6)*	Biyomühendislik uygulamaları	6	*Bitki, hayvan ya da mikroorganizmaların tamamı ya da bir parçası kullanılarak yeni bir organizma elde etmek (K3)* *Canlıların DNA yapısında incelenerek, istenilen özelliklerin kazandırılması, istenilmeyen özelliklerin yok edilmesi (K8)*
Ürün üretimi	3	*Bitki, hayvan kültürleri üzerinde çalışılarak üretim yapılması (K5)* *Teknolojik materyallerin kullanılarak canlı organizmalar üzerinden ürün elde etme işlemleri denilebilir (K17)*	Ürün üretimi	5	*Canlı organizmaların kullanılarak yeni ürün elde etmek (K9)* *Biyoteknoloji; İnsanların artan ihtiyaçlarını ya da yaşam kalitesini arttırmak için üretilen ürünlerin teknolojiye- endüstriye uyarlanmış haline denir (K13)*
Genetik bilgi	1	*Farmakoloji- gen- DNA (K1)*	Tedavi	3	*Genetik mühendisliği sayesinde hastalıkların tedavisi (K16)* *Yeni aşı türleri, bitkilerle ilgili çalışmalar, ilaç üretimi vb. (K17)*

Tablo 10'a göre fen bilimleri öğretmenlerinin çoğunluğunun biyoteknolojiyi tanımlarken, "… teknolojik uygulamalar *(K8)*", "…. Genetik durumların teknoloji ile birleştirilmesi *(K11)*" gibi gibi ifadeleri kullanarak "teknoloji" (*n*=5) ve "…yeni hücreler meydana getirmek, istenilmeyen genleri elimine etmek *(K6)*" , "….canlıların hücrelerindeki fonksiyonları anlamaya yönelik tüm çalışmalar *(K7)*" gibi ifadelerle "biyomühendislik uygulamaları" (*n*=8) temalarına vurgu yaptıkları görülmektedir. Ayrıca "ürün üretimi" (*n*=3) temasına vurgu yapmalarından dolayı biyoteknolojiyi ürün geliştirme süreci olarak algıladıkları söylenebilir. Bir fen bilimleri öğretmeninin ise biyoteknolojiyi "genetik bilgi" ile ilişkilendirdiği görülmektedir.

Etkinlikler sonrasında ise fen bilimleri öğretmenlerinin vurgu yaptıkları temaların çeşitlendiği görülmektedir. Veriler, Soru 1'e ait yanıtlarda etkinlik öncesi ve sonrasında oluşturulan tema sayısının değişmediğini, temalarda değişiklikler olduğu göstermektedir (Tablo 10). Fen bilimleri öğretmenlerinin etkinlik öncesinde ve sonrasında en çok vurgu yaptıkları temanın "biyomühendislik uygulamalar" (*n*=6) olduğu tespit edilmiştir. Etkinlik sonrasında "ürün üretimi" temasında bir artış olduğu gözlemlenmiştir (*n*=5). Ayrıca bazı fen bilimleri öğretmenlerinin, "….genetik mühendisliği ile hastalıkların tedavisi *(K16)*", "…insülin hormonu üreten bakteri, aşılar… *(K15)*" gibi ifadelerle biyoteknolojiyi "tedavi" teması (*n*=3) ile ilişkilendirerek biyoteknolojinin tıbbi yönünde farkındalık geliştirdiği söylenebilir. Etkinlikler öncesinde gözlemlenen "genetik bilgi" temasının ise etkinlikler sonrasında kullanılmadığı görülmektedir.

Fen bilimleri öğretmenlerine Biyoteknoloji Farkındalık Anketinde yer alan ikinci açık uçlu soru olan "Biyoteknolojinin bildiğiniz uygulamaları nedir?" sorusu yöneltilmiştir. Bu soru ile fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojinin uygulamaları hakkındaki farkındalıklarını belirleme amaçlanmaktadır. Etkinlik öncesinde ve sonrasında ikinci soruya fen bilimleri öğretmenlerinin verdikleri yanıtlara göre belirlenen temalar ve örnek cevaplar Tablo 11'de yer almaktadır.

Tablo 11

Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Biyoteknolojinin bildiğiniz uygulamaları nelerdir?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlara İlişkin Bulgular

SORU2: Biyoteknolojinin bildiğiniz uygulamaları nelerdir?					
ÖN TEST			SON TEST		
Tema	*f*	Örnek Cevaplar	Tema	*f*	Örnek Cevaplar
Tarımsal uygulamalar	12	*Daha dayanıklı verimli bitkiler üretmek (K10)* *DNA ilgili çalışmalar GDO'lu gıda ürünleri (K8)*	Tarımsal uygulamalar	6	*Tarımsal alanda-GDO-(K6)*
Medikal uygulamalar	15	*Genetik mühendisliği sayesinde hastalıkların tedavisi (K4)* *Bazı hastalıkların tedavi ve teşhis yöntemleri (K12)*	Medikal uygulamalar	11	*Genetik hastalıkların tespit ve tedavisi, sağlık sektöründe, ilaç üretiminde (K7)*
Endüstri uygulamaları	4	*Su geçirmeyen giysilerin yapımı (K12)*	Endüstri uygulamaları	1	*Ekonomik getirisi olan sanayi kollarında-Meyveli yoğurt- (K2)*
			Klasik biyoteknoloji	3	*Yoğurt yapımı, peynir, şarap gibi fermantasyon ürünleri (K12)*
Klasik biyoteknoloji	2	*Bira yapımı, yoğurt yapımı (K15)*	Hayvansal uygulamalar	2	*Hayvansal alanda- insülin üretimi (K5)*
			Çevresel uygulamalar	2	*Akuatik- su altı canlıları kullanılarak- (K3)*
Adli uygulamalar	1	*Parmak izi, DNA eşlemesi (K3)*	Adli biyoteknoloji	9	*DNA parmakizi, Babalık testi (K13)*
			DNA teknolojisi	8	*Gen haritası, klonlama, DNA parmak izi, genom projesi (K11)*

Tablo 11'e göre, fen bilimleri öğretmenlerinin "…genetik hastalıkların tedavisi… *(K7)*", "…aşı üretimi *(K9)*", "bazı hastalıkların teşhis ve tedavi yöntemleri *(K12)*" gibi ifadeler ile biyoteknolojinin en çok "medikal uygulamaları" (*n*=15) ve "…daha dayanıklı verimli bitkiler üretmek *(K10)*", "…GDO'lu gıda ürünleri *(K8)*" gibi ifadeler ile "tarımsal uygulamaları"ndan (*n*=12) haberdar oldukları görülmektedir. Bu temalara ek olarak "endüstri uygulamaları" (*n*=4), "klasik biyoteknoloji" (*n*=2), "adli uygulamalar" (*n*=1) temalarına vurguladıları görülmüştür.

Etkinlikler sonrasında ise fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji uygulamaları hakkındaki açıklamaları analiz edildiğinde, beş tema altında toplandığı, etkinlikler sonrasında 8 farklı temanın oluştuğu tespit edilmiştir. Biyoteknoloji uygulamaları ile ilgili etkinlik öncesinde oluşturulan temalara "hayvansal uygulamalar" (*n*=2), "çevresel uygulamalar" (*n*=2), DNA teknolojisi" (*n*=8) temalarının eklendiği ve çeşitlendiği gözlemlenmiştir (Tablo 11). Etkinlikler öncesinde fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji ile ilgili açıklamalarında "adli uygulamalar" teması bir kez kullanılırken etkinlikler sonrasında ise daha fazla vurgulandığı görülmüştür. Etkinlikler sonrasında "adli uygulamalar" teması kapsamında sıklıkla DNA parmak izi ve babalık testi uygulamalarının kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin etkinlik öncesinde ve sonrasında Soru 2'ye verdikleri yanıtlar incelendiğinde, biyoteknoloji uygulamalarına ilişkin açıklamalarında birden fazla temayı kullandıkları görülmüştür. Etkinlikler öncesinde, "…aşı üretimi, böceklere dayanıklı bitkilerin üretimi *(K5)*", "…tarımda genetiği değiştirilmiş tohumlar, kök hücre çalışmaları, temizlik maddelerinin üretimi *(K13)*" gibi ifadelerle biyoteknolojinin tarımsal, hayvansal, medikal ve endüstri uygulamalarının vurgulandığı ve çeşitli kavram yanılgılarının olduğu görülmüştür. Etkinlikler sonrasında "…DNA parmak izi, genetik hastalıkların tespit ve tedavisi *(K7)*", "…babalık testi, ekonomik getirisi olan ürünlerin üretimi… *(K2)*" gibi ifadelerle biyoteknolojinin adli, medikal, endüstri uygulamalarını vurguladıkları görülmüştür. Bu durumda fen bilimleri öğretmenlerinde biyoteknoloji uygulamalarına yönelik birden fazla algının var olduğu/oluştuğu söylenebilir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin DNA parmak izi kavramına ilişkin farkındalıklarını belirlemek amacıyla "Adli bir olayda, DNA parmak izi bir görgü tanığının şahitliğinden daha az mı güvenilirdir?" sorusu yöneltilmiştir. Etkinlik öncesinde ve sonrasında fen bilimleri öğretmenlerinin verdikleri yanıtlara göre belirlenen temalar ve örnek cevaplar Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12

Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Adli bir olayda, DNA parmak izi bir gögü tanığının şahitliğinden daha az mı güvenilir?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlara İlişkin Bulgular

SORU3: Adli bir olayda, DNA parmak izi bir görgü tanığının şahitliğinden daha az mı güvenilirdir? Açıklayınız.					
ÖN TEST			SON TEST		
Tema	*f*	Örnek Cevaplar	Tema	*f*	Örnek Cevaplar
DNA kişiye özgü	13	*DNA parmak izi en güvenilir bulgudur. Bilimsel çalışmalar her zaman daha güvenilir sonuç verir (K9)*	DNA kişiye özgü	3	*DNA parmak izi daha güvenilirdir. DNA parmak izi kişiye özel DNA haritası olduğu için yanılma payı çok düşüktür (K2)*
Görgü tanığının şahitliği	4	*Görgü tanığı yanılır, yanıltır; parmak izi yanıltmaz. Henüz günümüz teknolojisi dahilinde tabi ki (K3)*	Görgü tanığının şahitliği	4	*Daha güvenilirdir. Görgü tanığı objektif olmayabilir. Ancak DNA parmak izi size olayları tüm çıplaklığı ile aktarır (K15)*
			Bilimin güvenilirliği	10	*Daha güvenlidir. Çünkü kesin kanıt içerir. Herkesin DNA parmak izi birbirinden farklıdır (K11)*

Etkinlik öncesinde fen bilimleri öğretmenlerin Soru 3'e verdikleri yanıtlar incelendiğinde, tüm fen bilimleri öğretmenlerinin (*n*=17) adli olaylarda DNA parmak izini daha güvenilir buldukları tespit edilmiştir. Ancak farklı gerekçeler ile DNA parmak izini güvenilir buldukları gözlemlenmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin büyük çoğunluğu "…DNA parmak izi kişiye özeldir *(K11)*", "… pamak izi her insanda farklı olduğu için kesin teşhis yapılabilir *(K16)*" gibi ifadelerle "DNA kişiye özgü" (*n*=11) temasına vurgu yaptıkları görülmüştür. Ancak fen bilimleri öğretmenlerinin ifadelerinde bazı kavram yanılgılarının olduğu, DNA parmak izi kavramını el parmak izi olarak algıladıkları söylenebilir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin tümü etkinlik sonrasında da adli biyoteknolojinin, bir görgü tanığının şahitliğinden daha güvenilir olduğunu düşünmektedirler. Ancak bu yargılarını gerekçelendirirken önceki temalara "bilimin güvenirliği" teması (*n*=10) da eklenmiştir. Fen bilimleri öğretmenleri "…insanların DNA'larının küçük bir kısmı incelenerek kesin sonuçlar elde edilir *(K3)*", "… çünkü kesin kanıt içerir *(K11)*", "… DNA molekülleri jel elektroforezde yürütüldüğünde gerçek sonuçları verir *(K10)*" gibi ifadelerle bilimin güvenilirliğine vurgu yaptıkları gözlemlenmiştir (Tablo 12). Fen bilimleri öğretmenleri "DNA parmak izi kişiye özel DNA haritası olduğu için yanılma payı çok düşüktür *(K2)* " gibi ifadeler ile "DNA kişiye özgü" (*n*=3), "… görgü tanıklığı yanılsamalara açık, kişisel ve çevresel etkenler nedeniyle *(K8)*", "… görgü tanığı objektif olmayabilir… *(K15)*" gibi ifadelerle "görgü tanığı şahitliği" (*n*=4) temaları altında DNA parmak izinin güvenilir olduğu belirtmişlerdir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojinin kariyer anlamında bireylere katkısı hakkında farkındalıklarını belirlemek amacıyla "Biyoteknoloji yeni iş fırsatları oluşturabilir mi? Açıklayınız." sorusu yöneltilmiştir. Etkinlik öncesinde ve sonrasında fen bilimleri öğretmenlerinin verdikleri yanıtlara göre belirlenen temalar ve örnek cevaplar Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13

Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Biyoteknoloji yeni iş fırsatları oluşturabilir mi?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlara İlişkin Bulgular

SORU4: Biyoteknoloji yeni iş fırsatları oluşturabilir mi? Açıklayınız.					
ÖN TEST			SON TEST		
Tema	*f*	Örnek Cevaplar	Tema	*f*	Örnek Cevaplar
Disiplinlerarası	8	*Evet. Biyoteknoloji birçok çalışma alanını içerisinde barındırmaktadır (K7)*	Disiplinlerarası	9	*Biyoteknoloji birçok çalışma alanını içerisinde bulundurduğu için yeni iş fırsatları oluşturulabilir (K7)*
Gelişen bilim	9	*Evet. Dünyada hızla gelişen bir koludur (K2)* *Her gelişme yeni bir çalışma alanı ve ortamı oluşturur (K11)*	Gelişen bilim	4	*Oluşturulabilir. Yeni teknolojik materyal üretimi ile istihdam fırsatı oluşabilir (K17)*
				4	*Yeni ürünlerin elde edilmesi, üretilmesi aşamasında iş fırsatları oluşturulabilir (K10)*

Fen bilimleri öğretmenlerinin Soru 4'e verdikleri yanıtlar incelendiğinde, etkinlik öncesinde ve sonrasında tüm fen bilimleri öğretmenleri (*n*=17) farklı gerekçeler ile biyoteknolojinin bireylere yeni iş fırsatları sağlayabileceğini düşünmektedirler.

Etkinlikler öncesinde, fen bilimleri öğretmenleri biyoteknolojinin "disiplinlerarsı" (*n*=8) olduğunu "…biyoteknoloji birçok çalışma alanını içerisinde barındırmaktadır *(K7)*", "… tıp, endüstri, tarım vb. alanlarında çalışma yaptığı için iş fırsatı oluşturabilir *(K9)*" ifadeleriyle, "gelişen bilim" (*n*=9) olduğunu ise "… hızla gelişen bir koldur *(K2)*", "… her gelişme yeni bir çalışma alanı ve ortamı oluşturur *(K11)*" ifadeleri ile belirtmişlerdir.

Etkinlikler öncesinde disiplinlerarası ve gelişen bilim olması nedeniyle biyoteknolojinin yeni iş fırsatlarını oluşturabileceğine vurgu yapan fen bilimleri öğretmenlerinin etkinlikler sonrasında biyoteknolojinin bu özelliklerine ek olarak ürün oluşturma özelliğini de vurguladıkları gözlemlenmiştir (Tablo 13). Fen bilimleri öğretmenleri "… son yıllarda birçok alanda kullanıldığı için tarım, gıda, sağlık çalışma alanı çok geniş… *(K6)*", "… geniş çalışma alanında birçok iş fırsatı oluşturabilir *(K2)*" gibi ifadeleri ile "disiplinlerarası" (*n*=9) temasına, "… teknolojideki her gelişme yeni bir iş alanı (genetik mühendisliği) *(K12)*" gibi ifadelerle "gelişen bilim" (*n*=4) temasına ve "… yeni ürünlerin elde edilmesi, üretilmesi aşamsında iş fırsatları oluşturabilir *(K10)*", "… yeni teknolojik materyal üretimi ile istihdam fırsatı oluşturabilir *(K17)*" gibi ifadelerle "ürün oluşturma" (*n*=4) temasına vurgu yaptıkları görülmüştür.

Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojik uygulamalar hakkındaki bireylerin bilgilendirilmesine yönelik düşüncelerini belirlemek amacıyla "Sizce biyoteknolojik uygulamalar hakkında halk yeterince bilgilendiriliyor mu? sorusu yöneltilmiştir. Etkinlik öncesinde ve sonrasında fen bilimleri öğretmenlerinin verdikleri yanıtlara göre belirlenen temalar ve örnek cevaplar Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14

Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki "Sizce biyoteknolojik uygulamalar hakkında halk yeterince bilgilendiriliyor mu?" Sorusuna Verdikleri Yanıtlara İlişkin Bulgular

SORU5: Sizce biyoteknolojik uygulamalar hakkında halk yeterince bilgilendiriliyor mu?					
ÖN TEST			SON TEST		
Tema	*f*	Örnek Cevaplar	Tema	*f*	Örnek Cevaplar
Halk okur-yazarlığı	7	*Halk biyoteknolojinin ürünleri ve uygulamaları ile iç içe yaşamasına rağmen bunları genel olarak icat olarak görüyor. Bu uygulamaların biyoteknoloji olduğunu çok fazla bilmiyor (K9)*	Halk okur-yazarlığı	5	*Bilgilendirilmiyor. Türk toplumu genellikle bilime meraklı bir toplum değildir. Günlük olağan yaşamın bilime entegresinde de sorunlar yaşamaktadır. Bu konuda üniversitelerde topluma kapalı alanlar olduğu için gelişim ve bilgi ve paylaşımı olmamaktadır. Bilime daha fazla pay ayırmayan ülkelerde bilim yavaş ilerler az yankı uyandırır, halk da bu konuda geç bilgilenir (K2)*
Bilim insanları	4	*Hayır. Bilim insanları son yıllarda biyoteknoloji alanında ilerlemekte fakat halkı bilgilendirilme konusunda yetersiz kalınmakta (K6)*	Bilim insanları	9	*Hayır. Öncelikle okullara yönelik böyle seminerlerin artması gerekir. Daha sonra halka da ulaşacaktır (K15)*
Sosyal medya	5	*Bilgilendirilmiyor. Televizyon, gazete ve okul kitaplarında bu konuya yeteri kadar yer verilmiyor (K11)*	Sosyal medya	2	*Bilgilendirilmiyor. Televizyon internet reklamları ve haberlerde hiç bunlara yönelik çalışma yok (K17)*
Etik kaygılar	1	*Hayır. Bilinçli halk tehlikelidir (K13)*	Etik kaygılar	1	*Hayır. Bilgilendirme yapılmamasının en temel sebebi etik kaygılar olduğunu düşünüyorum (K3)*

Fen bilimleri öğretmenlerinin Soru 5'e verdikleri yanıtlar incelendiğinde, etkinlik öncesinde ve sonrasında tüm fen bilimleri öğretmenleri (*n*=17) benzer gerekçeler ile halkın bilgilendirilmediğini düşünmektedirler. Etkinlikler öncesinde ve sonrasında, fen bilimleri öğretmenlerinin gerekçeleri "halk okuryazarlığı", "bilim insanları", "sosyal medya" ve "etik kaygılar" temaları altında toplanmıştır (Tablo 14). Etkinlikler sonrasında "bilim insanları" temasına yapılan vurgunun arttığı görülmüştür (*n*=9). Fen bilimleri öğretmenleri okullardan başlanarak bilgilendirmenin yapılması gerektiğini düşünmektedirler. "…öncelikle okullara yönelik böyle seminerlerin artması gerekir. Daha sonra halka ulaşacaktır *(K15)*", "… öğretmenlerin seminerleriyle öğrencilere ulaşılabilir *(K16)*" ifadeleri ile bilim insanlarının bu konuda aktif ve etkin bir rol almalarını belirttikleri söylenebilir.

Biyoteknoloji Farkındalık Anketi'ndeki çoktan seçmeli maddelere ilişkin ortalama toplam puanları incelendiğinde, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojiye yönelik orta düzeyde bir farkındalıkları olduğu görülmektedir (*n*=17, $\overline{X}$= 4.22). Fen bilimleri öğretmenleri en yüksek puanı "*Adli biyoteknoloji uygulamalarından biri de DNA parmak izidir."* (*n*=17, $\overline{X}$= 4.88) maddesinden, en düşük puanı da "Biyoenformatik, biyolojik süreçleri çözümlemek için bilişim teknolojilerinin kullanıldığı disiplinlerarası bir alandır." (*n*=17, x̄=3.65) maddesinden aldıkları görülmüştür.

Etkinlikler öncesinde ve sonrasında Biyoteknoloji Farkındalık Anketi'nden elde edilen nicel veriler analiz edildiğinde, etkinliklerin öğrencilerin biyoteknoloji farkındalıklarında anlamlı farklılık yarattığı görülmektedir ($p<0.05$). Ayrıca Cohen's *d* (0.68) değeri ortalamalar arasındaki farkın etki değerinin orta büyüklükte (0.5-0.8) olduğunu göstermektedir (Tablo 15).

Tablo 15

Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test- Ön test	*N*	Sıra ortalaması	Sıra Toplamı	*z*	*p*
Negatif Sıra	-	-	-	3.627*	.000
Pozitif Sıra	17	9	153		
Eşit	-	-	-		

**Negatif sıralar temeline dayalı*
P<0.05 anlamlı bir farklılık vardır.

Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları kapsamında uygulanan etkinliklerin fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji hakkındaki bilgilerinin belirlenmesi amacıyla etkinlikler

öncesinde ve sonrasında uygulanan Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları kapsamındaki açık uçlu sorular araştırmacılar tarafından geliştirilen rubrik ile puanlanmıştır. Elde edilen puanların ortalamaları Wilcoxon işaretli sıralar testi ile karşılaştırılarak tüm açık uçlu sorular madde bazında ele alınarak, öğretmenlerin sorulara verdikleri yanıtların toplam puanlarının ortalamaları arasında farklılığın olup olmadığı araştırılmıştır.

Etkinlikler öncesinde fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji konusunda yöntem ve teknik bilgilerinin zayıf olduğu görülmüştür (*n*=17, $\bar{x}$= 0.75). Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları'da yer alan soru maddeleri incelendiğinde, fen bilimleri öğretmenlerinin "Elektroforezde DNA molekülünün hareketi nelere bağlıdır?" sorusuna doğru cevap veremedikleri ve "DNA izolasyonu aşamaları nelerdir? Her bir aşamada uygulanan işlemler nelerdir?" sorusunda da bilgi düzeylerinin düşük olduğu (*n*=17, $\bar{x}$=0.18) tespit edilmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin en çok doğru cevabı ise "Biyoteknoloji türlerini ve işlevlerini yazınız." sorusuna (*n*=17, $\bar{x}$=1.47) verdikleri görülmüştür (Tablo 16).

Tablo 16

Biyoteknoloji Değerlendirme Sorularına Ön Test-Son Testte Verilen Yanıtlara İlişkin İstatistikler

Sorular	N	Ön test		Son test	
		Ortalama ($\bar{x}$)	Standart sapma (ss)	Ortalama ($\bar{x}$)	Standart sapma (ss)
Soru 1: Biyoteknoloji türlerini ve işlevlerini yazınız.	17	1.47	0.80	2.29	0.59
Soru 2: Biyoteknolojide kullanılan genetik mühendisliği yöntem ve teknikleri nelerdir?	17	1	0.71	2.47	0.62
Soru 3: Mikropipet, agaroz jel ve bakteri ekimi kavramlarını açıklayınız.	17	0.65	0.70	2.71	0.47
Soru 4: DNA izolasyon aşamaları nelerdir? Her bir aşamada uygulanan işlemler nelerdir?	17	0.18	0.39	2.29	1.10
Soru 5: Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) nedir?	17	0.82	0.81	2	0.35
Soru 6: PZR ile DNA zinciri sentezlemek için gerekli olan bileşimler nelerdir? Bunları açıklayınız.	17	0.35	0.49	2.41	0.51
Soru 7: PZR'nin biyoteknolojide kullanım alanları nelerdir?	17	0.82	0.81	2.18	0.81

Soru 8: Jel elektroforezi nedir? Çalışma prensibi nedir?	17	0.29	0.47	2.47	0.87
Soru 9: Elektroforezde DNA molekülünün hareketi nelere bağlıdır?	17	0	0	2.06	1.09
Soru 10: Biyoenformatik nedir?	17	0.65	0.79	2.35	0.86
Soru 11: Biyoenformatiğin kullanım alanları nelerdir? Yazınız.	17	0.47	0.62	2.24	0.75
Soru 12: Biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin gelecekteki uygulamaları neler olabilir?	17	1.41	0.71	2.24	0.83

**Tablo 16'nın devamı.*

Fen bilimleri öğretmenlerinin etkinlik sonrasında ise "Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) nedir?" sorusunda orta düzeyde başarılı oldukları görülmektedir (n=17, $\bar{x}$=2). Öğretmenlerin en başarılı oldukları sorunun ise "Mikropipet, agaroz jel ve bakteri ekimi kavramlarını açıklayınız." olduğu tespit edilmiştir (n=17, $\bar{x}$=2.71).

Analizler etkinlik sonrasında, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji yöntem ve teknik bilgi düzeylerinde soru maddeleri bazında bir artış olduğu görülmektedir. Etkinliklerin fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji yöntem ve teknik bilgisine olan etkisini belirlemek için etkinlik öncesinde ve sonrasında Biyoteknoloji Değerlendirme Sorularından aldıkları toplam puan ortalamaları Wilcoxon İşaretli Sıralar testi ile karılaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17

Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

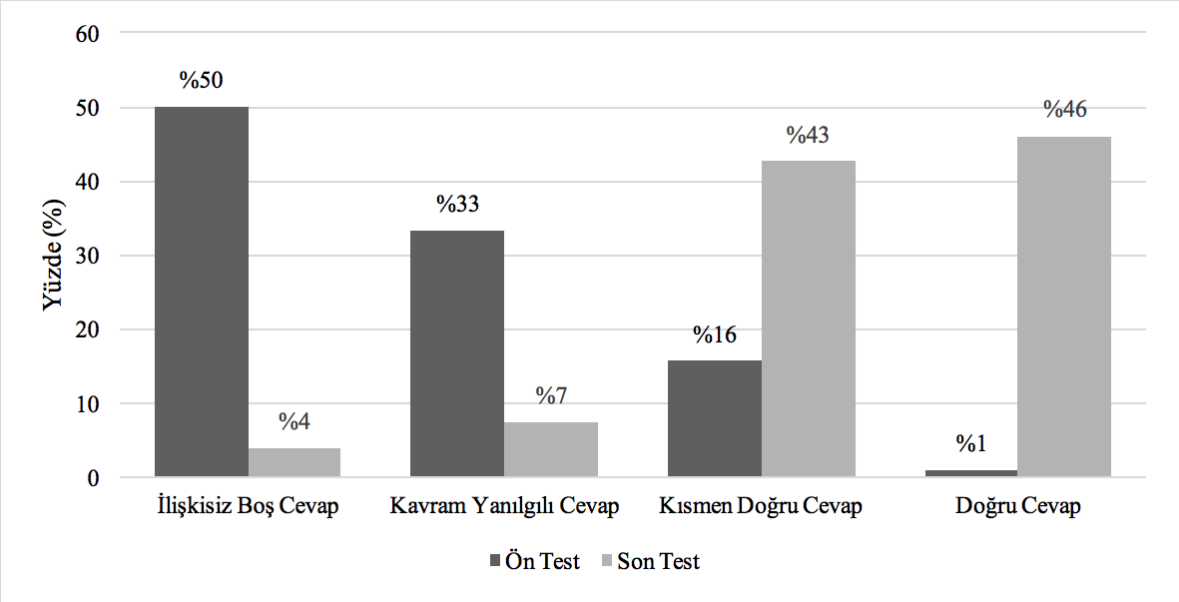
Son test- Ön test	*N*	Sıra ortalaması	Sıra Toplamı	*z*	*p*
Negatif Sıra	-	-	-	3.626*	.000
Pozitif Sıra	17	9	153		
Eşit	-	-	-		

**Negatif sıralar temeline dayalı*
$p<0.05$ anlamlı bir farklılık vardır.

Yapılan analizlere göre, fen bilimleri öğretmenlerinin, etkinliklerin uygulanması sonrasında biyoteknoloji yöntem ve teknikleri hakkındaki bilgilerinde anlamlı bir artış bulunmuştur (z=3.626*, $p<0.05$). Öğretmenlerin Biyoteknoloji Değerlendime Sorularından etkinlik öncesinde aldıkları toplam puanların ortalaması $\bar{x}$ =8.12 iken etkinlik sonrası aldıkları toplam puanların ortalaması $\bar{x}$ =27.71'dir. Bu bulguya uygulanan etkinliklerin, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji yöntem ve teknik bilgilerini artırmada önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Etki büyüklüğünün incelenmesi

sonucunda, Cohen's *d* değeri (0.91) ortalamalar arasındaki farkın etki değerinin büyük (>0.8) olduğunu göstermektedir. Bu sebeple H01 hipotezi reddedilmiş, Ha1 hipotezi kabul edilmiştir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin Biyoteknoloji Değerlendirme Sorularında yer alan sorulara verdikleri yanıtların nitel analizleri yapılmış; fen bilimleri öğretmenlerinin yanıtları kategorilendirilmiş ve tablolaştırılarak sunulmuş, öğretmenlerin yanıtlarında karşılaşılan kavram yanılgılarının neler olduğu ifade edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9.Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları sonuçları

Etkinlikler öncesinde Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları değerlendirildiğinde tüm sorularda (12 soruda) fen bilimleri öğretmenlerinin %50 (*n*=108)'sinin "İlişkisiz/Boş Cevap" , %33 (*n*=68)'nün "Kavram Yanılgılı Cevap", % 16 (*n*=32)'sının "Kısmen Doğru Cevap", %1 (*n*=2)'nin "Doğru Cevap" verdiği tespit edilmiştir (Şekil 1).

Etkinlikler sonrasında ise "Doğru cevap" oranın %46 (*n*=94) olduğu görülmüştür. Ayrıca fen bilimleri öğretmenlerinin %43 (*n*=87)'ü "Kısmen Doğru Cevap", %7 (*n*=15)'si "Kavram Yanılgılı Cevap", %4'ü (*n*=8)'nün ise "İlişkisiz/Boş cevap" verdiği tespit edilmiştir (Şekil 9).

Tablo 18'de fen bilimleri öğretmenlerinin, etkinlik öncesinde ve sonrasında Biyoteknoloji Değerlendirme sorularına verdikleri yanıtlara ilişkin kategoriler ve örnek ifadeler görülmektedir.

Tablo 18

Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknoloji Değerlendirme Sorularına Verdikleri Yanıtlara İlişkin Kategoriler ve Örnek İfadeler

Kategoriler	Örnek öğretmen ifadeleri	
	Ön test	Son test
İlişkisiz boş cevap (0 puan)	*-Gerekli koşullar sağlanarak kök hücreler ile bakteri çoğaltılması (Soru 3-K3)* *-DNA'nın parçalara ayrılması (Soru 4-K11)* *-Canlılardan alınan sıvılarla canlı analizi (Soru 8-K13)* *-Sıcaklık, ortamdaki besin miktarı, canlının ortama uyumu (Soru 9-K2)*	*-1. Hücrenin parçalanması, DNA'nın açığa çıkması, 2. Denatürasyon (DNA'nın çözünür duruma gelmesi), 3. DNA'nın kimyasal yöntemlerle RNA ve diğer moleküllerden ayrılması (Soru 4-K8)*
Kavram yanılgılı cevap (1 puan)	*-Bakteri ekimi; bakterilerin ortama etkisini incelemek için oluşturulan düzenek (Soru 3- K12)* *-Hücreler, DNA'nın hücreden ayrılması (Soru 4- K8)* *-Yeni DNA zinciri sentezlemek için kullanılan yöntem (Soru 5 K14)* *-DNA'daki genleri ayırmada kullanılan yöntemler (Soru 8-K16)*	*-DNA'nın kendini eşleme işlemidir (Soru 5-K17)* *-Hastalıklı genin bulunması (Soru 7- K1)* *-Dizilimdeki benzerliklere (Soru 9-K2)*
Kısmen doğru cevap (2 puan)	*-Tarımsal biyoteknoloji, tıbbi biyoteknoloji, gıda biyoteknoloji (Soru 1-K4)* *-DNA içerisinde yer alan istenilen bir bölgeyi çoğaltmak (Soru 5-K6)*	*-PZR ile DNA'da belirli bir parçanın onarılması ya da hatalı parçaların düzeltilmesinde kullanılır (Soru 7-K10)* *-Moleküler ağırlığına bağlıdır (Soru 9-K4)* *-Biyoloji ile teknolojinin bir arada kullanılması (Soru 10-K1)* *-Genetik hastalıkların daha hızlı ve kesin tedavisinin sağlanması (Soru 12- K7)*
Doğru cevap (3 puan)	*-Biyoenformatik, mikrobik biyoteknoloji; mikroorganizmaları inceler, tarımsal biyoteknoloji; tarım ürünlerini inceler, Hayvansal biyoteknoloji; hayvanları inceler çalışma yapar, adli biyoteknoloji; DNA parmak izi çalışmaları (Soru 1-K 15)*	*-Mikrobiyoloji, tarımsal, tıp, hayvansal alanda kullanılmaktadır. Ürünleri daha verimli kılmak, bakteriler kullanarak yeni ürünler elde etmek. İlaç yapımı, insülin yapımı, hastalıkların tedavisi, türlerin ıslahı gibi çalışmalar yapılmaktadır (Soru 1-K6)*

	-Elektroforez, Biyoenformatik, PZR, DNA izolasyonu (Soru 2-K7) *-1. İzole edilmiş DNA, 2. Primer 1, 3. Primer 2, 4. Nükleotidler, 5. Polimeraz PZR tüpüne eklenir. Termal döngü makinasına bırakılır (Soru 6-K14)* *-Kalıtsal hastalıkların tespiti için soyağacı oluşturma, Hastalığa sebep olan kalıtsal genleri belirleme, Çalışmalar için kolay ve hızlı bilgi edinme imkanı sağlar (Soru 11-K11)*

**Tablo 18.'in devamı*

Tablo 18 incelendiğinde, etkinlikler öncesinde, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji yöntem ve tekniklerine ilişkin kavram yanılgıları ve bilgi eksiklerine sahip oldukları görülmüştür. Ayrıca, genetik terminolojiye hakim olmadıkları ve biyoteknolojik yöntemlerle ilişkilendiremedikleri tespit edilmiştir.

Etkinlikler sonrasında ise fen bilimleri öğretmenlerinin bilimsel olarak doğru açıklamalarda bulundukları, biyoteknoloji teknik ve yöntemlerine ilişkin kavramları daha iyi kavradıkları, genetik kavramları biyoteknoloji ile ilişkilendirme düzeylerinin daha anlamlı olduğu söylenebilir.

4.2. Araştırmanın İkinci Alt Problemi "Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimleri ve teknik becerileri nasıldır? Sorusuna Yanıt Aranmıştır.

Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları kapsamında uygulanan etkinliklerin fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimleri ve teknik becerilerine etkisinin belirlenmesi amacıyla etkinlikler sırasında uygulanan, araştırmacı tarafından geliştirilen etkinlik çalışma yaprakları ve Laboratuvar Öz Değerlendirme Formudan elde edilen nitel ve nicel verilere ait bulgular bu başlık altında verilmiştir.

Etkinlik çalışma yaprakları, fen bilimleri öğretmenlerinin çeşitli yenilikçi yaklaşımlar kapsamında sahip olmaları gereken laboratuvar deneyimleri ve teknik becerileri içermektedir. Bu sebeple her bir etkinlik için, araştırmacılar tarafından geliştirilen rubrik ile nitel analizleri yapılmış, laboratuvar deneyimi ve teknik becerileri kategorilendirilmiş ve tablolaştırılarak sunulmuştur. Ayrıca etkinlik çalışma yapraklarının rubrik ile puanlanması sonucu elde edilen verilere ilişkin yüzde (%) ve frekans değerleri verilmiştir.

Araştırma kapsamında uygulanan etkinliklerde kullanılan öğretim yaklaşımları ve laboratuvar deneyimlerine ilişkin kategoriler Tablo19'da gösterilmektedir.

Tablo 19

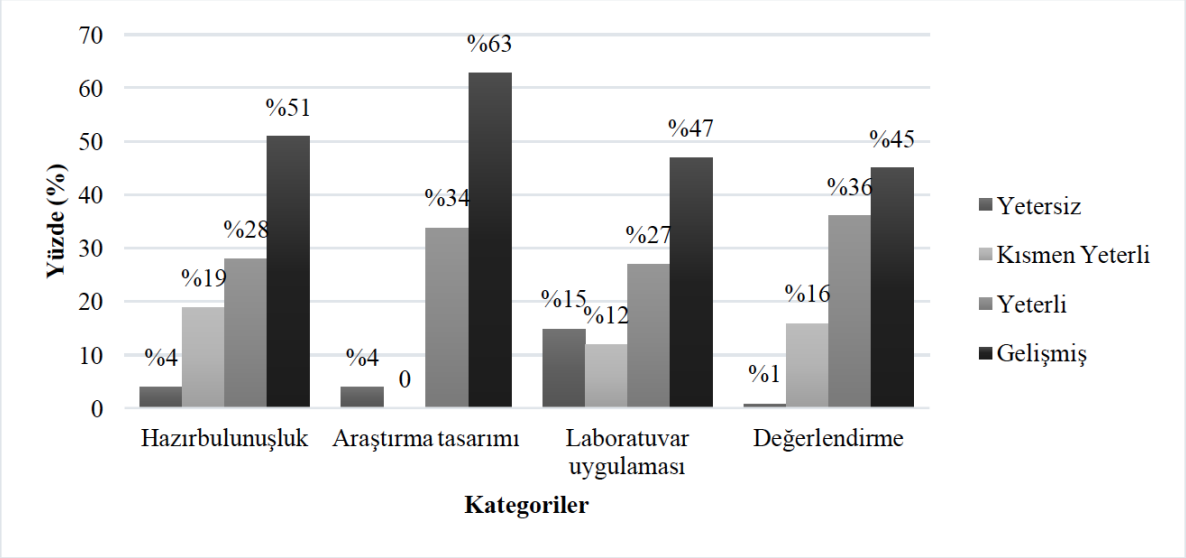
Etkinliklerde Kullanılan Öğretim Yaklaşımları ve Laboratuvar Deneyimlerine İlişkin Kategoriler

Etkinliklerde kullanılan öğretim yaklaşımı /Kategoriler	Hazırbulunuşluk	Araştırma tasarımı	Laboratuvar uygulaması	Değerlendirme
Araştırma-sorgulamaya dayalı öğretim	-Ön sorgulama (merak etme)	-Hipotez kurma -Değişkenleri belirleme	-Deney tasarımı	-Verileri düzenleme -Sonuç ve değerlendirme
Proje tabanlı öğretim	-Motivasyon (Merak etme/ bağlantı kurma)	-Tasarım ve planlama -Standartlara göre düzenleme	-Etkinlikler/ deneye ilişkin genel çerçeve oluşturma	Değerlendirme ve sunma
Problem tabanlı öğretim	-Problemi tanımlama	-Çözüm için plan hazırlama -Çözüm yolları geliştirme	-Deneysel işlem	Değerlendirme
Argümantasyon tabanlı öğretim	-İddia	-Veri/ gerekçe -Destekleyici ve çürütücü kanıt	-Deneysel işlem	-Sonuç
Web tabanlı öğretim	-Problem/ açıklama	-Değişkenler ve matematiksel hesaplama	-Deneysel işlem	-Görsellerin kullanımı -Biyoloji ve bilgisayar bilimi

Etkinlik çalışma yapraklarında her bir öğretim yaklaşımına özgü bilimsel süreç becerilerini ve yaşam becerilerini içeren farklı hedefler bulunmaktadır. Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları kapsamında uygulanan ilk etkinlik "Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" etkinliği, araştırma-sorgulamaya dayalı öğretim yaklaşımına göre tasarlanmıştır. Bu etkinlik kapsamında fen bilimleri öğretmenleri; ön sorgulama, hipotez kurma, değişkenleri belirleme, deney tasarımı, verileri düzenleme, sonuç ve değerlendirme olmak üzere altı beceri bakımından değerlendirilmiştir. İkinci etkinlik "Genomik DNA İzolasyonu" proje tabanlı öğretim yaklaşımına temel alınarak tasarlanmış ve motivasyon, tasarım planlama, standartlara göre düzenleme, etkinlikler/deneye ilişkin genel çerçeveyi oluşturma, değerlendirme ve sunma hedeflerini kapsamaktadır. Üçüncü etkinlik "Polimeraz Zincir Reaksiyonu" etkinliği, problem tabanlı öğretim yaklaşımına göre

düzenlenmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinden problemi tanımlama, çözüm için plan hazırlama, çözüm yolları geliştirme, deneysel işlem ve değerlendirme kapsamındaki hedefleri gerçekleştirmeleri beklenmektedir. Dördüncü etkinlik olan argümantasyon tabanlı öğretim yaklaşımına göre tasarlanan "Suçlu kim?" etkinliği ise iddia, veri/gerekçe, destekleyici ve çürütücü kanıt, deneysel işlem ve sonuç hedeflerini içermektedir. Son olarak "Biyoenformatik: Filogenetik tahmin" etkinliğinde ise disiplinlerarası web tabanlı bir öğretim yaklaşımı benimsenmiş olup bu kapsamda problem/ açıklama, değişkenler ve matematiksel hesaplama, deneysel işlem, görsellerin kullanımı, biyoloji ve bilgisayar bilimi becerilerini içermektedir. Tüm bu hedefler, laboratuvar deneyimlerine etkilerine göre hazırbulunuşluk, araştırma tasarımı, laboratuvar uygulaması ve değerlendirme olmak üzere dört kategoride toplanmıştır.

Fen bilimleri öğretmenlerinin, laboratuvar deneyimlerinin rubrik ile değerlendirilmesi sonucunda aldıkları puanlara yönelik yüzde dağılımları ve temsil ettikleri gelişmişlik seviyeleri Şekil 10'da verilmektedir.



Şekil 10. Fen bilimleri öğretmelerinin (n=17) çalışma yapraklarındaki laboratuvar deneyimleri kalitesi

Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları kapsamında uygulanan etkinliklerde, laboratuvar deneyimlerinde hazırbulunuşluk kategorisinde fen bilimleri öğretmenlerinin %51'inin (*n*=42) gelişmiş, %28'inin (*n*=23) yeterli, %19'unun (*n*=15) kısmen yeterli ve %4'ünün (*n*=3) yetersiz seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Araştırma tasarımı kategorisinde fen bilimleri öğretmenlerinin %63'ü (*n*=52) gelişmiş, %34'ü (*n*=28) yeterli, %4'ü (*n*=3) yetersiz seviyede olup kısmen yeterli düzeyinde fen bilimleri öğretmeni

bulunmamaktadır. Laboratuvar uygulaması kategorisinde fen bilimleri öğretmenlerinin %47'sinin (*n*=39) gelişmiş, %27'sinin (*n*=22) yeterli, %12'sinin (*n*=10) kısmen yeterli ve % 15'inin (*n*=12) yetersiz düzeyde olduğu görülmüştür. Son olarak değerlendirme kategorisinde fen bilimleri öğretmenlerinin %45'inin (*n*=37) gelişmiş, %36'sının (*n*=30) yeterli, %16'sının (*n*=13) kısmen yeterli ve %1'inin (*n*=1) yetersiz düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7). Veriler fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimleri bakımından en çok araştırma tasarımı kategorisinde becerilerinin gelişmiş seviyede olduğunu, en çok yetersiz oldukları kategorinin ise laboratuvar uygulaması olduğunu göstermiştir.

Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları kapsamında her bir etkinlik sonrasında fen bilimleri öğretmenlerinin Laboratuvar Öz Değerlendirme Formunda yer alan çoktan seçmeli sorulara verdikleri yanıtların nicel analizleri yapılmış, fen bilimleri öğretmenlerinin yanıtları performans düzeyleri bakımından puanlanmıştır. Elde edilen toplam puanların yüzde (%) ve frekans değerleri hesaplanarak, tüm çoktan seçmeli sorular madde bazında ele alınıp, tablolaştırılarak sunulmuştur.

Laboratuvar Öz Değerlendirme Formu'nda yer alan çoktan seçmeli sorulara ait toplam puanların yüzde (%) ve frekans değerleri Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20

Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Laboratuvar Öz Değerlendirme Formu Çoktan Seçmeli Sorulara İlişkin Betimsel İstatistikler

Değerlendirilecek Tutum ve Davranışlar	Performans Düzeyleri	N	Etkinlikler: Biyoteknoloji laboratuvarına giriş		Genomik DNA izolasyonu		Polimeraz Zincir Reaksiyonu		Suçlu kim?		Biyo-enformatik	
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1. Laboratuvar etkinliği ilginç ve etkileyiciydi.	Her zaman	17	11	64.7	13	76.5	14	82.4	16	94.1	13	76.5
	Sıklıkla	17	5	29.4	1	5.9	3	17.6	1	5.9	3	17.6
	Bazen	17	1	5.9	3	17.6	-	-	-	-	-	-
	Nadiren	17	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5.9
2. Laboratuvar becerilerimi artırdı.	Her zaman	17	12	70.6	13	76.5	15	88.2	15	88.2	13	76.5
	Sıklıkla	17	3	17.6	2	11.8	2	11.8	2	11.8	3	17.6
	Bazen	17	2	11.8	2	11.8	-	-	-	-	1	5.9
3. Laboratuvar etkinliği anlaşılabilirdi.	Her zaman	17	10	58.8	13	76.5	13	76.5	15	88.2	11	64.7
	Sıklıkla	17	5	29.4	2	11.8	4	23.5	2	11.8	4	23.5
	Bazen	17	2	11.8	2	11.8	-	-	-	-	1	5.9
	Nadiren	17	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5.9
4. Biyoteknolojide kullanılan bazı laboratuvar tekniklerinin nasıl gerçekleştiğini anladım.	Her zaman	17	12	70.6	13	76.5	13	76.5	15	88.2	12	70.6
	Sıklıkla	17	4	23.5	3	17.6	4	23.5	2	11.8	3	17.6
	Bazen	17	1	5.9	1	5.9	-	-	-	-	2	11.8
5.Modern laboratuvar ekipmanlarını kullanarak deney yapmak konuya yönelik ilgimi artırdı.	Her zaman	17	13	76.5	11	64.7	14	82.4	15	88.2	13	76.5
	Sıklıkla	17	2	11.8	4	23.5	3	17.6	2	11.8	3	17.6
	Bazen	17	2	11.82	2	11.8	-	-	-	-	1	5.9
6.Fen Bilimleri ile ilgili bilgilerin teknolojiye dönüştürülerek kullanılan yöntemler hakkında bilgi sahibi oldum.	Her zaman	17	10	58.8	11	64.7	13	76.5	15	88.2	13	76.5
	Sıklıkla	17	5	29.4	5	29.4	4	23.5	2	11.8	4	23.5
	Bazen	17	2	11.8	1	5.9	-	-	-	-	-	-
7.Biyoteknoloji ile ilgili bilimsel ve teknolojik kavramları doğru ve etkili kullanabiliyorum.	Her zaman	17	3	17.6	11	64.7	13	76.5	13	76.5	12	70.6
	Sıklıkla	17	10	58.8	4	23.5	4	23.5	4	23.5	4	23.5
	Bazen	17	4	23.5	2	11.8	-	-	-	-	1	5.9

8.Etkinlik, bilim ve teknoloji ilişkisini anlamama yardımcı oldu.	Her zaman	17	10	58.8	10	58.8	13	76.5	13	76.5	13	76.5
	Sıklıkla	17	5	29.4	6	35.3	4	23.5	4	23.5	4	23.5
	Bazen	17	2	11.8	1	5.9	-	-	-	-	-	-
9.Mesleki hayatımda daha fazla laboratuvar çalışmalarına yer vereceğim.	Her zaman	17	11	64.7	14	82.4	14	82.4	14	76.5	12	70.6
	Sıklıkla	17	4	23.5	2	11.8	3	17.6	3	23.5	5	29.4
	Bazen	17	2	11.8	1	5.9	-	-	-	-	-	-

**Tablo 20'nin devamı*.

Tablo 20'ye göre fen bilimleri öğretmenlerinin Laboratuvar Öz Değerlendirme Formundaki çoktan seçmeli soruların değerlendirilmesinde beş farklı performans düzeyi (her zaman, sıklıkla, bazen, nadiren ve hiçbir zaman) olmasına rağmen genellikle üç performans düzeyini (Her zaman, sıklıkla, bazen) kullandıkları görülmüştür.

Fen bilimleri öğretmenlerinin her zaman ilginç ve etkileyici buldukları laboratuvar etkinliğinin "Suçlu kim?" (*n*=16, %94.1) etkinliği olduğu görülmüştür.

Fen bilimleri öğretmenleri laboratuvar becerilerini her zaman artıran etkinliklerin "Polimeraz Zincir Reaksiyou" ve "Suçlu kim?" etkinlikleri olduğunu ifade etmişlerdir (*n*=15, %88.2).

Fen bilimleri öğretmenleri "Suçlu kim?" etkinliği için, "Laboratuvar etkinliği her zaman anlaşılabilirdi", "Biyoteknolojide kullanılan bazı laboratuvar tekniklerinin nasıl gerçekleştiğini anladım", "Modern laboratuvar ekipmanlarını kullanarak deney yapmak konuya yönelik ilgimi artırdı" ve "Fen bilimleri ile ilgili bilgilerin teknolojiye dönüştürülerek kullanılan yöntemler hakkında bilgi sahibi oldum" maddelerinde her zaman performans düzeyini işaretledikleri görülmüştür (*n*=15, %88.2).

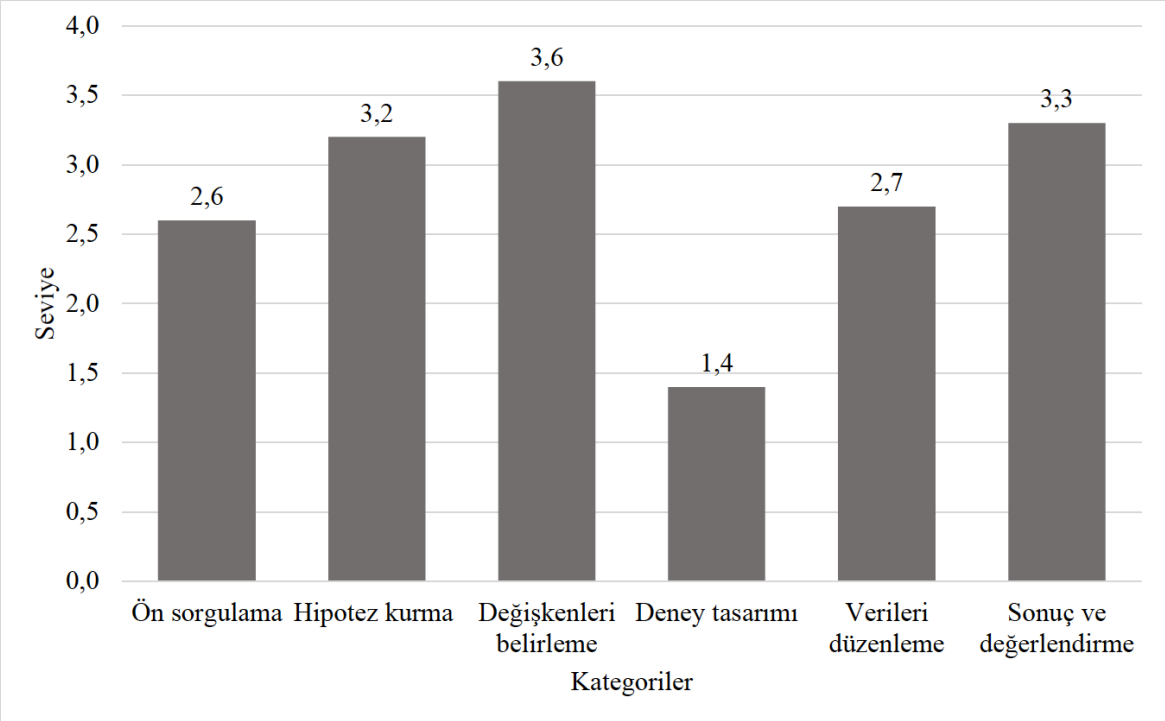
Fen bilimleri öğretmenleri, "Genomik DNA İzolasyonu" (*n*=11, %64.7), "Polimeraz Zincir Reaksiyonu" (*n*=13, %76.5), "Suçlu kim?" (*n*=13, %76.5) ve "Biyoenformatik: Filogenetik Tahmin" (*n*=12, %70.6) etkinliklerinde her zaman, "Biyoteknoloji Labotauvarına Giriş" etkinliğinde ise sıklıkla (*n*=10, %58.8) biyoteknoloji ile ilgili bilimsel ve teknolojik kavramları doğru ve etkin kullanabildiklerini ifade etmişlerdir.

Genel olarak tüm etkinliklerin fen bilimleri öğretmenlerinin bilim ve teknoloji ilişkisini anlamalarına yardımcı olduğu görülmüştür. Fen bilimleri öğretmenlerinin çoğunluğu meslek hayatlarında daha fazla laboratuvar çalışmalarına yer vereceklerini belirtmişlerdir (*n*=14, %82.4).

Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları kapsamında uygulanan her bir etkinliğin fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimlerine etkisini belirleyebilmek için her bir etkinliğe ait çalışma yaprakları ayrı ayrı rubrik ile puanlanarak incelenmiştir. Elde edilen nitel veriler kategorilendirilerek yüzde ve frekans değerleri bakımından karşılaştırılmıştır. Ayrıca Laboratuvar Öz Değerlendirme Formundaki açık uçlu soruların betimsel analizi sonucu elde edilen fen bilimleri öğretmenlerinin ifadeleri doğrudan sunulmuştur.

4.2.1. "Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular

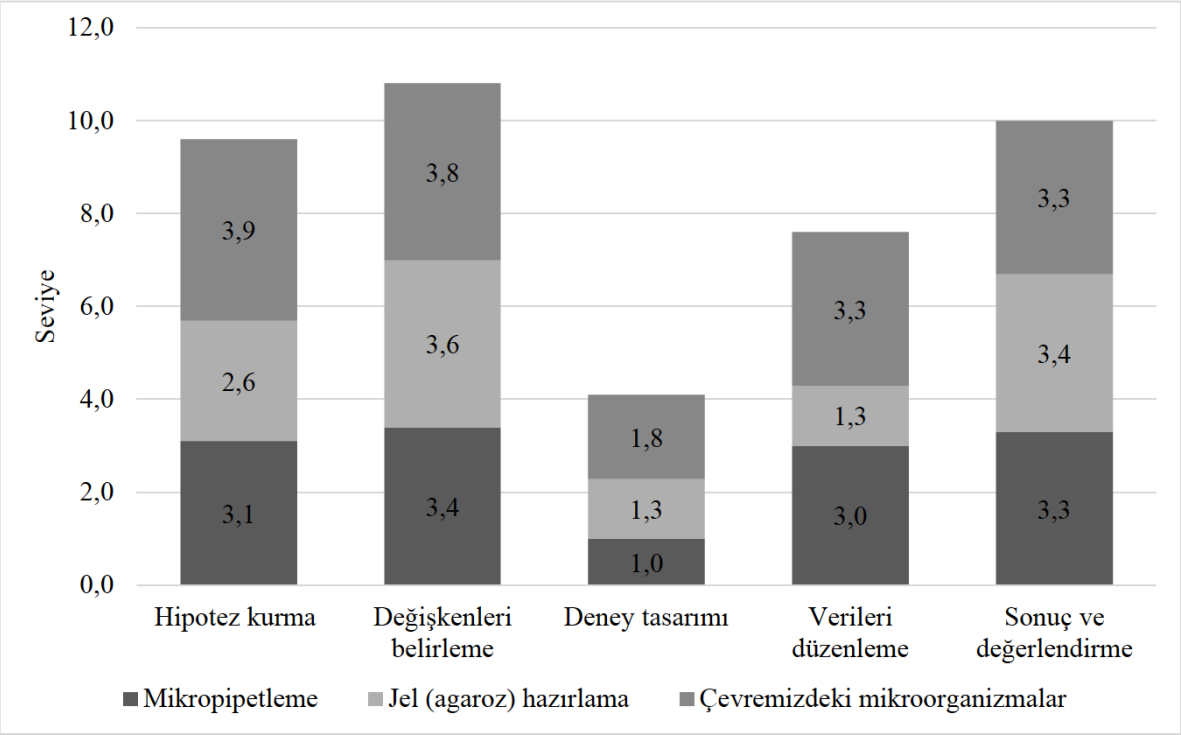
"Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" etkinliği araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanmıştır. Bu etkinliğe ait çalışma yaprağı; ön sorgulama (merak etme/ bağlantı kurma), hipotez kurma, değişkenleri belirleme, deney tasarımı, verileri düzenleme, sonuç ve değerlendirme olmak üzere altı kategori ve "Gelişmiş (4 puan), yeterli (3 puan), kısmen yeterli (2 puan) ve yetersiz (1 puan) olmak üzere dört seviyede değerlendirilmiştir. Bu etkinlikte üç farklı işlem uygulanmıştır. Ön sorgulama aşaması ortak olup "Bildiklerim-Merak ettiklerim-Öğrendiklerim" etkinliği bu kategoride değerlendirilmiştir. "Mikropipetleme", "Jel (agaroz) hazırlama" ve "Çevremizdeki mikroorganizmalar" adlı üç işleme ilişkin, fen bilimleri öğretmenlerinin hipotez kurma, değişkenleri belirleme, deney tasarımı, verileri düzenleme, sonuç ve değerlendirme kategorilerinde aldıkları toplam puanların ortalaması hesaplanmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerinin araştırma-sorgulama sürecinde ortaya koyduğu araştırma-sorgulama becerilerinin puanları Şekil 11'de verilmektedir.



Şekil 11.Araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme becerileri ortalama puanları

Analizler fen bilimleri öğretmenlerinin araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme bileşenlerinden "değişkenlerin belirlenmesi" kategorisinde en yüksek ortalama puanı ($\bar{x}$=3.6) alarak yeterli seviyede, en düşük puanı ise "deney tasarımı ($\bar{x}$=1.4)" kategorisinden alarak yetersiz seviyede olduğunu göstermektedir.

Şekil 3. 8 incelendiğinde, diğer kategorilere göre "Deney tasarımı" kategorisinden daha düşük puan alınmasının nedenini tespit edebilmek için "Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" etkinliğindeki üç işlem araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme bileşenlerine göre değerlendirilmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin araştırma-sorgulama becerilerine ilişkin "Mikropipetleme", "Jel (agaroz) hazırlama" ve "Çevremizdeki mikroorganizmalar" işlemlerinden aldıkları ortalama puanlar Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12.Üç işlem bazında fen bilimleri öğretmenlerinin araştırma-sorgulama becerileri ortalama puanları

Şekil 12'ye göre fen bilimleri öğretmenlerinin "Deney tasarımı" kategorisinde en düşük puanı ($\bar{x}$=1.0) "Mikropipetleme" etkinliğinden aldıkları tespit edilmiştir. Ancak fen bilimleri öğretmenlerinin "Deney tasarımı" kategorisinde işlemler ilerledikçe az da olsa bir artış gözlemlenmektedir. "Verileri düzenleme" kategorisinde ise "Mikropipetleme" etkinliğinde yeterli seviyedeyken, "Jel (agaroz) hazırlama" etkinliğinde bir düşüş olduğu görülmektedir.

Bu etkinlik için fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar öz değerlendirme formlarındaki açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde, genel olarak herhangi bir problemle karşılaşmadıklarını bildirmişlerdir. Bazı fen bilimleri öğretmenleri ise deneyde kullanılan malzemeler ile ilk defa karşılaşmalarından dolayı problem yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Aşağıda fen bilimleri öğretmenlerinin "Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" etkinliğinde yaşadıkları problemler ve problemlerin nedenlerine ilişkin örnek ifadelerine yer verilmiştir.

"Araç-gereç kullanımı ile ilgili sorun yaşadım (K1)."

"Bazı ekipmanları ilk kez gördüm. Adları ve işlevlerini süreç içerisinde kavradım (K8)."

"Bazı malzemeleri (mikropipet) kullanmayı bilmiyordum (K4)."

Fen bilimleri öğretmenleri etkinlikte başarılı oldukları bölümlerin ise;

"Örnek hazırlama ve seyreltme işlemlerinde başarılı oldum (K2)."

"Besiyerinde kültür ortamı oluşturmada ve elektroforez işleminde kuyuya yükleme yapmada (K5)."

"Deniz suyu ve topraktan alınan örnekleri besi ortamına koyma (K12)."

şeklinde belirtmişlerdir.

Ayrıca fen bilimleri öğretmenleri laboratuvar öz değerlendirme formundaki "Neler yaptım? Neler öğrendim?" sorusuna;

"Mikropipet kullanımı, bakteriler için farklı ortam oluşturma. Elektroforez etkinliğinde jelin içerisinde renklerin haraketi. Çevremizde çok fazla mikroorganizma olduğunu öğrendim (K1)."

"Biyoteknoloji çeşitlerini öğrendim. Agarozun ne olduğunu ve elektroforez işleminin nasıl bir işlem olduğunu ve uygulamanın nasıl yapıldığını öğrendim (K5)."

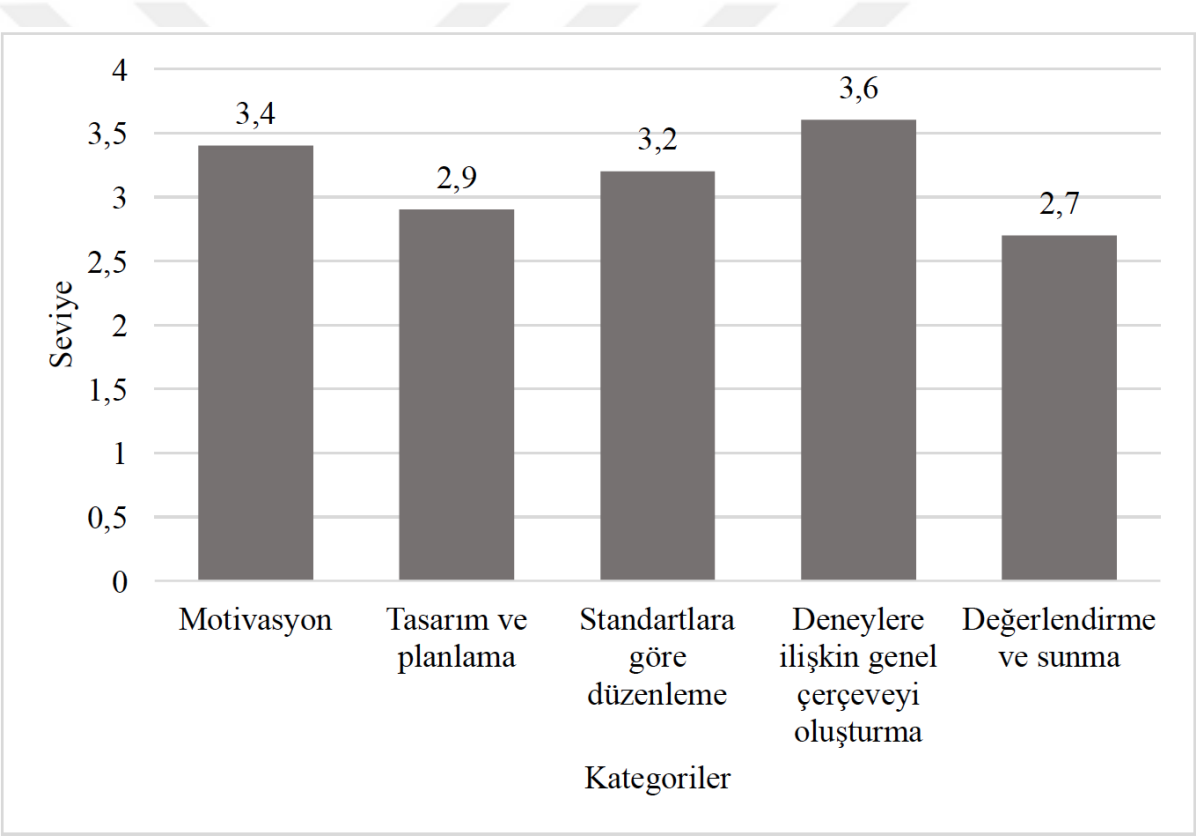
"Biyoteknolojide kullanılan ekipmanları ve bunların kullanım şekillerini öğrendim (K7)."

"Mikropipet kullanmak, elektroforezin ne olduğunu, bakteri kültür ortamı oluşturmayı öğrendim (K13)."

şeklinde cevap verdikleri görülmüştür.

4.2.2. "Genomik DNA İzolasyonu" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular

"Genomik DNA İzolasyonu" etkinliği proje tabanlı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanmıştır. Bu etkinliğe ait çalışma yaprağı; motivasyon, tasarım-planlama, standartlara göre düzenleme, etkinlikler ve deneylere ilişkin genel çerçeveyi oluşturma, değerlendirme ve sunma olmak üzere beş kategori ve "Gelişmiş (4 puan), yeterli (3 puan), kısmen yeterli (2 puan) ve yetersiz (1 puan) olmak üzere dört seviyede değerlendirilmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin proje tabanlı öğrenme sürecinde ortaya koydukları becerilere ilişkin ortalama puanları Şekil 13'de verilmektedir.



Şekil 13.Proje tabanlı öğrenme becerileri ortalama puanları

Analizler fen bilimleri öğretmenlerinin proje tabanlı öğrenme bileşenlerinden "deneylere ilişkin genel çerçeveyi oluşturma" kategorisinde yeterli seviyede oldukları tespit edilmiştir ($\bar{x}$=3.6). Projenin "değerlendirilmesi ve sunulması" aşamasında ise kısmen yeterli ($\bar{x}$=2.7) oldukları görülmektedir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar öz değerlendirme formlarındaki açık uçlu sorulara verdikleri yaıtlar incelendiğinde genellikle herhangi bir problemle karşılaşmadıklarını ifade ettikleri görülmüştür. Sadece bir grubun dikkatsizlikten dolayı DNA izolasyon çözeltisini hazırlamada sorun yaşadığı tespit edilmiştir.

Aşağıda fen bilimleri öğretmenlerinin "Genomik DNA İzolasyonu" etkinliğinde yaşadıkları problemler ve problemlerin nedenlerine ilişkin örnek ifadelerine yer verilmiştir.

"Kivi-deterjan karışımımızı ısıtmada unutunca kaynağı için bozunmalar gerçekleşti (K3)."

"Deterjan çözeltisini hazırlamak zaman aldı (K8)."

Fen bilimleri öğretmenleri genel olarak kendilerini DNA izolasyonunda başarılı bulduklarını bildirmişlerdir.

"Kiviyi ezerek izolasyon için karışımı hazırlamada başarılıydım (K3)."

"DNA izolasyonunu gerçekleştirmede başarılıydım (K11)."

Ayrıca fen bilimleri öğretmenleri laboratuvar öz değerlendirme formundaki "Neler yaptım? Neler öğrendim?" sorusuna;

"Kivinin DNA izolasyonunu gerçekleştirdim. Alkolun yoğunluk farkı oluşturarak DNA izolasyonunu gerçekleştirdiğini gözlemledim (K2).

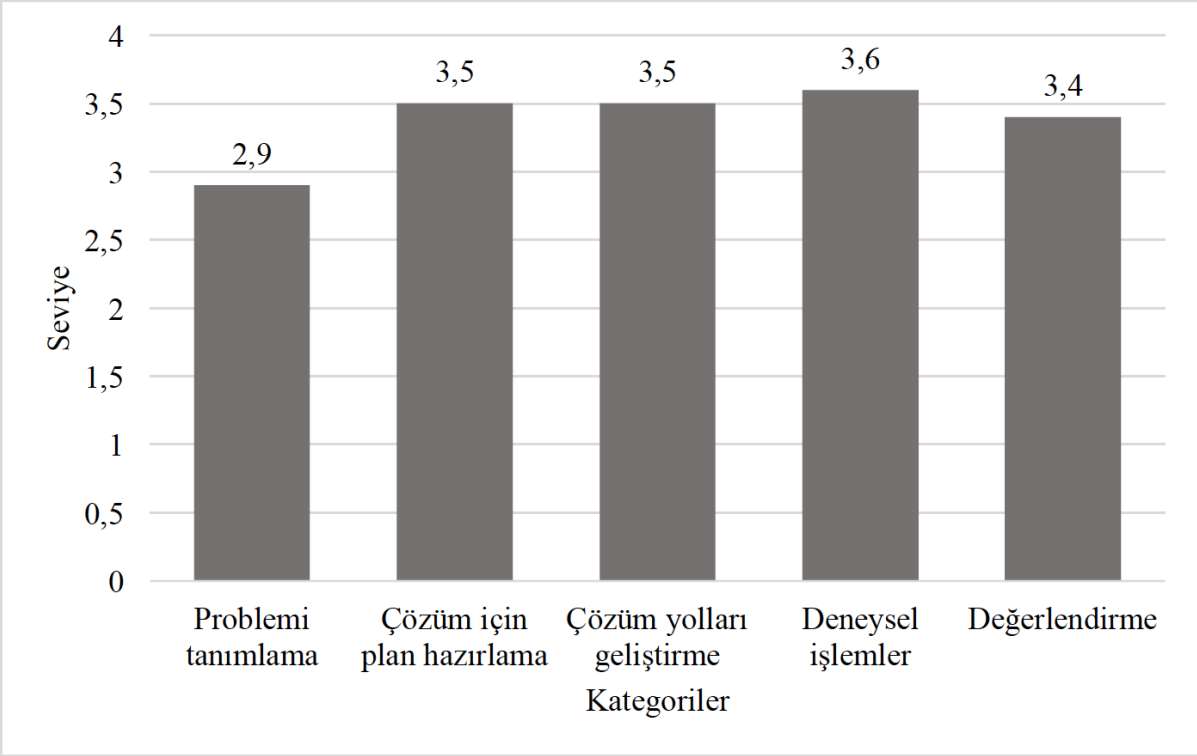
"DNA'nın gözlemlenmesi konusunda sınıf ortamında yapılabilecekleri öğrendim (K13)."

şeklinde cevap verdikleri görülmüştür.

4.2.3. "Polimeraz Zincir Reaksiyonu" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular

"Polimeraz Zincir Reaksiyonu" etkinliği problem tabanlı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanmıştır. Bu etkinliğe ait çalışma yaprağı; problemi tanımlama, çözüm için plan hazırlama, çözüm yolları geliştirme, deneysel işlemler, değerlendirme olmak üzere beş kategori ve "Gelişmiş (4 puan), yeterli (3 puan), kısmen yeterli (2 puan) ve yetersiz (1 puan) olmak üzere dört seviyede değerlendirilmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin

problem tabanlı öğrenme sürecinde problem çözme becerilerinin ortalama puanları Şekil 14'de verilmektedir.



Şekil 14.Probleme dayalı öğrenme becerileri ortalama puanları

Analizlerde, fen bilimleri öğretmenlerinin "Polimeraz Zincir Reaksiyonu" etkinliğinin genel olarak tüm aşamalarında yeterli seviyedeyken, "problemi tanımlama" kategorisinde kısmen yeterli ($\bar{x}$=2.9) oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca en yüksek puanı "deneysel işlemler" kategorisinden ($\bar{x}$=3.6) aldıkları görülmektedir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar öz değerlendirme formundaki açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde, etkinliğin deneysel kısmı olan polimeraz zincir reaksiyonunun uygulanması aşamasında bazı zorluklar yaşadıkları gözlemlenmiştir.

Aşağıda fen bilimleri öğretmenlerinin "Polimeraz Zincir Reaksiyonu" etkinliğinde yaşadıkları problemler ve problemlerin nedenlerine ilişkin örnek ifadelerine yer verilmiştir.

"Bazı terimlere yabancıydım (K11)."

"Mastermix tüpündeki sızdırma problemi sebebiyle süre uzadı (K3)."

"Laboratuvar malzemelerinden kaynaklı sorun yaşadım (K6)."

Fen bilimleri öğretmenlerinin etkinlikte başarılı oldukları bölümlerin ise;

"Mikropipet kullanımında başarılıydım (K2)."

"Mikropipet kullanma, santrifüj ve vorteks ekipmanlarının kullanımında başarılıydım (K14)."

"Mikropipet kullanımımı geliştirdim. Uygulama aşamalarını yaptım (K17)."

ifadeleri ile belirtmişlerdir.

Ayrıca fen bilimleri öğretmenleri laboratuvar öz değerlendirme formundaki "Neler yaptım? Neler öğrendim?" sorusuna;

"Mikropipet kullandım. PZR yöntemini öğrendim. DNA'nın PZR ile kısa sürede çoğaltıldığını öğrendim (K1)."

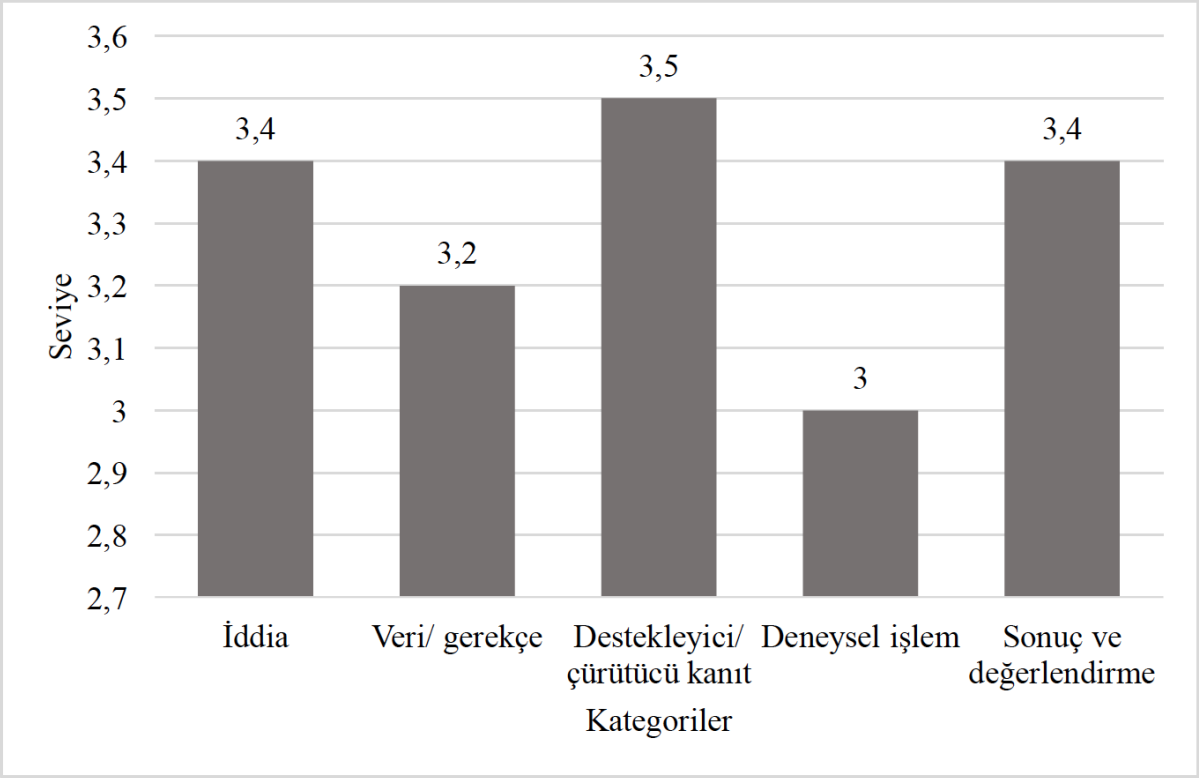
"Mikropipet kullanarak karışımı hazırladım, vortekste karıştırdım, santrifüjledim, ısıl döngü cihazına örnekleri yerleştirdim (K10).

"PZR'nin aşamalarını öğrendim (K16)."

şeklinde cevap verdikleri görülmüştür.

4.2.4. "Suçlu Kim?" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular

"Suçlu Kim?" etkinliği argümantasyona dayalı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanmıştır. Bu etkinliğe ait çalışma yaprağı; iddia, veri/gerekçe, destekleyici ve çürütücü kanıt, deneysel işlem ve sonuç olmak üzere beş kategoride ve "Gelişmiş (4 puan), yeterli (3 puan), kısmen yeterli (2 puan) ve yetersiz (1 puan) olmak üzere dört seviyede değerlendirilmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerin argümantasyona dayalı öğrenme sürecinde argümantasyon becerilerine ait ortalama puanları Şekil 15'de verilmektedir.



Şekil 15.Argümantasyona dayalı öğrenme becerileri ortalama puanları

Analizlere göre, fen bilimleri öğretmenlerinin argümantasyona dayalı "Suçlu Kim?" etkinliğinde argümantasyon bileşenlerinde genel olarak gelişmiş düzeyde başarıya sahip oldukları görülmektedir. Fen bilimleri öğretmenleri argümantasyon bileşenlerinden en yüksek puanı "destekleyici/çürütücü kanıt" kategorisinden ($\bar{x}$=3.5) aldıkları tespit edilmiştir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar öz değerlendirme formundaki açık uçlu sorulardan elde edilen bulgulara göre, genel olarak kendilerini başarılı buldukları görülmektedir.

Aşağıda fen bilimleri öğretmenlerinin "Suçlu Kim?" etkinliğinde yaşadıkları problemler ve problemlerin nedenlerine ilişkin örnek ifadelerine yer verilmiştir.

"*Mikropipet kullanarak küçük kuyucuklara düzgünce yerleştirdik (K4).*"

"İlk günün tecrübeleri ile hiç problemle karşılaşmadım. Mikropipeti kullanmayı; kuyucuklara izole edilen DNA'yı çok kolay yerleştirdim (K9)."

"Elektroforez kullanımı, jelin UV-Transimülatöre yerleştirilmesi, DNA'ların karşılaştırılmasında başarılıydım (K10)."

"Mikropipet ile elektroforez tanklarına yerleşim yapma. Kurduğumuz hipotezde başarılı olduk (K12)."

"Mikropipetle tanklara DNA yüklemesi yapraken gayet başarılıydım. Suçluyu bulma etkinliğinde başarılıydım (K13)."

Ancak bir grup fen bilimleri öğretmeni ise elektroforez düzeneği hazırlamada bazı sorunlar yaşamışlardır. Bu sorunları;

"Agaroz jel kayarak suyun içine düşüyordu. Jele parmak bastığımızdan görüntülerde neredeyse başarılı olamayacaktık (K3)."

"Jelin UV-Transimülatöre yerleştirilmesi sırasında sorun yaşadım (K7)."

şeklinde ifade etmişlerdir.

Fen bilimleri öğretmenleri bu etkinlikte "Neler yaptım? Neler öğrendim?" sorusuna;

"UV-Transimülatör ile görüntü elde etmeyi ve çıktı almayı öğrendim (K2)."

"Şüphelilerin DNA örneklerini kullanarak suçluların tespitini öğrendim (K3)."

"DNA parmak izi uygulamalarını öğrendim (K7)."

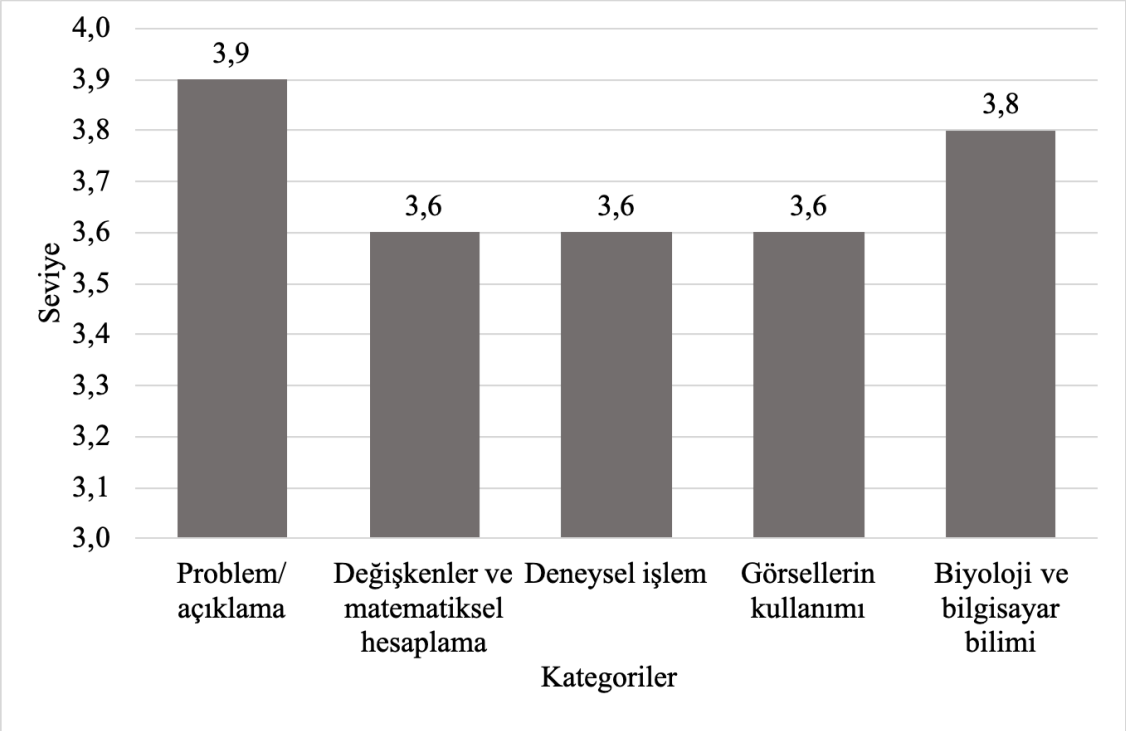
"*Suçlular bulunurken sadece insan değil, çevredeki diğer canlıların DNA'larının incelenmesinin gerektiğini (K13)."*

"*DNA parmak izini adli vakalarda kullanmanın önemini (K14)"*

şeklinde açıklamalarda bulunmuşlardır.

4.2.5. "Biyoenformatik- Filogenetik Tahmin" Etkinliğinin Değerlendirilmesine İlişkin Bulgular

"Biyoenformatik: Filogenetik Tahmin" etkinliği disiplinlerarası yaklaşımla web tabanlı öğrenme şeklinde tasarlanmıştır. Bu etkinliğe ait çalışma yaprağı; problem/ açıklama, değişkenler ve matematiksel hesaplama, deneysel işlem, görsellerin kullanımı, biyoloji ve bilgisayar bilimi olmak üzere beş kategoride ve "Gelişmiş (4 puan), yeterli (3 puan), kısmen yeterli (2 puan) ve yetersiz (1 puan) olmak üzere dört seviyede değerlendirilmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin disiplinlerarası web tabanlı öğrenme sürecinde ortaya koyduğu disiplinler arası ilişkileri ve teknolojiyi kullanma becerilerine ait ortalama puanları Şekil 16'da verilmektedir.



Şekil 16. Disiplinlerarası web tabanlı öğrenme becerileri ortalama puanları

Analizler, "Biyoenformatik: Filogenetik tahmin" etkinliğinde, fen bilimleri öğretmenlerinin disiplinlerarası web tabanlı öğrenme bileşenlerinin hepsinden 3.6 ve üzeri ortalama puan alarak yeterli sevide başarılı olduklarını göstermektedir. Fen bilimleri öğretmenlerinin, disiplinlerarası web tabanlı öğrenme bileşenlerinden "problem/ açıklama" kategorisinde en yüksek puan ($\bar{x}$=3.9) aldıkları görülmektedir.

Biyoenformatik etkinliği için laboratuvar öz değerlendirme formundaki açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde, fen bilimleri öğretmenleri etkinlikten zevk aldıklarını fakat kullanılan sitelerin yabancı dil olmasında dolayı zorluk yaşadıklarını bildirmişlerdir.

Aşağıda fen bilimleri öğretmenlerinin "Biyoenformatik: Filogenetik tahmin" etkinliğinde yaşadıkları problemler ve problemlerin nedenlerine ilişkin örnek ifadelerine yer verilmiştir.

"Yabancı dil ağırlıklı sitelerde araştırma yaparken (K2)."

"Daha önce hiç bu siteleri kullanmadığımdan dolayı zorlandım (K11)."

"Daha önce bu siteler hakkında bilgi sahibi olmadığım için, web siteleri ile çalışırken zorluk yaşadım (K15)."

Fen bilimleri öğretmenleri etkinlikte başarılı oldukları bölümlerin ise;

"NCBI ve OMIM sitelerinin kullanımında başarılıydım (K6)."

"Genetik hastalıkların soyağacını çıkarma kısmında başarılıydım (K7)."

"Bilgisayar kullanımı, veri tabanına ulaşmada başarılıydım (K16)."

Fen bilimleri öğretmenleri laboratuvar öz değerlendirme formundaki "Neler yaptım? Neler öğrendim?" kısmında ise;

"Genetik bir hastalık olan DMD'yi OMIM web sitesinde araştırdım. Gen kodunu bulup, NCBI sitesinde gen bölgelerine ilişkin veri topladım. BLAST algoritmasını kullanarak evrimsel ağacı oluşturup, incelemeler yaptım (K1)."

"Genetik hastalıkların soyağacını çıkardık. Biyoenformatiğin çalışma alanını ve veri tabanını kullandık (K7)."

"Uluslarası veri tabanlarına girerek hipotezimle ilgili araştırma yaptım (K8)."

"OMIM, NCBI, BLAST algoritmasını kullanarak biyoenformatik hakkında bilgi sahibi oldum (K11)."

"Bir hastalığın bulunduğu gen bölgesini belirleyip bu gen bölgesi kodundan aynı dizilime sahip olan farklı canlı türlerinin olup olmadığını bulmayı öğrendim (K12)."

"OMIM, NCBI sitesinden faydalanarak hastalıklara ait gen haritalarını hazırlama (K14)."

ifadeleri ile açıklamalarda bulundukları görülmüştür.

Fen bilimleri öğretmenlerinin çalışma yaprakları analizi ile etkinlik bazında kullanılan öğretim yaklaşımlarının bileşenlerinden aldıkları ortalama puanları hesaplanmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerinin "Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" etkinliğinden 2.8 (Kısmen yeterli), "Genomik DNA İzolasyonu" etkinliğinden 3.2 (Yeterli), "Polimeraz Zincir Reaksiyonu" etkinliğinden 3.4 (Yeterli), "Suçlu Kim?" etkinliğinden 3.3 (Yeterli), "Biyoenformatik: Filogenetik tahmin" etkinliğinden 3.7 (Yeterli) puanlarını aldıkları ve ortalama puanların son etkinliğe doğru arttığı görülmektedir. Bu sebeple H02 hipotezi reddedilmiş, Ha2 hipotezi kabul edilmiştir.

4.3. Araştırmanın Üçüncü Alt Problemi "Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarına demografik değişkenlerin (cinsiyet, mesleki deneyim süreleri vb.) etkisi nasıldır?" Sorusuna Yanıt Aranmıştır.

Fen bilimleri öğretmenlerinin, biyoteknoloji farkındalıklarının etkinlikler öncesinde ve sonrasında demografik özellikler bakımından incelenmesi amacıyla, Biyoteknoloji Farkındalık Anketinden elde edilen nicel veriler kullanılmıştır. Bu doğrultuda, fen bilimleri öğretmenlerinin etkinlik öncesinde ve sonrasında Biyoteknoloji Farkındalık Anketinden aldıkları toplam puan ortalamaları demografik özellikler (cinsiyet, eğitim durumu, mesleki deneyim süresi) bakımından karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda ortalama ($\bar{x}$), standart sapma (ss), Mann Whitney *U*, Kruskal Wallis testleri ve Cohen's d değeri hesaplanarak değerlendirilmiş ve veriler tablolaştırılarak sunulmuştur.

Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarının etkinlik öncesinde ve sonrasında Biyoteknoloji Farkındalık Anketi toplam puan ortalamalarının cinsiyet değişkeni bakımından, Mann-Whitney *U* testi ile karşılaştırılmasına ilişkin bulgular Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21

Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Puanlarının Cinsiyetlerine göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

	Cinsiyet							
	Kadın			Erkek				
Test	N	$\bar{X}$	ss	N	$\bar{X}$	ss	*p*	*U*
Ön test	9	66.33	5.56	8	66.88	7.57	.289	25
Son test	9	76.89	4.11	8	78,88	2.56	.755	33

p<0.05 anlamlı bir farklılık vardır.

Biyoteknoloji farkındalıklarının, cinsiyet değişkeni bakımından incelendiğinde, etkinlikler öncesinde ve etkinlikler sonrasında kadın fen bilimleri öğretmenleri ile erkek fen bilimleri öğretmenlerinin ortalama toplam puanları arasında anlamlı bir farklılık görülmemektedir. Ancak etkinlikler sonrasında erkek öğretmenlerin ($\bar{x}$=76.89), kadın öğretmenlere ($\bar{x}$=78.88) göre daha yüksek puana sahip olduğu görülmektedir (Tablo 19). Erkek fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarının kısmen daha fazla olduğu söylenebilir. Etki büyüklüğünün incelenmesi sonucunda, Cohen's d değeri, fen bilimleri öğretmenlerinin ön testte (0.53) ve son testte (0.57) cinsiyet değişkeni bakımından ortalamalar arasındaki farkın etki değerinin orta (>0.5) olduğunu göstermektedir. Bu sebeple H03 hipotezi reddedilmiş, Ha3 hipotezi kabul edilmiştir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarının etkinlik öncesinde ve sonrasında Biyoteknoloji Farkındalık Anketi toplam puan ortalamalarının eğitim durumu değişkeni bakımından, Mann-Whitney *U* testi ile karşılaştırılmasına ilişkin bulgular Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22

Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Puanlarının Eğitim Durumlarına göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

	Eğitim durumu							
	Lisans			Lisansüstü				
Test türü	N	$\overline{X}$	ss	N	$\overline{X}$	ss	*p*	*U*
Ön test	14	67.07	6.83	3	69.67	5.51	.528	16
Son test	14	76.79	3.56	3	80	0	.102	9

p<0.05 anlamlı bir farklılık vardır.

Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları etkinliğine katılan fen bilimleri öğretmenlerinin eğitim durumları lisans (*n*=14) ve lisansüstü (*n*=3, yüksek lisans) düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıkları, eğitim durumları bakımından incelenmiştir. Tablo 20'ye göre etkinlikler öncesinde ve sonrasında lisansüstü eğitim derecesine sahip fen bilimleri öğretmenlerinin lisans derecesine sahip fen bilimleri öğretmenlerine göre daha yüksek ortalama puana sahip oldukları görülmektedir (Ön test lisans $\bar{x}$=67.07, lisansüstü $\bar{x}$=69.67; son test lisans $\bar{x}$=76.79, lisansüstü $\bar{x}$=80). Lisansüstü eğitim derecesine sahip fen bilimleri öğretmenlerinin daha fazla biyoteknoloji farkındalığına sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca eğitim durumları bakımından etki büyüklüğünün incelenmesi sonucunda, Cohen's *d* değeri ön testte (0.55) ve son testte (0.59) ortalamalar arasındaki farkın etki değerinin orta (>0.5) olduğunu göstermektedir. Bu sebeple H04 hipotezi reddedilmiş, Ha4 hipotezi kabul edilmiştir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarının etkinlik öncesinde ve sonrasında Biyoteknoloji Farkındalık Anketi toplam puan ortalamalarının mesleki deneyim süreleri bakımından, Kruskal- Wallis testi ile karşılaştırılmasına ilişkin bulgular Tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 23

Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Puanlarının Mesleki Deneyim Sürelerine göre Kruskal Wallis Testi Sonuçları

	Mesleki deneyim süreleri	N	Sıra ort.	ss	χ^2	*p*
Ön test	5 yıl ve altı	2	4	3	2.69	.442
	5-10 yıl	6	8.92			
	11-20 yıl	6	10.75			
	21 yıl ve üstü	3	9			
Son test	5 yıl ve altı	2	7.5	3	0.406	.939
	5-10 yıl	6	8.67			
	11-20 yıl	6	9.33			
	21 yıl ve üstü	3	10			

$p<0.05$ anlamlı bir farklılık vardır.

Tablo 23'te verilen analiz sonuçlarına göre, Biyoteknoloji Eğitim Uygulamlarına katılan fen bilimleri öğretmenlerinin mesleki deneyim süreleri 2 yıl ile 36 yıl arasında değişmektedir. Fen bilimlerinin biyoteknoloji farkındalıkları mesleki deneyim değişkeni bakımından değerlendirildiğinde anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir (Ön test x^2 (ss=3, n=17)= 2.69, p>0.05 ve son test x^2 (ss=3, n=17)=0.406, p>0.05). Ancak fen bilimleri öğretmenlerinin ortalama toplam puanlarının etkinlikler öncesinde ve sonrasında 11-20 yıl mesleki deneyime sahip olan fen bilimleri öğretmenlerinin ortalama toplam puanlarının ($\bar{x}_{ön\ test}$=69.71, $\bar{x}_{son\ test}$=78.14), diğer 5 yıl ve altı ($\bar{x}_{ön\ test}$=61, $\bar{x}_{son\ test}$=76), 5-10 yıl ($\bar{x}_{ön\ test}$=67.83, $\bar{x}_{son\ test}$=77), 21 yıl ve üstü ($\bar{x}_{ön\ test}$=65.50, $\bar{x}_{son\ test}$=77) mesleki deneyime sahip olan fen bilimleri öğretmenlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ön test ve son test puanları incelendiğinde en fazla puan artışının beş yıl ve altı grubu öğretmenlerin sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda etkinliklerin bu grup üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Bu sebeple H05 hipotezi reddedilmiş, Ha5 hipotezi kabul edilmiştir.

BÖLÜM V

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada biyoteknoloji konusunun somutlaştırılması, fen bilimleri öğretmenlerine laboratuvarda bilim insanlarının kullandığı teknolojilerle çalışma fırsatı verilerek aynı zamanda yenilikçi öğrenme yaklaşımlarının kullanımı ile öğretimin niteliğinin arttırılması hedeflenmiştir. Bu araştırma kapsamında yenilikçi öğretim yaklaşımlarının, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarına etkisi incelenmiştir.

5.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Araştırmanın birinci alt probleminde "Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıkları nedir?" sorusuna yanıt aranmıştır. Bu amaçla ilk olarak fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji hakkındaki bilgi ve farkındalıkları, Biyoteknoloji Farkındalık Anketi ve Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları kullanılarak incelenmiştir. Biyoteknoloji Farkındalık Anketindeki açık uçlu sorular incelendiğinde fen bilimleri öğretmenlerinin, biyoteknolojiyi; teknoloji, biyomühendislik uygulamaları ve ürün üretimi olarak tanımlamışlardır. Biyoteknoloji uygulamaları olarak; tarımsal, medikal, endüstri, adli uygulamalar ve klasik biyoteknoloji alanlarından haberdar oldukları görülmektedir. Benzer olarak Acarlı (2016), biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji kavramını nasıl yapılandırdıklarını incelediği çalışmasında, biyoteknolojiyi tanımlarken teknoloji, teknik, yenilik, gelişim ve tedavi temalarına vurgu yaptıklarını, biyoteknolojinin uygulamaları ile ilgili ise GDO, hastalıkların iyileştirilmesi, yoğurt-peynir-süt yapımı vb. temalarını kullanarak tarımsal, medikal ve endüstri alanlarından haberdar olduklarını bildirmiştir. Biyoteknoloji Farkındalık Anketinin çoktan seçmeli soruları incelendiğinde fen bilimleri öğretmenlerinin ortalama toplam puanlarına ve açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlardan biyoteknolojiye yönelik belli bir farkındalıklarının

olduğu tespit edilmiştir. Bu durum fen bilimleri öğretmenleri biyoteknolojik süreçlere yönelik bilgilerinin olması beklentisini oluşturmaktadır. Ancak temel biyoteknolojik süreçlere ilişkin bilgilerinin değerlendirildiği Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları incelendiğinde ortalama toplam puanlarının düşük olduğu görülmekte ve bu sonuç biyoteknoloji bilgilerinin zayıf olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda biyoteknolojide kullanılan yöntem ve teknikler (DNA izolasyonu, PZR, jel elektroforezi ve biyoenformatik) hakkında kavram yanılgılarına sahip oldukları görülmektedir. Örneğin bazı fen bilimleri öğretmenleri biyoteknolojiyi "*Farmakoloji ve biyokimya (K2)*", DNA izolasyonunu "*DNA'nın parçalara ayrılması (K11)*" olarak tanımlamış, DNA izolasyonun aşamalarını *"Profaz, metafaz, anafaz, telofaz (K16)"* şeklinde belirtmişlerdir. Sonuç olarak anket ve değerlendirme soruları sonuçlarına göre fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji konusuna ilişkin bilgi ve farkındalıklarının sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Bulgular literatürdeki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Jiménez-Salas vd. (2017), öğretmenlerin (*n*=362) biyoteknoloji bilgi ve GDO'lu ürün tüketimine yönelik tutumlarını araştırdıkları çalışmalarında, öğretmenlerin biyoteknoloji bilgi seviyelerinin düşük olduğunu bildirmişlerdir. Yılmaz ve Öğretmen (2014), 135 biyoloji öğretmen adayının gen teknolojilerine yönelik bilgi düzeylerini ve kaynaklarını belirlemek amacıyla iki açık uçlu soru yöneltmişlerdir (Gen teknolojisini genel olarak ne kadar biliyorsunuz? ve Gen teknolojisi konuları hakkında aşağıdaki bilgi kaynaklarından hangi sıklıkla yararlanıyorsunuz?) ve gen teknolojilerine yönelik düşük bilgi seviyesine sahip oldukları, bu durumun da gen teknoloji ile ilgili yeterli ders almamış olmaktan kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir. Üniversite öğrencileri ile yapılan başka bir çalışmada da öğrencilerin biyoteknoloji hakkında yetersiz bilgiye sahip olduğu bildirilmiştir (Öztürk-Akar, 2017).

Fen bilimleri öğretmenleri ile 13 saat süren uygulama sonrasında uygulanan Biyoteknoloji Farkındalık Anketi ve Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları sonuçları incelenmiştir. Gerçekleştirilen biyoteknoloji etkinlikleri fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalığında orta büyüklükte etkiye sahipken, biyoteknoloji bilgilerinde büyük etki büyüklüğü göstermektedirler. Benzer olarak, Çimen (2015), laboratuvarda biyoteknoloji konuları ile ilgili gerçekleştirilen deneyler sonucunda öğretmenlerin biyoteknoloji bilgilerinde bir artış olduğunu rapor etmiştir.

Çalışmamızda biyoteknoloji konusunun yenilikçi öğrenme yaklaşımları ile birlikte uygulanmasının aynı zamanda fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknolojide kullanılan

yöntem-teknik bilgisini de artırdığı tespit edilmiştir. Etkinlik sürecinin başlarında fen bilimleri öğretmenlerinin çoğunluğunun, malzeme ve ekipmanlarla ilk defa karşılaşmalarından dolayı malzemelerin kullanımında sıkıntı yaşadıklarını laboratuvar öz değerlendirme formlarında belirtmişlerdir. Laboratuvar öz değerlendirme formundaki etkinlikte karşılaştıkları problemlerin neden kaynaklandığı sorusuna; *"Bazı ekipmanları ilk kez gördüm. Adlarını ve işlevlerini süreç içerisinde kavradım (K8)"*, *"Laboratuvar malzemelerin adları çok karşılaştığım maddeler olmadığı için (K13)"* gibi cevap vermelerinden anlaşılmaktadır. Ancak etkinlikler ilerledikçe laboratuvar deneyimlerinin artması, teknik beceriler ve bilimsel yöntem bilgisinin artmasını sağlamıştır. Öğretmenler genel olarak tüm etkinliklerde kendilerini başarılı bulduklarını bildirmişlerdir. Etkinlik bazında değerlendirildiğinde ise fen bilimleri öğretmenlerinin en çok problem yaşadıkları etkinliğin Biyoenformatik-Filogenetik Tahmin olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin ise *"Yabancı sitelere, kelimeleri İngilizceleri ile girmek gerekiyordu. Zorlandım (K4)"*, *"Kullanılan veri tabanlarının yabancı dil oluşu (K12)"* ifadeleri ile kullanılan veri tabanı ve sitelerin yabancı kaynaklı olmasından dolayı yabancı dilde sorun yaşadıkları belirtmişlerdir. Alan yazındaki uygulamalı etkinliklerin öğrencilerin konu alan bilgisini ve teknik becerilerini olumlu yönde etkileyen çalışmalar, araştırma bulgularını desteklemektedir. Benzer olarak DNA analiz yöntemlerini ve rekombinant DNA klonlama tekniklerini temel alan lisansüstü keşif temelli laboratuvar dersi ile öğrencilerin kullanılan teknikler hakkında derinlemesine bilgi sağladığı belirtilmiştir (de Lencastre, Thomas Torello ve Keller, 2017). Biyoteknoloji konularını kapsayan DNA teknolojilerinin kullanıldığı çalışmalarda konuya yönelik bilgilerinin yanı sıra teknik becerilerinin geliştiği bildirilmiştir (Fernando vd., 2016; Orhan, 2014). Yisau, vd. (2017), beş gün süren yoğunlaştırılmış moleküler biyoloji eğitim çalıştayında katılımcıların moleküler biyolojide bilgi ve becerilerini önemli derecede artırdığını bildirmişlerdir.

5.2. İkinci Alt probleme İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Araştırmanın ikinci alt probleminde "Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimleri ve teknik becerileri nasıldır?" sorusuna yanıt aranmıştır. Biyoteknoloji eğitim uygulamalarında her bir etkinlik yenilikçi öğrenme yaklaşımı (araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme, problem tabanlı öğrenme, proje tabanlı öğrenme, argümantasyon tabanlı öğrenme, disiplinlerarası- web tabanlı öğrenme) ile ele alınmıştır.

Bu sebeple etkinlikler birden fazla bilimsel süreç ve yaşam becerileri ile laboratuvar yöntem ve teknik bilgisi de içermektedir. Çalışma yapraklarının değerlendirilmesi sonucunda laboratuvar deneyimleri; hazırbulunuşluk, araştırma tasarımı, laboratuvar uygulaması ve değerlendirme kategorileri altında toplanmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimlerinin kategorik olarak (gelişmiş, yeterli, kısmen yeterli ve yetersiz) incelenmesi sonucunda %45 ve üzerinin gelişmiş seviyede oldukları tespit edilmiştir. Etkinlikler kapsamında en çok laboratuvar uygulaması kategorsinde zorlandıkları gözlemlenmiştir. Ancak fen bilimleri öğretmenlerinin ilk defa karşılaştıkları araç ve ekipmanlar ile çalışarak %47'sinin gelişmiş seviyede olması etkinliklerin olumlu bir sonucu olarak yorumlanabilir. Fen bilimleri öğretmenlerinin en başarılı oldukları laboratuvar deneyimi ise araştırma tasarımıdır. Benzer olarak Lencastre, Torello ve Keller (2017), lisansüstü düzeyde gerçekleştirilen moleküler biyoloji dersi kapsamında öğrencilerin keşif tabanlı araştırma projeleri tasarlamalarını, interaktif ve uyglamalı araştırmalarla sürece aktif katılımlarını sağlamışlardır. Dersin bu şekilde işlenmesinin hem araştırma teknikleri hem de konu hakkında derinlemesine bilgi edinme konusunda olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir.

Fen bilimleri öğretmenleri Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları sırasında, daha önce karşılaşmadıkları veya kullanmadıkları birçok cihaz ve ekipman ile deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca etkinliklerde kullanılan yaklaşımların fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarını artırmada olumlu etkisinin yanı sıra öğretim ortamlarını da zenginleştirdiği düşünülmektedir. Trapani ve Clarke (2012), ise biyoteknoloji konuları ile ilgili tasarladığı laboratuvar dersi sayesinde lisans öğrencilerinin fen bilimlerinde yaygın olarak kullanılan deneysel teknikler, pratik beceri ve yetkinliklerin geliştirilmesine olumlu yönde katkı sağladığını bildirmişlerdir. Ayrıca fen bilimlerinde çeşitli modern araç ve ekipmanların kullanımının öğrencilerin hem alan bilgisi hem de laboratuvar yöntemlerini kullanmalarına fırsat sağladığı belirtilmiştir (Erasmus, Brewer ve Cinel, 2015).

Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları kapsamında ilk olarak uygulanan etkinlik "Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş" etkinliği, araştırma-sorgulama öğrenme yaklaşımına göre tasarlanmış olup, fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji laboratuvarında kullanılan bazı araç ve yöntemlerin tanıtılması sağlanmıştır. Bu etkinlik ile fen bilimleri öğretmenleri hipotez oluşturma, değişkenleri belirleme, deney yapma, verileri düzenleme ve sonuçları yorumlama gibi becerilerde yeterli düzeye ulaşmışlardır.

Araştırma-sorgulamaya dayalı tasarlanan biyoteknoloji konuları ile ilgili uygulamalı etkinliklerin öğrencilerin kavram bilgisini artırdığı (Treadway, 2016), soru sorma, problem çözme, sonuç çıkarma becerilerini (Ketpichainarong, Panijpan ve Ruenwongsa, 2010), akademik başarı ve bilimsel süreç becerilerini geliştirdiği (Kırıktaş, 2014) tespit edilmiştir. Resendes (2015), bilimsel okuryazarlığı sorgulamaya dayalı araştırmalar entegre etmenin öğrencilerin bilimsel yöntemi uygulama becerilerini geliştirmede faydalı olduğunu bildirmiştir. Smit, Heath ve Walter (2014), araştırma-sorgulamaya dayalı genetik laboratuvarı etkinliğinin lisans öğrencilerinin laboratuvar teknik ve kavramsal öğrenmelerini artırdığını bildirmiştir.

"Genomik DNA İzolasyonu" etkinliği proje tabanlı olarak tasarlanmış olup, fen bilimleri öğretmenleri, grup arkadaşları ile birlikte proje şablonunu kullanarak bakterilerde DNA izolasyonunun kullanımı içeren biyoteknoloji projeleri geliştirmişlerdir. Bu projeler ile gruplar bakterilerin sebep olduğu hastalıklara tedavi geliştirmek, yeni bakteri türleri keşfetmek, gıdaların bozulmasına sebep olan bakteri türlerini tanımlamak gibi güncel konulara biyoteknoloji ile çözüm getirmeye çalışmışlardır. Daha sonra sınıf arkadaşlarına projelerini sunmuşlardır. Bu etkinlik ile hem DNA izolasyonun teknik bilgisine hem de biyoteknolojik uygulamalarda bu tekniğin nerelerde kullanılabileceğine ilişkin farkındalıkları arttırılmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerinin proje tabanlı öğrenme bileşenlerinin çoğunda yeterli ve kısmen yeterli seviyede oldukları görülmüştür. Özellikle motivasyon ve deneylere ilişkin genel çerçeveyi oluşturmada yeterli seviyede olmaları, proje konularını günlük hayatla ilişkilendirerek, kendi ilgileri doğrultusunda seçmelerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca fen bilimleri öğretmenleri *"DNA izolasyonunu gerçekleştirmede başarılıydım (K11)"* gibi ifadeler kullanmalarından dolayı, laboratuvar yeterlikliklerinin de arttığı söylenebilir. Nguyen ve Siegel (2015), gerçek yaşamdaki biyoteknoloji uygulamalarını içeren proje tabanlı etkinliklerin biyoteknoloji algılarını artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin bir topluluğun ihtiyaçlarına göre bir eylem planı yorumlama ve uygulama becerilerinin ve bu eylemlere yönelik tutumlarının olumlu yönde geliştiğini rapor etmişlerdir. Martins ve Martel (2013), lisans öğrencileri ile yenilikçi laboratuvar araştırma projeleri geliştirmişlerdir. Öğrenciler takım arkadaşları ile birlikte laboratuvar tekniklerinin ve bilimsel düşünme ve yazma süreçlerinden geçerek 10 haftalık çalışmalarını tamamlamışlardır. Bu şekilde öğrencilerin deneysel veri analizi, bilimsel tartışma yapmaları ve birlikte çalışmalarının başarılarına olumlu yönde katkı sağldığı

bildirilmiştir. Benzer olarak Kavacık, Yanpar Yelken ve Süreli (2015), yenilikçi projeler oluşturmanın öğrencilerin başarılarına ve akademik benliklerine olumlu katkısı olduğunu tespit etmiştir. Shet, vd. (2017), lisansüstü öğrencileri ile gerçekleştirdiği mini proje uygulamaları ile öğrencilerin laboratuvar uygulamaları ve standart yöntemlerle kalmalarının onların temel beceriler seviyesinde gelişmelerini sağladığını belirtmiştir. Bu tür projelerin öğrencilerin kariyerlerini olumlu yönde etkileyeceğini bildirmiştir. Berchiolli, Movahedzadeh ve Cherif (2018) ise proje tabanlı biyoloji laboratuvar dersinin öğrencilerin başarılarını artırmada geleneksel yönteme alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

"Polimeraz Zincir Reaksiyonu" etkinliği probleme dayalı olarak tasarlanmıştır. Fen bilimleri öğretmenleri bu etkinlik ile genom projesi ve bu proje kapsamında gen haritası, gen dizilimi gibi kavramları öğrenirken, "Sağlıklı bir insanın gen dizilimini bilirsek hastalıklı bir insanın hastalığının nedenini bulabilir miyiz?" problemine çözüm geliştirmişlerdir. Bu etkinlikte hem Web ortamını kullanarak hem de laboratuvarda yaptıkları çalışmalar ile problem çözme sürecine bizzat dahil olmuşlardır. Bu etkinliğin fen bilimleri öğretmenlerinin problem çözme becerilerine olumlu yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Benzer olarak Casla ve Zubiaga (2010), biyoteknolojinin bir uygulaması olan babalık testi konusu üzerine probleme dayalı olarak tasarlanan etkinliğin öğrenme sürecini olumlu yönde geliştirdiği bildirilmiştir. Çalışma "Terkedilmiş çocuğun ebeveynleri kimlerdir?" problemi ile başlamıştır. Öğrenciler problemin çözümü için araştırmayı gerçekleştirmişlerdir. Probleme dayalı yaklaşımın benimsendiği bu laboratuvar etkinliği hem bireysel hem de grup çalışmasını kullanarak hem sınıf içi hem de sınıf dışı etkinliklerle kombine edilerek öğretim güçlendirdiği rapor edilmiştir. Reynolds ve Hancock (2010), probleme dayalı öğrenme yaklaşımının lisans öğrencilerini başarı, problem çözme ve tutumlarını olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin probleme dayalı öğrenme yaklaşımının bileşenlerinde genellikle yeterli seviyede oldukları görülmüştür. Ancak öğretmenlerin problemi tanımlama kategorisinde sıkıntı yaşadıkları söylenebilir. Ayrıca fen bilimleri öğretmenleri, *"Mikropipet kullanma, santrifüj ve vorteks ekipmanlarını kullanmada başarılıydım (K14)."* gibi ifadelerle teknik becelerinin de geliştiği görülmüştür. Tatner ve Tierney (2016) ise biyoteknoloji konuları ile ilgili geliştirilen problem tabanlı laboratuvar etkinliklerinin problem çözme ve laboratuvar teknik becerilerini geliştirdiğini bildirmişlerdir. Steck, DiBiase, Wang ve Boukhtiarov (2012), disiplinlerarası konularda (inşaat mühendisliği ve biyoloji) lisans ve

yüksek lisans öğrencilerinin probleme dayalı öğrenme senaryoları ile problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerinde önemli değişiklikler yaptığını tespit etmiştir.

"Suçlu kim?" etkinliği argümantasyona dayalı olarak tasarlanmıştır. Adli bilimlerin konu edinildiği bu etkinlikte, fen bilimleri öğretmenleri bir cinayette suçluyu tespit etmek amacıyla argümanlar oluşturmuşlardır. İddia, veri, gerekçe ve kanıtlarını biyoteknolojik yöntemleri kullanarak destekleyip/çürüterek sonuca varmışlardır. Bu etkinliğin, fen bilimleri öğretmenlerinin argümantasyon becerilerine katkı yaptığı tespit edilmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin argümantasyon tabanlı öğrenme bileşenlerinden olan iddia geliştirme, bu iddiaları uygun verilerle destekleme ve destekleyici/çürütücü kanıtlar sunmada sorun yaşamadıkları görülmüştür. Ancak deneysel işlem kategorisinde zorlanmışlardır. Ancak Laboratuvar öz değerlendirme formlarında ise en çok deneysel tekniklerde kendilerini başarılı bulduklarını belirtmişlerdir. Örneğin *"Elektroforez kullanımı, jelin UV-Transimülatöre yerleştirilmesi, DNA'ların karşılaştırılmasında başarılıydım (K10)."* gibi ifadeler kullanmışlardır. Erkol, Kışoğlu ve Gül (2017), çalışmalarında argümantasyona dayalı öğrenme rapor formatında laboratuvara hazırlık, laboratuvara giriş, deneysel çalışma, iddia ve gerekçe oluşturma ve kendini değerlendirme aşamalarının bulunması gerektiğini bildirmişlerdir. Bu tür rapor formatının kullanılmasının öğretmen adaylarının başarılarını artırdığını bildirilmişlerdir. Biyoteknolojinin bir uygulama alanı olan adli tıp konulu etkinlik ile fen bilimleri öğretmenleri gerçek yaşamda bu sürecin nasıl geliştiğine dair bilgi edinmeleri sağlanmıştır. Dawson ve Venville (2009), biyoteknolojide sosyo-bilimsel konuların öğretiminde argümantasyon yönteminin kullanılmasının, öğrencilerin bilimsel okuryazarlıklarını ve argüman geliştirme yeteneklerini olumlu yönde geliştirdiğini bildirmişlerdir. Aslan (2016), argümantasyona dayalı laboratuvar uygulamalarının öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini geliştirdiğini tespit etmiştir. Erkol, Kışoğlu ve Gül (2017) yaptıkları çalışmalarında argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımına uygun laboatuvar raporları hazırlamanın öğretmen adaylarının başarılarını artırdığını bildirmiştir. Bu laboratuvar raporu; laboratuvara hazırlık, laboratuvara giriş, deneysel çalışma, iddia ve gerekçe oluşturma, kendini değerlendirme aşamalarını içermektedir. "Suçlu kim?" etkinliği de benzer aşamaları içermektedir. Johnson (2017), ise moleküler biyolojide argümanların kullanımının lisans öğrencilerinin bilimsel ve eleştirel muhakeme yeteneklerini geliştirmesi ve aktif öğrenmeyi sağlayarak alan bilgisini artırması bakımıdan uygulanmasını önermiştir. "Suçlu kim?" etkinliği aynı zamanda adli

biyoteknoloji konularını da içermesi bakımında fen bilimleri öğretmenleri tarafından ilgi ve merakla gerçekleştirilmiştir. Alan yazında, adli biyoteknoloji uygumalarının bu şekilde fen derslerine entegre edilerek uygulanmasının faydalarına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. Adli biyoteknoloji uygulamalarını temel alan adli tıp tabanlı laboratuvar uygulamalarında yer alan üniversite öğrencileri, elde ettikleri veriler ile olası kanıtları yorumlamayı öğrenmişlerdir (Smit, Heath ve Walter, 2014). Bir başka çalışmada ise olay yeri inceleme laboratuvarının uygulanmasında üniversite öğrencileri verilerin toplanmasının, verilerin yorumlanması ve laboratuvar teknikleri üzerine çok başarılı olduğu belirtilmiştir. Bu uygulama ile öğrencilere sadece moleküler biyoloji tekniklerinin kapsamlı bir şekilde tanıtılması değil aynı zamanda öğrencilerin bilimsel araştırmaları güncel medya olaylarına bağlanmasında ve moleküler biyolojide potansiyel kariyer fırsatına bir bakış açısı sağladığı bildirilmiştir (Lounsbury, 2003). Ayrıca adli bilim laboratuvarına yönelik geliştirilen modülün kullanımı gerçek yasa uygulayıcıları tarafından kullanılan materyal ve yöntemleri kullanmaya olanak sağladığı ve hem adli bilimler hem de eğitim alanlarının gelişmesi için geleneksel fen öğretim müfredatında laboratuvarlar için kullanılabileceği önerilmiştir (McNamara-Schroeder, vd., 2006).

"Biyoenformatik-Filogenetik Tahmin" etkinliği disiplinlerarası web tabanlı öğrenme yaklaşımı ile geliştirilmiştir ve fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarını artırmanın yanı sıra biyolojik verileri bilgisayar biliminden faydalanarak yorumlamayı öğrenmişlerdir. Fen bilimleri öğretmenlerinin disiplinlerarası web tabanlı öğrenme bileşenlerinin tümünde yeterli seviyede olduğu görülmüştür. Bu durum, "Biyoenformatik: Filogenetik tahmin" etkinliğinin Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları kapsamında en son uygulanan etkinlik olmasından dolayı, fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar deneyimleri de en iyi seviyededir. Ayrıca fen bilimleri öğretmenlerinin merak ettikleri hastalıkların genetik temeline ilişkin filogenetik ağaçlar oluşturmaları ve bu kapsamda bilgisayar ve çeşitli uluslararası veri tabanlarını kullanmalarının hem konuya yönelik bilgilerini hem de biyoenformatik becerilerini geliştirdiği görülmüştür. Laboratuvar deneyimlerine yansımasa da fen bilimleri öğretmenlerinin bu etkinliğe ilişkin sorunları yabancı dil eksikliği ve çevresel koşullardan (internet bağlantısında aksaklıkların olması) kaynaklanmaktadır. *"Genetik hastalıkların soyağacını çıkarma kısmında başarılıydım (K16)"* gibi ifadelerden kendilerini biyoenformatik beceriler bakımından yeterli gördüklerini belirtmişlerdir. Langheinrich ve Bogner (2015) çalışmalarında bilgisayar destekli öğrenme modüllerinin DNA'nın yapısı ile ilgili

kavramsal anlamalarını artırdığını bildirmişlerdir. Web tabanlı biyoenformatik modülünün sadece biyoenformatik bilgisi sağlamadığı aynı zamanda spesifik bilgi ve becerileri geliştirdiği bildirilmiştir (Vincent vd., 2018). Brown (2016), lisans öğrencilerini pratik biyoenformatik becerilerin ve sürece yönelik bilgilerini artırmak amacıyla geliştirdikleri modülün, öğrencilere akademide bilgi ve uygulama gerektiren toplu veri tabanları ve yazılım paketleri hakkında çalışma bilgisini de sağladığını bildirmiştir. Hotaling, Slabach ve Weisrock (2017), ise prokaryotik çeşitliliğin belirlenmesinde yeni nesil sekans analizleri ile biyoenformatik bilgisinin entegre edilmesi yoluyla lisans öğrencilerinin genomik ve biyoenformatik bilgilerinin arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca moleküler laboratuvar ekipmanlarını kullanma, bilimsel iletişim ve istatistik becerilerinde de bir artış gözlemlemişlerdir.

Ayrıca biyoteknoloji etkinliklerinde, yenilikçi öğretim yaklaşımları kapsamında sanal laboratuvar (*Polimeraz Zincir Reaksiyonu* etkinliği) ve web tabanlı (*Biyoenformatik-Filogenetik Tahmin* etkinliği) öğretimden yararlanılmıştır. Bu tür soyut kavramları içeren ve pahalı araçlara gereksinim olan durumlarda interaktif ortamları kullanmanın faydalı olduğu görülmüştür. Benzer olarak, Bowling, Zimmer ve Pyatt (2014) ise gelecek nesil sekanslama teknolojilerini konu alan interaktif laboratuvar etkinliğinin öğrencilerin bu teknolojilerin arkasındaki moleküler biyolojiyi kavramalarına yardımcı olduklarını rapor etmişlerdir. Clark ve Mahboobin (2018), lisans öğrencilerinin problem çözmelerini desteklemek için bilgisayar yönergelerinin bulunduğu probleme dayalı bir laboratuvar tasarlamışlardır. Bu tür laboratuvar uygulamalarının öğrenciler için yararlı ve uygulanabilir olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, etkinliklerin öğretmenlerin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarını arttırırken, aynı zamanda biyoteknoloji laboratuvar teknik becerileri ve yenilikçi yaklaşımları kullanma becerilerini geliştirmede etkili olduğu görülmektedir. Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları etkinlikleri birbirini takip eden diziler halinde modül olarak uygulanabileceği gibi, öğretilmek istenilen konunun kazanımlarına uygun tek başına da uygulanabilir. Biyoteknoloji eğitimi, sadece ülkemizde değil uluslararası alanda sorun yaşanan konulardan biridir. Bu sebeple bu tür yenilikçi öğretim yaklaşımlarını da sürece dahil ederek biyoteknoloji konusunun öğretilmesinin etkili olacağını sonuçlar göstermektedir. Benzer olarak Santucci vd. (2004), İtalya Eğitim Bakanlığı tarafından desteklenen "Biyoteknoloji Okulda" adlı projesi ile okullarda biyoteknoloji öğretimi için gerekli destek ve materyalleri sağlayarak bilimsel-teknolojik öğretimin geliştirilmesini

amaçlamışlardır. Biyoteknoloji eğitimine yönelik olarak farklı seviyelerin birlikte çalıştığı, çeşitli eğitim sektörlerinin birlikte çalıştığı yenilikçi bir modelin geliştirilmesi ve kullanılmasını önermişlerdir.

Etkinlikler sırasında gözlemler, fen bilimleri öğretmenleri laboatuvar deneyimleri ve teknik becerileri ile ilgili Laboratuvar Öz Değerlendirme Formunda açık uçlu sorulara verdikleri yanıtları doğrular niteliktedir. Fen bilimleri öğretmenleri kullanılan araç-gereç ve laboratuvar tekniklerini ilk kez görmelerine rağmen etkinliklere büyük bir istekle katıldıkları ve etkinlikler ilerledikçe gelişme kaydetleri gözlemlenmiştir. Ayrıca öğretmenler etkinlikler süresince, yüksek motivasyon ve ilgi ile etkinlikleri gerçekleştirmişlerdir. Bu durum fen bilimleri öğretmenlerinin "…. Genelde bu tür etkinliklerde kursiyer öğretmenler bu çalışmayı öğrencilere nasıl aktaracağız, ne işimize yarar gibi şikayetlerle işe başlarlar. Ancak bu etkinlikte böyle bir durum yaşanmadı. Çünkü gerçekten çok zevkliydi.", "Bir fen bilgisi öğretmeni olarak alan bilgime birçok yeni katkı sağladı. Eğlenceli ve öğretici bir etkinlikti." gibi ifadelerinden anlaşılmaktadır. Bunun sebebinin biyoteknolojinin güncel ve dikkat çekici bir konu olması, öğretmenlerin kendilerini bu konuda eksik hissettikleri için konunun öğretimini ilgi ve istekle takip etmişlerdir. Bu doğrultuda mikropipet kullanımı, PZR, elektroforez gibi laboratuvar teknik bilgisi gerektiren becerileri de kazandıkları gözlemlenmiştir. Fen bilimleri öğretmenlerinin etkinlikler boyunca laboratuvar teknik ve araştırma tasarımı becerilerinin geliştiği gözlemlenmiştir. Noroozive Mulder (2016) ise biyoteknoloji eğitimine yönelik geliştirdikleri dijital modülün öğrencilerin motivasyon ve öğrenme durumlarını olumlu yönde etkilediklerini bildirmişlerdir.

5.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Araştırmanın üçüncü alt probleminde "Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarına demografik değişkenlerin (cinsiyet, mesleki deneyim süresi, eğitim durumu) etkisi nasıldır?" soruna yanıt aranmıştır. Demografik değişkenler bakımından incelendiğinde etkinlik öncesinde ve sonrasında fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarının cinsiyet, eğitim durumu ve mesleki deneyimleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Benzer olarak Öcal (2012), araştırmasında fen bilimleri öğretmelerinin biyoteknolojiye yönelik

bilgi düzeylerinin mesleki kıdem, mezun olunan fakülte türü ve bölüm gibi faktörlerden etkilenmediğini bildirmiştir. Benzer şekilde Gürkan (2013) fen bilimleri öğretmen adaylarının biyoteknoloji bilgi düzeylerinin sınıf düzeyine göre değişirken; cinsiyet, mezun olunan okul türü ve ailenin eğitim durumu gibi değişkenlerden etkinlenmediğini bildirmiştir. Ancak bazı çalışmalarda öğretmenlerin bilgi ve tutumlarına bu demografik özelliklerin etkisi olduğuna dair sonuçların rapor edildiği görülmektedir. Bu sebeple, araştırmada fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarına demografik özelliklerin etkisini incelerken toplam puanların karşılaştırılması kullanılmıştır. Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarını belirlemek amacıyla kullanılan Biyoteknoloji Farkındalık Anketinden aldıkların toplam puanların demografik özelliklerden (cinsiyet, eğitim durumu, mesleki deneyim süresi) etkilendiği görülmüştür.

Fen bilimleri öğretmenlerinin cinsiyet bakımından etkinlik öncesinde toplam puanları arasında bir farklılık görülmezken, etkinlik sonrasında erkek fen bilimleri öğretmenlerinin kadınlara göre daha yüksek toplam puana sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda erkek fen bilimleri öğretmenlerin kadınlara göre daha fazla biyoteknoloji farkındalığa sahip olduğu söylenebilir. Benzer olarak Kaya (2015), fen bilimleri öğretmenlerinin temel biyoteknoloji kavramları bilgi seviyesinin cinsiyetten etkilenmediğini ancak erkek öğretmenlerin kadınlardan daha yüksek ortalama puana sahip olduğunu tespit etmiştir. Cebesoy ve Öztekin (2017) ise öğretmenlerin genetik okuryazarlıklarını farklı değişkenler açısından inceledikleri çalışmalarında kadın olmanın genetik okuryazarlık seviyesini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarını etkinliklerin uygulanmasından sonra toplam puanlar bazında farklılaşması, etkinliklerin ve laboratuvar deneyimlerinin erkek ve kadın öğretmenler tarafından anlaşılma düzeyinin de bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Akyıl (2017), biyoloji öğretmenlerinin laboratuvar yeterliliklerinin cinsiyetten etkilendiğini ve kadınlar lehine olduğunu bildirmiştir.

Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçların, öğretmenlerin biyoteknoloji ile ilgili farkındalıklarının cinsiyete göre değişip değişmemesine yönelik farklılık gösterdiği söylenebilir. Gürkan (2013) ve Öcal (2012) fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarının cinsiyet değişkeninden etkilenmesinin bir nedeni olarak örneklemde yer alan grupların sayıca farklı olması ve eşitliğin olmamasını göstermişlerdir. Ancak Biyoteknoloji Eğitim Uygulamalarına katılan fen bilimleri öğretmenlerinin cinsiyetlerine göre sayıca birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Cinsiyetlerine göre biyoteknoloji

farkındalığında farksızlığın nedenini belirlemeye yönelik diğer değişkenler de göz önüne alınarak karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilir.

Fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji farkındalıklarının eğitim durumu bakımından incelendiğinde, etkinlik sonrasında lisansüstü seviyesindeki fen bilimleri öğretmenlerinin lisans seviyesindekilerden daha yüksek puan alarak fazla farkındalığa sahip oldukları söylenebilir. AbuQuamart, Alshannag, Sartawi ve Iratni (2015), çalışmasında üniversite öğrencilerinin biyoteknoloji okuryazarlıklarının eğitim gördükleri bölüm ve akademik başarılarına farkllık gösterdiğini tespit etmiştir. Benzer olarak Kaya (2015) ise fen bilimleri öğretmenlerinin mezun olunan fakülte ve biyoteknoloji konuları ile ilgili bir ders alıp almamasına göre değikenlik gösterdiğini bildirmiştir. Biyoteknoloji soyut kavramlar içeren, dinamik ve gelişen bilimdir. Bu sebeple fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji konularına ilişkin gerek lisans ve lisansüstü gerekse hizmetiçi olarak çeşitli eğitimler alması bu konulara yönelik farkındalıklarını artıracağı düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar da bu durumu desteklemektedir.

Mesleki deneyim sürelerin bakımından incelendiğinde etkinlikler öncesinde ve sonrasında 11-20 yıl deneyime sahip fen bilimleri öğretmenlerinin daha toplam puanlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. En düşük ortalama puana sahip olan öğretmenleri ise 5 yıl ve altı deneyime sahip olanlardır. Bu durum fen bilimleri öğretmenlerinin biyoteknoloji konusunda sınırlı bilgi ile mezun olduklarının bir göstergesi niteliğindedir. Ancak etkinlikler sonrasında da en çok puan artışı bu grupta görülmüştür. Bu durumda etkinliklerin bu grubu biyoteknoloji farkındalıklarına diğerlerinden daha fazla etki ettiği ve bu teknolojiyi daha iyi kullanabildikleri söylenebilir. Ayrıca 11-20 yıl deneyime sahip öğretmenlerin, 21 yıl ve üzeri öğretmenlerden daha yüksek ortalama puana sahip olmasının nedeni ise biyoteknoloji konularının öğretmen yetiştirme programlarında 2007 yılından itibaren yer almaya başlamış (Kaya, 2015) olmasından kaynaklabileceği düşünülmektedir. Benzer olarak biyoteknoloji bilgi ve farkındalıklarının öğretmenlerin mesleki deneyim sürelerine göre değiştiğini rapor eden çalışmalar bulunmaktadır (Casanoves vd., 2015; Kaya, 2015).

5.4. Öneriler

Çalışma sonucundan elde edilen bilgiler ışığında şu önerilere yer verilebilir;

- Biyoteknoloji konusundaki bilgi eksikliği biyoteknoloji konusundaki farkındalığı sınırlamaktadır. Bunun için biyoteknoloji konusu ile ilgili gerek kuramsal gerek deneysel bilgilendirilmeler yapılarak bilgi eksiğinin giderilmesi gerekmektedir.
- Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları etkinliklerinin çalışma grubumuz üzerindeki olumlu etkileri düşünüldüğünde, farklı bölgelerdeki fen bilimleri öğretmenleri ve farklı branşlardaki öğretmenler (sınıf öğretmenleri, teknoloji tasarım öğretmenleri vb.) için üniversite ve MEB işbirliğinde biyoteknoloji konularının öğretimine ilişkin eğitimler, seminerler, atölyeler vb. düzenlenmelidir.
- Mevcut öğretmen eğitim modeli biyoteknoloji konularının öğretiminde sınırlı kalmaktadır. Laboratuvar ve yenilikçi öğretim yaklaşımlarının entegrasyonuna olanak sağlayan etkinliklerin eğitim sürecine dahil edilmesi ve ilgili fen öğretim programlarında yer verilmesi önerilmektedir.
- Biyoteknoloji eğitimine yönelik öğretim etkinlikleri planlanırken yenilikçi öğrenme uygulamalarına yer verilmelidir. Bu kapsamda laboratuvar deneyleri, proje sunumları, güncel haberler, senaryolar, sanal laboratuvarlar, web 0.2 araçlarının kullanımı gibi birey merkezli etkinliklere önem verilmelidir.
- Biyoteknoloji tüm bireylerin hayatlarında karşılaşabilecekleri konuları içermektedir. Biyoteknoloji eğitiminde, bilgi ve farkındalık artırmada biyoteknolojinin güncel konularını ele alan yenilikçi öğretim yaklaşımlarını içeren laboratuvar etkinliklerinin kullanılmasının olumlu etkisi düşünüldüğünde, farklı seviyelerdeki öğrenciler (ilköğretim, lise, üniversite vb.) için öğretim programlarında biyoteknoloji ile ilgili bilişsel, duyuşsal ve psikomotor becerilerinin gelişimiyle ilişkili kazanımlara ve bu kazanımlara yönelik yenilikçi öğretim yaklaşımlarını kapsayan laboratuvar merkezli bu tür etkinliklerin yapılması yararlı olacaktır.
- Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları etkinliklerinin çalışma grubunun biyoteknoloji ile ilgili bilgi ve farkındalık oluşumunda etkili olduğu

düşünüldüğünde, öğretmen yetiştiren eğitim kurumlarında genetik ve biyoteknoloji derslerinde bu tür etkinlikler yapılabilir.

- Laboratuvar öz değerlendirme formları, fen bilimleri öğretmenlerinin kendileriyle ilgili değerlendirmelerde bulunmalarını sağlamıştır. Öğretmenlerin kendileriyle ilgili farkındalıklarının oluşmasında bu tür değerlendirme yaklaşımları kullanılabilir.
- Deney tasarlama ve uygulama, problem çözme, argüman oluşturma, senaryo gibi bilimsel süreç becerileri ve yaşam becerileri etkinlikleri içeren çalışma yaprakları genetik ve biyoteknoloji derslerinde öğrencilerin bilgi, beceri ve farkındalıkların arttırılmasında kullanılabilir.
- Biyoteknoloji konusunun öğretiminde laboratuvarda çeşitli materyal ve ekipmanların kullanılması öğretiminin etkililiğinin ve laboratuvar teknik becerilerinin artırmasının yanı sıra ilgi ve motivasyonları da artırdığı düşünüldüğünde, okulların (ilköğretim, lise, üniversite vb.) bu tür teknolojik materyallerle donatılması, öğrencilerin ve öğretmenlerin bunlara kolayca ulaşımı sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

AbuQamar, S., Alshannag, Q., Sartawi, A., & Iratni, R. (2015). Educational awareness of biotechnology issues among undergraduate students at the united arab emirates university. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *43*(4), 283–293. http://doi.org/10.1002/bmb.20863

Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(2), 105–120. https://doi.org/10.1002/tea.3660290203

Acarlı, D. S. (2016). Determining prospective biology teachers' cognitive structure in terms of "Biotechnology". *Journal of Baltic Science,* 15(4), 494-505. Retrieved from http://www.scientiasocialis.lt/jbse/files/pdf/vol15/494-505.Acarli_JBSE_Vol.15_No.4.pdf

Acar, E. N. (2011). *Proje tabanlı öğrenmenin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine ve biyolojiye yönelik tutumlarına etkisi,* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Çanakkale.

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

Akçay, B. (Ed.). (2017). *Fen bilimleri eğitimi alanındaki öğretme ve öğrenme yaklaşımları*. Ankara: Pegem Akademi

Akçayır, M., Akçayır, G., Pektaş, H. M., & Ocak, M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, *57*, 334-342. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.054

Akıllı, H. İ. (2018). *Fen bilimleri öğretmen ve öğretmen adaylarının "güvenli laboratuvar kullanımı" gerçekleştirme amaçlarının planlanmış davranış teorisiyle belirlenmesi*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Ankara.

Akman, B. ve Tuncer, T. (2012). *Yaşamın şifresi: İnsan genom projesi.* Ankara: ODTÜ Yayıncılık.

Albanese, M. A., & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. *ACADEMIC MEDICINE-PHILADELPHIA-*, *68*, 52-52. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Mark_Albanese/publication/14751207_Problem-based_learning_A_review_of_literature_on_its_outcomes_and_implementation_issues/links/560003a408aeba1d9f844a82/Problem-based-learning-A-review-of-literature-on-its-outcomes-and-implementation-issues.pdf

Anagün, Ş. ve Duban, N. (2014). *Fen bilimleri öğretimi*, Ankara: Anı Yayıncılık

Anderton, B. N. & Ronald, P. C. (2017). Hybrid thematic analysis reveals themes for assessing student understanding of biotechnology, *Journal of Biological Education*, 1-12. doi: 10.1080/00219266.2017.1338599

Aslan, S. (2016). Argümantasyona dayalı laboratuar uygulamaları: Bilimsel süreç becerilerine ve laboratuvar dersine yönelik tutuma etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *31*(4), 762-777. doi: 10.16986/HUJE.2016015700

Astuti, R. N. (2018). Innovative learning model for improving students' argumentation skill and concept understanding on science. In *Journal of Physics: Conference Series (1006)*1, p. 012004. IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1006/1/012004

Attar, A. (2017). Gen terapisi yöntemleri: fiziksel ve kimyasal metotlar. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, *74*(1). doi: 10.5505/TurkHijyen.2016.43255

Ault, J. F., Renfro, B. M., & White, A. K. (2011). Using a molecular-genetic approach to investigate bacterial physiology in a continuous, research-based, semester-long laboratory for undergraduates. *Journal of Microbiology & Biology Education,12,2* doi:10.1128/jmbe.v12i2.326

Aydın, Ş. Z. N. (2018). *Fen bilgisi dersi öğretiminde sanal laboratuvar uygulamasının kullanılması ve değerlendirilmesi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Ayvacı, H. Ş., ve Durmuş, A. (2016). Bir başarı testi geliştirme çalışması: Isı ve sıcaklık başarı testi geçerlik ve güvenirlik araştırması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *35*(1), 87-102. Erişim adresi https://dergipark.org.tr/omuefd/issue/26353/277708

Ayas, A., Çepni, S., ve Akdeniz, A. R. (1994). Fen bilimleri eğitiminde laboratuvarın yeri ve önemi-II. *Çağdaş Eğitim*, *205*, 7-11.

Bahar, M., Nartgün, Z., Durmuş, S., ve Bıçak, B. (2010). *Geleneksel-tamamlayıcı ölçme ve değerlendirme teknikleri*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Balemen, N. (2009). *Biyoloji öğretmen adaylarının nanobiyoteknoloji konularındaki bilgi seviyelerinin belirlenmesi ve nanobiyoteknoloji öğretim yöntem ve seviyelerinin araştırılması*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Ankara.

Barciszewski, J., Ciemerych, M. A., & Twardowski, T. (2018). Novel insights and innovations in biotechnology towards improved quality of life. *New biotechnology*, 49, 58-65. https://doi.org/10.1016/j.nbt.2018.09.001

Barzkar, N., Homaei, A., Hemmati, R., & Patel, S. (2018). Thermostable marine microbial proteases for industrial applications: scopes and risks. *Extremophiles*, 1-12. https://doi.org/10.1007/s00792-018-1009-8

Baykul, Y. (1999). *İstatistik: Metodlar ve uygulamalar.* Ankara: Anı Yayıncılık

Benli Özdemir, E., ve Arık, S. (2017). 2005 yılı fen ve teknoloji dersi ve 2013 yılı fen bilimleri dersi öğretim programlarının öğretmen değerlendirmesi. *Journal of Kirsehir Education Faculty*, *18*(1). Erişim adresi http://kefad.ahievran.edu.tr/InstitutionArchiveFiles/f44778c7-ad4a-e711-80ef-

00224d68272d/d1a3a581-af4a-e711-80ef-00224d68272d/Cilt18Sayi/3bc3ed54-3e35-41a6-8527-61f8e55f3e73_20170628004.pdf

Benskin, J., & Chen, S. (2012). Proteomics in the classroom: an investigative study of proteins in microorganisms. *The American Biology Teacher*, *74*(4), 237–243. doi:10.1525/abt.2012.74.4.6

Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, *58*(3), 978-988. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006

Berchiolli, B., Movahedzadeh, F., & Cherif, A. (2018). Assessing student success in a project-based learning biology course at a community college. *The American Biology Teacher*, *80*(1), 6-10. doi: 10.1525/abt.2018.80.1.6

Bhatia, S. C. (2005). *Textbook of biotechnology*. New Delhi: Atlantic Publishers & Distributors

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (Biltek). (2015). Türkiye biyoteknoloji stratejisi ve eylem planı (2015-2018), Mayıs, 1-68.

Brown, T. A. (2013). *Gen klonlama ve DNA analizi: Giriş*. (çev. Bardakçı, F., Yenidünya, A. F. ve Yılmaz, N.). Ankara: Nobel

Brown, J. A. (2016). Evaluating the effectiveness of a practical inquiry-based learning bioinformatics module on undergraduate student engagement and applied skills. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *44*(3), 304-313. https://doi.org/10.1002/bmb.20954

Borgerding, L. A., Sadler, T. D., & Koroly, M. J. (2012). Teachers' concerns about biotechnology education. *Journal of Science Education and Technology*, *22*(2), 133–147. http://doi.org/10.1007/s10956-012-9382-z

Bowling, B., Zimmer, E., & Pyatt, R. E. (2014). Bringing next-generation sequencing into the classroom through a comparison of molecular biology techniques. *The American Biology Teacher*, *76*(6), 396–401. http://doi.org/10.1525/abt.2014.76.6.7

Bull, T., Alan, Holt, G., ve Lilly, M. (1987). *Biyoteknoloji uluslararası eğilimler ve görüşler*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi

Buluş Kırıkkaya, E., ve Şentürk, M. (2018) Güneş sistemi ve ötesi ünitesinde artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılmasının öğrenci akademik başarısına etkisi, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, *26*(1), 181-188. Erişim adresi https://toad.halileksi.net/sites/default/files/pdf/ebeveynlerin-fene-ve-okul-oncesinde-fen-etkinliklerine-yonelik-gorusleri-olcegi-efofgo-toad.pdf#page=192

Büyüköztürk, Ş. (2011). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Ankara: Pegem Akademi

Cancela, A., Maceiras, R., Sánchez, A., Izquierdo, M., & Urréjola, S. (2016). Use of learning miniprojects in a chemistry laboratory for engineering. *European Journal of Engineering Education*, *41*(1), 23–33. http://doi.org/10.1080/03043797.2015.1012706

Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2010). *Biyoloji*. (çev. Gündüz, E., Demirsoy, Aç ve Türkan, İ). Ankara: Palme Yayıncılık

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. http://doi.org/10.1080/09500693.2015.1116718

Casla, A. V., & Zubiaga, I. S. (2010). Paternity testing in a PBL environment. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *38*(1), 37–42. https://doi.org/10.1002/bmb.20367

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

Chen, Y. (2013). *Learning protein structure with peers in an ar-enhanced learning environment,* (Unpublished doctoral dissertation), Washington Üniversitesi, ABD.

Cherner, T. S., & Fegely, A. (2017). Educational apps in the blended learning classroom: Bringing inquiry-based learning into the mix. *Current Issues in Emerging eLearning*, *4*(1), 1. Retrieved from https://scholarworks.umb.edu/ciee/vol4/iss1/1

Cebesoy, U. B., & Öztekin, C. (2017). Genetics literacy: Insights from science teachers' knowledge, attitude, and teaching perceptions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-22. doi: 10.1007/s10763-017-9840-4

Ciannelli, L., Hunsicker, M., Beaudreau, A., Bailey, K., Crowder, L. B., Finley, C., Webb, C., Reynolds, J., Sagmiller K., Anderies, J. M., Hawthorne, D., Parrish, J., Heppell, S., Conway, F., & Chigbu, P. (2014). Transdisciplinary graduate education in marine resource science and management. *ICES Journal of Marine Science*, *71*(5), 1047-1051. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu067

Clark, R. M., & Mahboobin, A. (2018). Scaffolding to Support Problem-Solving Performance in a Bioengineering Lab—A Case Study. *IEEE Transactions on Education*, *61*(2), 109-118. doi: 10.1109/TE.2017.2755601

Coil, D., Wenderoth, M. P., Cunningham, M., & Dirks, C. (2010). Teaching the process of science: Faculty perceptions and an effective methodology. *CBE-Life Sciences Education*, *9*(4), 524–535. http://doi.org/10.1187/cbe.10-01-0005

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.), New York: Routledge,

Colabroy, K. L. (2011). A writing-intensive, methods-based laboratory course for undergraduates, *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *39* (3), 196-203. doi: 10.1002/bmb.20496

Comrey, A. L., & Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis* (2th Edition), New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale.

Creswell ve Plano Clark (2015). *Karma yöntem araştırmaları.* (Dede, S. B. ve Demir,Y., Çev), Ankara: Anı Yayınları

Çamur, E. (2016). *Biyoloji öğretmen adaylarının biyoteknoloji uygulamalarına yönelik tutumları ile bilimsel epistemolojik inançları arasındaki ilişki*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans tezi), Gazi Üniversitesi, Enstitü adı: Ankara.

Çelik, O., ve Erişen, S. (2010). Ortaöğretim düzeyinde biyoloji dersi kapsamında uygulanan biyoteknoloji programının değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, *26*, 25-39. Erişim adresi http://dergipark.org.tr/omuefd/issue/20284/214996

Çepni, S. (Ed.). (2007). *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi*. Ankara: Pegem Akademi

Çinici, A., Özden, M., Akgün, A., Herdem, K., Deniz, Ş. M., ve Karabiber, H. L. (2014). Kavram karikatürleriyle desteklenmiş argümantasyon temelli uygulamaların etkililiğinin incelenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *7*(18). doi: 10.14520/adyusbd.839

Çimen, S. Y. (2015). *Uygulamalı biyoteknoloji eğitiminin öğretmen ve öğretmen adaylarının biyoteknolojik algıları üzerine etkileri*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fatih Üniversitesi. İstanbul.

Dahlgren, M. A., & Öberg, G. (2001). Questioning to learn and learning to question: Structure and function of problem-based learning scenarios in environmental science education. *Higher Education*, *41*(3), 263-282. Retrieved from https://link.springer.com/content/pdf/10.1023%2FA%3A1004138810465.pdf

Dai, P. & Rudge, D. (2018). Using the discovery of the structure of DNA to illustrate cultural aspects of science. *The American Biology Teacher*, *80*(4), 256-262. doi: 10.1525/abt.2018.80.4.256

Dauer, J. M., Doherty, J. H., Freed, A. L., & Anderson, C. W. (2014). Connections between student explanations and arguments from evidence about plant growth. *CBE-Life Sciences Education*, *13*(3), 397-409. https://doi.org/10.1187/cbe.14-02-0028

Dawson, V., & Schibeci, R. (2003). Western Australian high school students' attitudes towards biotechnology processes. *Journal of Biological Education,* 38(1), 7-12. doi: 10.1080/00219266.2003.9655889

Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school students' informal reasoning and argumentation about biotechnology: An indicator of scientific literacy?. *International Journal of Science Education*, *31*(11), 1421-1445. https://doi.org/10.1080/09500690801992870

Demirci, M., ve Yüce, Z. (2018). Biyoteknoloji ve genetik mühendisliği konusunun öğretiminde 8. sınıf öğrencileri için dersin deneysel planlanması. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (35), 87-108. Erişim aderesi http://dergipark.org.tr/sakaefd/issue/38142/356230

Demircioglu, T., & Ucar, S. (2015). Investigating the effect of argument-driven inquiry in laboratory instruction. *Educational Sciences: Theory and Practice*, *15*(1), 267-283. doi: 10.12738/estp.2015.1.2324

Demirkıran, Z. A. (2016). *Fen bilimleri dersinde araştırma-sorgulamaya dayalı uygulamaların etkileri*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Aydın Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Deniz, G. Ç., Durdu, S., Akar, A. R., ve Özyurda, Ü. (2008). Biotechnology and stem cell research: a glance into the future. *Anadolu Kardiyoloji Dergisi: AKD*, *8*(4), 297. Retrieved from https://search.proquest.com/openview/de14d01c56f2787410a6d5dd105a2f6c/1?cbl=106052&pq-origsite=gscholar

de Lencastre, A., Thomas Torello, A., & Keller, L. C. (2017). An investigative graduate laboratory course for teaching modern DNA techniques. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45 (4), 351-359. https://doi.org/10.1002/bmb.21048

Dimkov, R., Atev, A., Topalova, Y., Alexieva, Z., & Atanasov, A. (2009). University biotechnology as an educational and research space. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, *23*(1), 742-746. https://doi.org/10.1080/13102818.2009.10818530

Dindar, E., Şağban, F. O. T., ve Başkaya, H. S. (2010). Kirlenmiş toprakların biyoremediasyon ile ıslahı. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, *15*(2). Erişim adresi https://dergipark.org.tr/download/article-file/202692

Dizman, A. (2018). K*odlama, robotik, 3D tasarım ve oyun tasarımı eğtiminin 11-14 yaş grubu öğrencilerinin problem çözme becerleri ve üstbilişsel farkındalık düzeyine etkisi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Bahçeşehir Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Doğanay, K. (2018). *Probleme dayalı stem etkinlikleriyle gerçeleştirilen bilim furalarının fen bilimleri derdi akademik başarılarına ve fen tutumlarına etkisi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Kastamonu.

Dunham, T., Wells, J., & White, K. (2002). Biotechnology education: A multiple instructional strategies approach. *Journal of Technology Education*, *14*(1), 65-81. Retrieved from https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/8286/dunham.pdf?sequence=1

Duygu, E. (2018). *Simülasyon tabanlı sorgulayıcı öğrenme ortamında feteem eğitiminin bilimsel süreç becerileri ve feteem farkındalıklarına etkisi*, (Yayımlanmamaış Yüksek Lisans Tezi), Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Kırıkkale.

Easteood, J. L., & Sadler, T. D. (2013). Teachers' implementation of a game-based biotechnology curriculum, *Computers & Education*, 66, 11-24. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.003

Elkins, K. M. (2014). Curriculum and course materials for a forensic DNA biology course. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *42*(1), 15-28. doi: 10.1002/bmb.20749

Ekici, A., Timur, M., ve Bağış, H. (2006). Transgenik canlılar ve akua kültürdeki önemi. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, *23*, 211-214. Erişim adresi http://www.egejfas.org/download/article-file/57705

Ekici, G. (2009). Biyoloji öğretmenlerinin laboratuvar kullanımı öz- yeterlik algılarının incelenmesi, *Ahi Evran Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,10 (3),* 25-35. Erişim adresi http://kefad.ahievran.edu.tr/Kefad/ArchiveIssues/PDF/4669acdf-dc54-e711-80ef-00224d68272d

Erasmus, D. J., Brewer, S. E., & Cinel, B. (2015). Integrating bio-inorganic and analytical chemistry into an undergraduate biochemistry laboratory, *Biochemistry and Molecular Biology Education, 43 (2*), 121- 125. https://doi.org/10.1002/bmb.20865

Erduran, S., Ardaç, D., & Yakmacı-Guzel, B. (2006). Promoting argumentation in pre-service teacher education in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education,* 2(2). http://www.ejmste.com

Erkol, M., Kışoğlu, M., ve Gül, Ş. (2017). Argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımı rapor formatının öğretmen adaylarının başarılarına ve fen bilgisi

laboratuvarına yönelik tutumlarına etkisi. *İlköğretim Online*, *16*(2). doi: 10.17051/ilkonline.2017.304723

Erkoç, Ş. (2011). *Nanobilim ve nanoteknoloji*, Ankara: ODTÜ Yayıncılık

Fakruddin, M., Hossain, Z., & Afroz, H. (2012). Prospects and applications of nanobiotechnology: a medical perspective. *Journal of Nanobiotechnology*, *10*(1), 31. https://doi.org/10.1186/1477-3155-10-31

Fan, X. (2001). Statistical significance and effect size in education research: Two sides of a coin. *Journal of Educational Research*, 94, 275-283. https://doi.org/10.1080/00220670109598763

Fansa, M. (2012). *Araştırmaya dayalı öğrenme yönteminin ilköğretim 5. sınıf öğrencilerinin maddenin değişimi ve tanınması ünitesindeki akademik başarı, fen dersine karşı tutum ve bilimsel süreç becerilerine etkisinin incelenmesi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Mustafa Kemal Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Hatay.

Fernando, J., Carlson, B., LeBard, T., McCarthy, M., Umali, F., Ashton, B., & Rose, F. F. (2016). A laboratory exercise for genotyping two human single nucleotide polymorphisms. *Journal of Biological Education*, *50*(1), 73–85. http://doi.org/10.1080/00219266.2015.1007885

Fiksl, M., Flogie, A., & Aberšek, B. (2017). Innotive teaching/learning methods to improve science, technology and engineering classroom climate and interest. *Journal of Baltic Science Education*, *16*(6). Retrieved from http://www.scientiasocialis.lt/jbse/files/pdf/vol16/1009-1019.Fiksl_JBSE_Vol.16_No.6.pdf

Fonseca, M. J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. *Teaching and Teacher Education*, *28*(3), 368–381. http://doi.org/10.1016/j.tate.2011.11.007

Gardner, G. E., & Troelstrup, A. (2015). Students' attitudes toward gene technology: Deconstructing a construct. *Journal of Science Education and Technology*, *24*(5), 519-531. doi: 10.1007/s10956-014-9542-4

Gartland, K. M., & Gartland, J. S. (2018). Opportunities in biotechnology. *Journal of biotechnology*, *282*, 38-45. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2018.06.303

Gastrow, M., Roberts, B., Reddy, V., & Ismail, S. (2018). Public perceptions of biotechnology in South Africa. *South African Journal of Science*, *114*(1-2), 1-9. http://dx.doi.org/10.17159/sajs.2018/20170276

Gelamdin, R. B., Alias, N., & Attaran, M. (2013). Students' and teachers' perspectives on biotechnology education: A review on publications in selected journals, *Life Science Journal*, *10* (1), 1210-1221. Retrieved from http://www.lifesciencesite.com/lsj/life1001/186_15876life1001_1210_1221.pdf

Gliddon, C. M., & Rosengren, R. J. (2012). A Laboratory course for teaching laboratory techniques, experimental design, statistical analysis, and peer review process to undergraduate science students, *Biochemistry and Molecular Biology Education, 40* (6), 364-371. doi: 10.1002/bmb.20645

Getz, L. J., & Dellaire, G. (2018). Angels and devils: Dilemmas in dual-use biotechnology. *Trends in biotechnology*, *36*(12), 1202-1205. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.07.016

Goh, W. W. B., & Sze, C. C. (2019). AI paradigms for teaching biotechnology. *Trends in Biotechnology*, *37*(1), 1-5. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.09.009

Gronlund, N.E. (1998). *Assessment of student achievement*. Boston: Allyn and Bacon.

Gupta, O. P., & Rani, S. (2010). Bioinformatics applications and tools: An overview. *CiiT-International Journal of Biometrics and bioinformatics*, *3*(3), 107-110. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/O_P_Gupta/publication/264810437_Bioinformatics_Applications_and_Tools_An_Overview/links/545a3f1f0cf26d5090ad84c0/Bioinformatics-Applications-and-Tools-An-Overview.pdf

Guerrero, S., Crites, T., Hovermill, J., & Beaudrie, B. (2018). An innovative STEM education framework for a changing educational landscape. *Journal of Curriculum and Teaching*, *7*(2), 88-97. https://doi.org/10.5430/jct.v7n2p88

Gül, S. (2017). Development of an attitude scale to measure the undergraduate students' attitudes towards nanobiotechnology. *Journal of Science Education and Technology*, *26*(5), 519-533. doi: 10.1007/s10956-017-9696-y

Gülhan, F., ve Şahin, F. (2016). Fen-teknoloji-mühendislik-matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin kavramsal anlamalarına ve mesleklerle ilgili görüşlerine etkisi. *Pegem Atıf İndeksi*, 283-302 http://dx.doi.org/10.14527/9786053183563b2.019

Gültekin, Z. (2009). *Fen eğitiminde proje tabanlı öğrenme uygulamalarını öğrencilerin bilimin doğasıyla ilgili görüşlerine, bilimsel süreç becerilerine ve tutumlarına etkisi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Gültepe, N., & Kilic, Z. (2015). Effect of scientific argumentation on the development of scientific process skills in the context of teaching chemistry. *International Journal of Environmental and Science Education*, *10*(1), 111-132. doi: 10.12973/ijese.2015.234a

Güneş, T. (Ed.). (2016). *Fen bilgisi laboratuvar deneyleri.* Ankara: Anı Yayıncılık

Gürkan, G. (2013). *Fen bilgisi öğretmen adayları ve öğretmenlerinin biyoteknoloji ve genetik mühendisliği bilgi düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından karşılaştırılması*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Malatya.

Hasson, E., & Yarden, A., (2012). Separating the research question from the laboratory techniques: advancing high-school biology teachers' ability to ask research questions, *Journal Of Research In Science Teaching*, *49* (10), 1296-1320. https://doi.org/10.1002/tea.21058

Harms, U. (2002). Biotechnology education in schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, *5*(3), 5-6. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-34582002000300003

Havuz, A. C., ve Karamustafaoğlu, S. (2016). Fen bilgisi öğretmen adaylarının araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme algılarının incelenmesi. *Amasya Üniversitesi Eğitim*

Fakültesi Dergisi, *5*(1), 233-247. http://dergipark.org.tr/amauefd/issue/24319/257708

Hotaling, S., Slabach, B. L., & Weisrock, D. W. (2018). Next-generation teaching: a template for bringing genomic and bioinformatic tools into the classroom. *Journal of Biological Education*, *52*(3), 301-313. https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1357650

Hubler, T., Adams, P., & Scammell, J. (2015). Laboratory activities to support student understanding of the molecular mechanisms of mutation & natural selection. *The American Biology Teacher*, *77*(2), 118-125. doi: 10.1525/abt.2015.77.2.7

Hung, C. L., & Li, F. C. (2017). Teacher perceptions of professional role and innovative teaching at elementary schools in Taiwan. *Educational Research and Reviews*, *12*(21), 1036-1045. doi: 10.5897/ERR2017.3373

Istance, D., & Kools, M. (2013). OECD work on technology and education: innovative learning environments as an integrating framework. *European Journal of Education*, *48*(1), 43–57. http://doi.org/10.1111/ejed.12017

International Technology Education Association/International Technology and Engineering Educators Association (ITEA/ITEEA). (2007). Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology, 3. Baskı, USA: ITEEA: Reston, VA.

Jarrett, K., Williams, M., Horn, S., Radford, D., & Wyss, J. M. (2016). "Sickle cell anemia: tracking down a mutation": an interactive learning laboratory that communicates basic principles of genetics and cellular biology. *Advances in Physiology Education*, *40*(1), 110–115. http://doi.org/10.1152/advan.00143.2015

Jeremy Johnson, R. (2017). Arsenic-based life: An active learning assignment for teaching scientific discourse. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *45*(1), 40-45. doi: 10.1002/bmb.20986

Jiménez-Salas, Z., Campos-Góngora, E., González-Martínez, B. E., Tijerina-Sáenz, A., Escamilla-Méndez, A. D., & Ramírez-López, E. (2017). Basic-education Mexican teachers' knowledge of biotechnology and attitudes about the consumption of genetically modified foods. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *45*(5), 396-402. https://doi.org/10.1002/bmb.21058

Khanlari, A. (2016). Teachers' perceptions of the benefits and the challenges of integrating educational robots into primary/elementary curricula. *European Journal of Engineering Education,* 41:3, 320-330, doi: 10.1080/03043797.2015.1056106

Kalaycı. Ş. (2014). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*, Ankara: Asil Yayın Dağıtım

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*(2), 251-258. doi: 10.1007/s11191-013-9659-5

Kaplan Parsa, M. (2016). *İşbirlikli sorgulamaya dayalı öğrenme ortamının yaratıcı düşünmeye, sorgulayıcı öğrenme becerilerine, fen ve teknoloji dersine yönelik tutuma etkisi*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Karasar, N. (2013), *Bilimsel araştırma yöntemi,* Ankara: Nobel

Karaağaçlı, M., ve Erden, O. (2002). Web tabanlı öğrenme-öğretme ve değerlendirme süreçlerinde teknoloji eğitimi bilgi koluna ilişkin bir uygulama örneği. *Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, *10*(11), 107-125. Erişim adresi https://dergipark.org.tr/download/article-file/296537

Karslı, F. (2011). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini geliştirmesinde ve kavramsal değişim sağlamasında zenginleştirilmiş laboratuvar rehber materyallerinin etkisi*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Trabzon.

Karslı, F., & Ayas, A. (2014). Developing a laboratory activity by using 5E learning model on student learning of factors affecting the reaction rate and improving scientific process skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *143*, 663-668. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.460

Karslı, F., ve Şahin, Ç. (2015). Fen öğretimi laboratuvar uygulamaları I-II. Ankara: Pegem Akademi

Kaşarcı, İ. (2013). *Proje tabanlı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin akademik başarı ve tutumlarına etkisi: bir meta-analiz çalışması*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Osmangazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Eskişehir

Kavacık, L., Yanpar Yelken, T., ve Sürmeli, H. (2015). İlköğretim fen ve teknoloji dersinde inovasyon (yenilikçi) proje uygulamaları ve öğrenciler üzerindeki etkileri. *Eğitim ve Bilim, 40*(180). doi:http://dx.doi.org/10.15390/EB.2015.2613.

Kaya, H., ve Böyük, U. (2011). Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar çalışmalarına yönelik yeterlilikleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(1), 126-134. Erişim adresi http://dergipark.org.tr/erciyesfen/issue/25571/269742

Kaya, H. (2015). *Fen bilgisi öğretmenlerinin gözüyle biyoteknoloji öğretimi*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Adana.

Ketpichainarong, W., Panijpan, B., & Ruenwongsa, P. (2010). Enhanced learning of biotechnology students by an inquiry-based cellulase laboratory. *International Journal of Environmental and Science Education*, *5*(2), 169-187. Erişim adresi https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884417.pdf

Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(9), 898-921. https://doi.org/10.1002/tea.10115

Keskin Geçer, A. (2018). *Fen bilgisi öğretmenlerini laboratuvar uygulamaları ile ilgili yeterlilikleri, tutumları ve karşılaşılan problemler*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Elazığ.

Kim, J. M., Anderson, D., & Scott, S. (2013). Korean elementary school students' perceptions of relationship with marine organisms. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, *14*(2), 1-21. Retrieved from https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v14_issue2_files/kimjm.pdf

Kidman, G. (2009). Attitudes and interests towards biotechnology: the mismatch between students and teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology*, *5*(2), 135-143. Retrieved from https://eprints.qut.edu.au/28904/1/28904.pdf

Klug, W. S., Cummings, M.R. & Spencer, C. A. (2011). *Genetik kavramlar*, (çev. Öner, C., Sümer, S., Öner, R., Öğüş, A. ve Açık, L.). Ankara: Palme Yayıncılık

Koç, A., ve Böyük, U. (2013). Fen ve teknoloji eğitiminde teknoloji tabanlı öğrenme: Robotik uygulamaları. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, *10*(1), 139-155. Erişim adresi https://www.pegem.net/dosyalar/dokuman/138819-20140124113749-9.pdf

Korkmaz, H., ve Kaptan, F. (2001). Fen eğitiminde proje tabanlı öğrenme yaklaşımı. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *20*(20). Erişim adresi https://dergipark.org.tr/download/article-file/87968

Kovarik, D. N., Patterson, D. G., Cohen, C., Sanders, E. A., Peterson, K. A., Porter, S. G., & Chowning, J. T. (2013). Bioinformatics education in high school: implications for promoting science, technology, engineering, and mathematics careers. *CBE—Life Sciences Education*, *12*(3), 441-459. https://doi.org/10.1187/cbe.12-11-0193

Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., ve Çokluk Bökeoğlu, Ö. (2010). *Sosyal bilimler için istatistik*, Ankara: Pegem Akademi Yayınları.

Köse Biber, S. (2014). *Yaratıcılığı geliştirici etkinliklerle desteklenen web tabanlı öğrenmenin öğrencilerin başarı ve yaratıcılığına etkisi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Köseoğlu, F. ve Tümay, H. (2015). *Fen eğitiminde yapılandırıcılık ve yeni öğretim yöntemleri*, Ankara: Palme Yayıncılık

Kurath, G. (2008). Biotechnology and DNA vaccines for aquatic animals. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Épizooties*, *27*(1), 175. Retrieved from http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.327.879&rep=rep1&type=pdf

Langheinrich, J., & Bogner, F. X. (2015). Student conceptions about the DNA structure within a hierarchical organizational level: Improvement by experiment-and computer-based outreach learning. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *43*(6), 393-402. doi: 10.1002/bmb.20888

Lazaros, E., & Embree, C. (2016). A Case for teaching biotechnology. *Technology and Engineering Teacher*, *75*(5), 8-11. Retrieved from https://search.proquest.com/openview/c0b9af5a0c57d6fcab932e5af668955c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=34845

Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2014). Is nature of science going, going, going, gone? *Journal of Science Teacher Education*, *25*(3), 235–238. doi.org/10.1007/s10972-014-9386-z

Leslie G., & Schibeci, R. (2003). What do science teachers think biotechnology is? Does it matter? *Australian Science Teachers' Journal*, *49*(3), 16–21. Retrieved from http://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/6419

Lesmes Celorrio, M., Fernández Gómez-Chacón, G., & González Soltero, M. D. R. (2013). An inquiry-based learning (IBL) approach to molecular biology for biotechnology undergraduate students, *X Jornadas Internacionales de Innıvacion Universitaria* Educar para transformar. Retrieved from https://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/2097/1545.pdf?sequence=1

Lin, T.-C., & Tsai, C.-C. (2016). Innovative technology-assisted science learning in Taiwan. Içinde M.-H. Chiu (Ed.), *Science Education Research and Practices in Taiwan: Challenges and Opportunities* (ss. 189–209). Singapore: Springer Singapore. Erişim adresi: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-287-472-6_10

Lounsbury, K. M. (2003). Crime scene investigation: An exercise in generating and analyzing DNA evidence. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *31*(1), 37-41. Retrieved from https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/bmb.2003.494031010166

Machluf, Y., Gelbart, H., Ben-Dor, S., & Yarden, A. (2016). Making authentic science accessible—the benefits and challenges of integrating bioinformatics into a high-school science curriculum. *Briefings in Bioinformatics*, (18) 1, 145-159. https://doi.org/10.1093/bib/bbv113

Malve, H. (2016). Exploring the ocean for new drug developments: Marine pharmacology. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, *8*(2), 83. doi: 10.4103/0975-7406.171700

Marklin Reynolds, J., & Hancock, D. R. (2010). Problem-based learning in a higher education environmental biotechnology course. *Innovations in Education and Teaching International*, *47*(2), 175-186. https://doi.org/10.1080/14703291003718919

Martin, D. J., Jean-Sigur, R., & Schmidt, E. (2005). Process-oriented inquiry—a constructivist approach to early childhood science education: teaching teachers to do science. *Journal of Elementary Science Education*, *17*(2), 13. https://doi.org/10.1007/BF03174678

Martins, M. J., & Martel, F. (2013). An innovative laboratory research practice supporting an introduction to research methodology in the medical undergraduate curriculum: the students' perspective, *Journal of Contemporary Medical Education*, *1* (1), 3-8. doi: 10.5455/jcme.20121116104951

Mate, K., Riveros, C., Weidenhofer, J., Goldie, B., Scott, J., Moscato, P., Johnstone, D., & Milward, E. (2014). Strategies for enhancing communication between students, academics and researchers participating in large-scale undergraduate research projects, *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, *22*(5), 14-29. Retrieved from https://openjournals.library.sydney.edu.au/index.php/CAL/article/view/8266/8375

McElhinny, T. L., Dougherty, M. J., Bowling, B. V., & Libarkin, J. C. (2014). The status of genetics curriculum in higher education in the United States: goals and assessment. *Science & Education*, *23*(2), 445-464. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9566-1

McKernan, L. N. (2015). Using a simple Escherichia coli growth curve model to teach the scientific method. *The American Biology Teacher*, *77*(5), 357-362. doi: 10.1525/abt.2015.77.5.6

McNamara-Schroeder, K., Olonan, C., Chu, S., Montoya, M. C., Alviri, M., Ginty, S., & Love, J. J. (2006). DNA fingerprint analysis of three short tandem repeat (STR) loci for biochemistry and forensic science laboratory courses. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *34*(5), 378-383. https://doi.org/10.1002/bmb.2006.494034052665

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], (2006). Fen ve Teknoloji Dersi (6., 7., ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı Talim Terbiye Kurulu (TTKB), (http://ttkb.meb.gov.tr/program2.aspx , Erişim Tarihi 31 Mayıs 2013).

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], (2017a). Fen Bilimleri Dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) Öğretim Programı Talim Terbiye Kurulu (TTKB), (http://mufredat.meb.gov.tr, Erişim tarihi 21 Temmu z 2017).

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], (2017b). Fen ve Teknoloji Öğretmeni Özel Alan Yeterlilikleri, (http://otmg.meb.gov.tr/alanfen.html, Erişim Tarihi 4 Mart 2018).

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], (2018a). Fen Bilimleri Dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) Öğretim Programı Talim Terbiye Kurulu (TTKB), (http://mufredat.meb.gov.tr, Erişim tarihi 21 Ocak 2018)

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], (2018b). Ortaöğretim Biyoloji Dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) Öğretim Programı Talim Terbiye Kurulu (TTKB), (http://mufredat.meb.gov.tr, Erişim tarihi 21 Ocak 2018)

Miles, M. B., ve Huberman. A. M. (2015). *Genişletilmiş bir kaynak kitap: Nitel veri analizi.* (Akbaba Altun, S. ve Ersoy, A., Çev.), Ankara: Pegem Yayınları.

Morais, M. G. D., Martins, V. G., Steffens, D., Pranke, P., & da Costa, J. A. V. (2014). Biological applications of nanobiotechnology. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *14*(1), 1007-1017. https://doi.org/10.1166/jnn.2014.8748

Moreland, J., Jones, A., & Cowie, B. (2006). Developing pedagogical content knowledge for the new sciences: the example of biotechnology. *Teaching Education*, *17*(2), 143-155. https://doi.org/10.1080/10476210600680341

Morrison, J. S. (2006).The STEM education monograph series, attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. Baltimore, MD: Teaching Institute for Excellence in STEM. Retrieved from http://www.wytheexcellence.org/media/STEM_Articles.pdf

Movahedzadeh, F., Patwell, R., Rieker, J. E., & Gonzalez, T. (2012). Project-based learning to promote effective learning in biotechnology courses. *Education Research International*, *2012*, 1-8. doi:10.1155/2012/536024

Mueller, A.L., Knobloch, N.A., & Orvis, K.S. (2015). Exploring the effects of active learning on high school students' outcomes and teachers' perceptions of biotechnology and genetics instruction. *Journal of Agricultural Education,* 56(2), 138-152. doi: 10.5032/jae.2015.02138

Mudit, M., & El Sayed, K. A. (2016). Cancer control potential of marine natural product scaffolds through inhibition of tumor cell migration and invasion. *Drug Discovery Today*, *21*(11), 1745-1760. https://doi.org/10.1016/j.drudis.2016.06.032

Murray, B. (2003). Web-based resources for mathematics: Tools and activities for teaching and learning. *CAST: National Center on Accessing the General Curriculum*. Retrieved from https://www.npsri.net/site/handlers/filedownload.ashx?moduleinstanceid=2856&dataid=3010&FileName=Math%20Tools%20and%20Activities%20on%20line.pdf

Musluoğlu, A. (2008). Eğitimde inovasyon, (http://www.egitimtercihi.com/yazar/kayhan-karli/13816-egitimde-inovasyon-yani-egitinovasyon.html, Erişim tarihi: 01.05.2016).

Naldini, L. (2015). Gene therapy returns to centre stage. *Nature*, *526* (7573), 351. doi:10.1038/nature15818

National Research Council [NRC]. (2013). *Next Generation Science Standarts: For States, By States*. Washington, DC: The National Academic Press

Naz, F., & Murad, H. S. (2017). Innovative teaching has a positive impact on the performance of diverse students. *SAGE Open*, *7*(4). https://doi.org/10.1177/2158244017734022

Nguyen, P. D., & Siegel, M. A. (2015). Community action projects: Applying biotechnology in the real world. *The American Biology Teacher*, *77*(4), 241-247. doi: 10.1525/abt.2015.77.4.3

Nichols, K. (2018). Impact of professional learning on teachers' representational strategies and students' cognitive engagement with molecular genetics concepts. *Journal of Biological Education*, *52*(1), 31-46. https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1285800

Noroozi, O., & Mulder, M. (2017). Design and evaluation of a digital module with guided peer feedback for student learning biotechnology and molecular life sciences, attitudinal change, and satisfaction. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *45*(1), 31-39. doi: 10.1002/bmb.20981

Onwurah, I. N. E., Ogugua, V. N., Onyike, N. B., Ochonogor, A. E., & Otitoju, O. F. (2007). Crude oil spills in the environment, effects and some innovative clean-up biotechnologies, *1*(4), 307-320. Retrieved from http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.899.4556&rep=rep1&type=pdf

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2005). A Framework for Biotechnology Statistics, Paris

Orhan, T. Y. (2014). *Laboratuvar etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının DNA teknolojisi ve uygulamaları hakkındaki algılarına ve teknolojiye yönelik tutumlarına etkisi,* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Muğla.

Oyelekan, O. S., Igbokwe, E. F., & Olorundare, A. S. (2017). Science teachers' utilisation of innovative strategies for teaching senior school science in Ilorin, Nigeria. *Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, *5*(2), 49-65. Retrieved from https://mojes.um.edu.my/article/view/12624

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

Öğreten, B., ve Uluçınar-Sağır, Ş. (2014). Argümantasyona dayalı fen öğretiminin etkililiğinin incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, *11*(1), 75-100. Retrieved from http://www.tused.org/internet/tused/ARCHIVE/v11/i1/tusedv11i1s5.pdf

Ören, F. Ş., Ormancı, Ü., Babacan, T., Koparan, S., & Çiçek, T. (2011). Analoji ve araştırmaya dayalı öğrenme yaklaşımı temelli rehber materyal geliştirme çalışması:'Madde ve Değişim'öğrenme alanı. *Kuramsal Eğitim Bilim Dergisi*, *4*(2), 30-64. http://dergipark.org.tr/akukeg/issue/29343/314003

Özahioğlu, B. (2012). *İlköğretim fen ve teknoloji dersinde proje tabanlı öğrenmenin bilimsel süreç becerilerine, başarı ve tutum üzerine etkisi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Çanakkale.

Özden, O., Güner, Y., ve Kızak, V. (2003). Tatlısu balık kültüründe uygulanan bazı biyoteknolojik yöntemler. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, *20*(3-4), 563-574. Retrieved from http://www.egejfas.org/download/article-file/58010

Özdem Yilmaz, Y., Cakiroglu, J., Ertepinar, H., & Erduran, S. (2017). The pedagogy of argumentation in science education: science teachers' instructional practices. *International Journal of Science Education*, *39*(11), 1443-1464. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1336807

Özsoy, S., ve Özsoy, G. (2013). Eğitim araştırmalarında etki büyüklüğü raporlanması. *İlköğretim Online*, *12*(2), 334-346. Erişim adresi http://ilkogretim-online.org.tr/index.php/io/article/view/1404/1260

Öztürk-Akar, E. (2017). Turkish university students' knowledge of biotechnology and attitudes toward biotechnological applications. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45 (2), 115-125 https://doi.org/10.1002/bmb.20996

Patton. M. Q. (2014). *Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri*. (çev. Bütün, M. ve Demir, S. B.). Ankara: Pegem Akademi.

Pedwell, R. K., Fraser, J. A., Wang, J. T., Clegg, J. K., Chartres, J. D., & Rowland, S. L. (2018). The beer and biofuels laboratory: A report on implementing and supporting a large, interdisciplinary, yeast-focused course-based undergraduate research experience. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *46*(3), 213-222. https://doi.org/10.1002/bmb.21111

Pevzner, P. ve Shamir, R. (2014). *Biyologlar için biyoenformatik*. (çev. Kaya, Z.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Prabha, S. (2016). Laboratory experiences for prospective science teachers: A meta-analytic review of issues and concerns. *European Scientific Journal*, 12, 235–250. http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n34p235

Prince, R. C., & Bragg, J. R. (1997). Shoreline bioremediation following the Exxon Valdez oil spill in Alaska. *Bioremediation Journal*, *1*(2), 97-104. https://doi.org/10.1080/10889869709351324

Raju, P. (2016). World history of modern biotechnology and its applications *BioTechnology: An Indian Journal*. *12* (11): 107. Retrieved from https://www.tsijournals.com/articles/world-history-of-modern-biotechnology-and-its-applications.pdf

Resendes, K. K. (2015). Using HeLa cell stress response to introduce first year students to the scientific method, laboratory techniques, primary literature, and scientific writing. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *43*(2), 110-120. doi: 10.1002/bmb.20852

Sadler, T. D., Romine, W. L., Menon, D., Ferdig, R. E., & Annetta, L. (2015). Learning biology through innovative curricula: A comparison of game- and nongame-based approaches. *Science Education*, *99* (4), 696–720. http://doi.org/10.1002/sce.21171

Santucci, A., Mini, R., Ferro, E., Martelli, P., & Trabalzini, L. (2004). Innovative tools for scientific and technological education in Italian secondary schools. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *32*(2), 78-83. Retrieved from https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/bmb.2004.494032020317

Sato, B.K. (2013). Attack of the killer fungus: a hypothesis-driven lab module, *Journal of Microbiology & Biology Education*, *2*, 230-237. doi: 10.1128/jmbe.v14i2.612

Serdyukov, P. (2017). Innovation in education: what works, what doesn't, and what to do about it?. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, *10*(1), 4-33. https://doi.org/10.1108/JRIT-10-2016-0007

Sevgi, Y., & Şahin, F. (2017). The effects of discussion the socio-scientific subject in the newspaper based on argumentation 7th grades students' critical. *Journal of Human Sciences*, *14*(1), 156-170. https://doi.org/10.14687/jhs.v14i1.4289

Shea, N. A., Duncan, R. G., & Stephenson, C. (2015). A tri-part model for genetics literacy: Exploring undergraduate student reasoning about authentic genetics dilemmas. *Research in Science Education*, *45*(4), 485-507. https://doi.org/10.1007/s11165-014-9433-y

Shet, A., Hungund, B., Yaraguppi, D., Tennalli, G., Patil, L., Achappa, S., Desai, S., Muddapur, U., Hombalimath, V., & Bagewadi, Z. (2017). Theme-based mini project implementation for basic skill-set development in biotechnology. *Journal of Engineering Education Transformations*, *30*(4), 73-77. doi: 10.16920/jeet/2017/v30i4/114110

Simonneaux, L., & Chouchane, H. (2011). The reasoned arguments of a group of future biotechnology technicians on a controversial socio-scientific issue: human gene therapy. *Journal of Biological Education*, *45*(3), 150-157. https://doi.org/10.1080/00219266.2011.582878

Sıcaker, A., ve Öz Aydın, S., (2015). Ortaöğretim biyoteknoloji ve gen mühendisliği kavramlarının öğrenciler tarafından değerlendirilmesi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* (*OMÜ Eğt. Fak. Derg.), 34* (2), 54-62. http://dergipark.org.tr/omuefd/issue/20284/214996

Smith, J, E. (2009). *Biotechnology*, New York: Cambridge University Press.

Smit, J., Heath., D. D., & Walter, R. P. (2014). A molecular genetic lab to generate inclusive and exclusive forensic evidence: Two suspects, a victim, and a bloodstained t-shirt. *Biochemistry and Molecular Biology Education, 42*(3), 230-36. doi:10.1002/bmb.20766.

Sohan, D. E., Waliczek, T. M., & Briers, G. E. (2002). Knowledge, attitudes, and perceptions regarding biotechnology among college students. *Journal of Natural Resources and Life Science Education*, 31, 5-11. Retrieved from https://www.agronomy.org/files/jnrlse/issues/2002/e99-20.pdf

Sönmez, E. (2014). *Müfredat dışı biyoteknoloji etkinliklerinin öğrencilerin biyoteknoloji bilgilerine ve bilimin doğası hakkındaki görüşlerine etkisi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Kastamonu.

Sönmez, V. ve Alacapınar, F. G. (2017). *Örneklendirilmiş bilimsel araştırma yöntemleri*, Ankara: Anı Yayıncılık

Steck, T. R., DiBiase, W., Wang, C., & Boukhtiarov, A. (2012). The use of open-ended problem-based learning scenarios in an interdisciplinary biotechnology class: evaluation of a problem-based learning course across three years. *Journal of Microbiology & Biology Education: JMBE*, *13*(1), 2. doi: 10.1128/jmbe.v13i1.389

Steele, F., & Aubusson, P. (2004). The challenge in teaching biotechnology. *Research in Science Education*, *34*(4), 365-387. https://doi.org/10.1007/s11165-004-0842-1

Steury, M. D., Poteracki, J. M., Kelly, K. L., Rennhack, J., & Wehrwein, E. A. (2016). Hypothesis-driven laboratories: an innovative way to foster learning in physiology laboratory courses. *Advances in Physiology Education*, *40*(1), 129–133. http://doi.org/10.1152/advan.00095.2015

Sturgis, P., Cooper, H., & Fife-Schaw, C. (2005). Attitudes to biotechnology: Estimating the opinions of a better-informed public. *New Genetics and Society*, *24*(1), 31-56. https://doi.org/10.1080/14636770500037693

Susantini, E., Lisdiana, L., Al Haq, A. T., & Trimulyono, G. (2017). Designing easy DNA extraction: Teaching creativity through laboratory practice. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *45*(3), 216-225. doi: 10.1002/bmb.21030

Sürmeli, H., & Şahin, F. (2010). Examination of university students' attitudes towards biotechnological studies in terms of faculty and gender variables. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 2(2), 3999-4005. doi:10.1016/j.sbspro.2010.03.630

Şeker, H. ve Gençdoğan, B. (2014). *Psikolojide ve eğitimde ölçme aracı geliştirme*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Şencan, H. (2005). *Sosyal ve davranışsal ölçümlerde güvenirlik ve geçerlik*, Seçkin Yayıncılık: Ankara.

Şimşek, H., Hırça, N., ve Coşkun, S. (2012). İlköğretim fen ve teknoloji öğretmenlerinin öğretim yöntem ve tekniklerini tercih ve uygulama düzeyleri: Şanlıurfa ili örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *9* (18), 249-268. Retrieved from http://dergipark.org.tr/mkusbed/issue/19552/208334

Şimşek, N. ve Çınar, Y. (2013). *Fen ve teknoloji laboratuvar ve uygulamaları*, Ankara: Nobel

Taşkesenligil, Y., Şenocak, E., ve Sözbilir, M. (2008). Probleme dayalı öğrenme teorik temelleri. *Milli Eğitim Dergisi*, *177*, 50-64. Retrieved from http://dhgm.meb.gov.tr/yayimlar/dergiler/Milli_Egitim_Dergisi/177.pdf

Taşkın, Ö. (Ed.). (2008). *Fen ve teknoloji öğretiminde yeni yaklaşımlar,* Pegem Akademi, Ankara.

Tatner, M., & Tierney, A. (2016). An extended, problem-based learning laboratory exercise on the diagnosis of infectious diseases suitable for large level 1 undergraduate biology classes. *Journal of Biological Education*, *50*(1), 54–60. http://doi.org/10.1080/00219266.2014.1002520

Tazebay, U. H., & Erdoğan, M. (2011). Nanobiyoteknoloji insanlığa ne sunacak, *Bilim Teknik*, *(3),* 38-42. Retrieved from http://vizyon21y.com/documan/Genel_Konular/Nanoteknoloji/Nanobiyoteknoloji/Nanobiyoteknoloji_Insanliga_Ne_Sunacak.pdf

Temizkan, G., ve Arda, N. (2008). *Moleküler biyolojide kullanılan yöntemler*, İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri.

Thieman, W. J ve Palladino, M. A, (2013). *Biyoteknolojiye giriş- Üçüncü Baskı*. (Tekeoğlu, M. Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık (Orijinal basım yılı, 2013)

Thurtle-Schmidt, D. M., & Lo, T. W. (2018). Molecular biology at the cutting edge: A review on CRISPR/CAS9 gene editing for undergraduates. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *46*(2), 195-205. https://doi.org/10.1002/bmb.21108

Tibell, L. A., & Rundgren, C. J. (2010). Educational challenges of molecular life science: characteristics and implications for education and research. *CBE—Life Sciences Education*, *9*(1), 25-33. https://doi.org/10.1187/cbe.08-09-0055

Trapani, G., & Clarke, F. (2012). Biotechniques laboratory: An enabling course in the biological sciences. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *40*(1), 29-36. https://doi.org/10.1002/bmb.20573

Treadway, M. N. (2016). *Inquiry-based biotechnology education for kent intermediate school district early college program*, (Unpublished master's thesis), Grand Valley State University, Amerika.

Troupe, G., Peterson, A. M., Golick, D., Turnbull, S., & Lee, D. (2018). Improving genetic engineering secondary education through a classroom-ready online resource. *Journal of Agricultural & Food Information*, *19*(1), 37-54. https://doi.org/10.1080/10496505.2017.1353915

Tsupros, N., Kohler, R. & Hallinen, J. (2009). STEM education: A project to identify the missing components, Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania

Turan, M. ve Koç, I. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknoloji uygulamalarına yönelik tutumları, *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,2* (2), 74-83. Erişim tarihi https://dergipark.org.tr/download/article-file/200382

Turan, İ., Şimşek, Ü., ve Aslan, H. (2015). Eğitim araştırmalarında likert ölçeği ve likert-tipi soruların kullanımı ve analizi, *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (30), 186-203. Erişim tarihi http://dergipark.org.tr/sakaefd/issue/11235/134252

Turgut, M.F., ve Baykul, Y. (2012). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Türk Dil Kurumu (TDK), (2016), Yenileşim. (Erişim Tarihi: 29.05.2016, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.574c73b575a714.01705516)

Türkoğuz, S., ve Çin, M. (2013). Argümantasyona dayalı kavram karikatürü etkinliklerinin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerine etkisi. *Buca Faculty of Education Journal*, (35). Erişim adresi http://dergipark.org.tr/deubefd/issue/25114/265153

Ulusoy, C., & Eryılmaz, S. (2014). Examining pre-service teachers' opinions regarding to augmented reality learning, *GEFAD / GUJGEF*, 34(3), 403-413. doi: 10.17152/gefad.88379

Ünal, A. (2018). *Araştırma- sorgulamaya dayalı ve sosyal ağ destekli kimya laboratuvarı etkinliklerinin fen bilimleri öğretmen adaylarının algı, tutum ve başarıları üzerine etkisi*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Kastamonu.

Ünal, S., Coştu, B., ve Karataş, F. Ö. (2004). Türkiye'de fen bilimleri eğitimi alanındaki program geliştirme çalışmalarına genel bir bakış. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim*

Fakültesi Dergisi, *24*(2). Erişim adresi http://gefad.gazi.edu.tr/article/view/5000078796/5000073014

van Lieshout, E., & Dawson, V. (2016). Knowledge of, and attitudes towards health-related biotechnology applications amongst Australian year 10 high school students. *Journal of Biological Education*, *50*(3), 329-344. https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1117511

Vincent, A. T., Bourbonnais, Y., Brouard, J.-S., Deveau, H., Droit, A., Gagné, S. M., Guertin, M., Lemieux, C., Rathier, L., Charette, S.J., & Lagüe, P. (2018). Implementing a web-based introductory bioinformatics course for non-bioinformaticians that incorporates practical exercises. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *46*(1), 31–38. https://doi.org/10.1002/bmb.21086

Wagoner, S. A., & Carlson, K. A. (2008). DNA fingerprinting in a forensic teaching experiment. *The American Biology Teacher*, *70*(6), e29-e33. https://doi.org/10.1662/0002-7685(2008)70[29:dfiaft]2.0.co;2

Weng, W. Y., Lin, Y. R., & She, H. C. (2017). Scaffolding for argumentation in hypothetical and theoretical biology concepts. *International Journal of Science Education*, *39*(7), 877-897. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1310409

Willbur, J. F., Vail, J. D., Mitchell, L. N., Jakeman, D. L., & Timmons, S. C. (2016). Expression, purification, and characterization of a carbohydrate-active enzyme: A research-inspired methods optimization experiment for the biochemistry laboratory. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *44*(1), 75–85. http://doi.org/10.1002/bmb.20928

Wilder, M., & Shuttleworth, P. (2005). Cell inquiry: A 5E learning cycle lesson. *Science Activities*, *41*(4), 37-43. https://doi.org/10.3200/sats.41.4.37-43

Winterman, B., & Malacinski, G. M. (2015). Teaching evidence-based innovation (EBI) as a transdisciplinary professional skill in an undergraduate biology writing workshop, *International Journal of Arts & Sciences*, *8* (2), 423-439. Erişim adresi https://search.proquest.com/openview/ab698719082bd800b51554fba8c1ab90/1?pq-origsite=gscholar&cbl=626342

Witt, A., Osseweijer, P., & Pierce, R. (2017). Understanding public perceptions of biotechnology through the "Integrative Worldview Framework". *Public Understanding of Science*, *26*(1), 70-88. https://doi.org/10.1177/0963662515592364

Wisch, J. K., Farrell, E., Siegel, M., & Freyermuth, S. (2018). Misconceptions and persistence: resources for targeting student alternative conceptions in biotechnology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *46*(6), 602-611. https://doi.org/10.1002/bmb.21176

Wood, W. B. (2009). Innovations in teaching undergraduate biology and why we need them. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 25, 93-112. https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.24.110707.175306

Yapıcıoğlu, A. E., ve Kaptan, F. (2017). Sosyobilimsel konu temelli öğretim yaklaşımı uygulamalarının etkililiğine yönelik bir karma yöntem çalışması. *EĞİTİM VE BİLİM*, *42*(192). doi: http://dx.doi.org/10.15390/EB.2017.6600

Yıldırım, A., Bardakçı, F., Karataş, M., ve Tanyolaç, B. (Edt.). (2010). *Moleküler biyoloji*, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Yıldırım, B., ve Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, *2*(2), 28-40. Erişim adresi https://www.researchgate.net/profile/Bekir_Yildirim2/publication/277797005_STEM_Egitim_ve_Muhendislik_Uygulamalarinin_Fen_Bilgisi_Laboratuar_Dersindeki_Etkilerinin_Incelenmesi/links/5573f4e408aeacff1ffca638.pdf

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

Yılmaz, Z. A. ve Batdı, V. (2016). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitimle bütünleştirilmesinin meta-analitik ve tematik karşılaştırmalı analizi. *Eğitim ve bilim*, *41*(188). doi: http://dx.doi.org/10.15390/EB.2016.6707

Yılmaz, M., ve Öğretmen, T. (2014). Biyoloji öğretmen adaylarının gen teknolojisine ilişkin bilgi düzeyleri ve bilgi kaynaklarının incelenmesi, *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, *4* (4), 59-76. Erişim adresi https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjKwaXVm8HiAhXYxcQBHZAsDAcQFjABegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.pegegog.net%2Findex.php%2Fpegegog%2Farticle%2Fdownload%2Fpegegog.2014.022%2Fpegegog.2014.022d%2F&usg=AOvVaw2lyq9t26da23u2UME7F5Kd

Yisau, J. I., Adagbada, A. O., Bamidele, T., Fowora, M., Brai, B. I. C., Adebesin, O., Bamidele, M., Fesobit, T., Nwaokorie, F.O, Ajayi, A., & Smith, S. I. (2017). Assessment of knowledge of participants on basic molecular biology techniques after 5-day intensive molecular biology training workshops in Nigeria. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. https://doi.org/10.1002/bmb.21039

Yurdatapan, M., ve Şahin, F., (2013). DNA kavramıyla ilgili animasyon ve model kullanılmasının fen bilgisi öğretmenliği öğrencilerinin öğrenmelerine etkisi, *International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, *8* (8), 2303-2313. doi:10.7827/TurkishStudies.5518

Zakeel, M., Safeena, M, & Marikar, F. (2016). Biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education in Sri Lanka. *School science review*, *97*(360), 63-69. Retrieved from http://ir.lib.seu.ac.lk/handle/123456789/1454

Zeren Özer, D., & Özkan, M. (2013). The effect of project based learning method on science process skills of prospective teachers of science education in biology lessons, *International Online Journal of Educational Sciences, 5* (3), 635-645. Retrieved from http://www.acarindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423904204.pdf

Zhu, C., Wang, D., Cai, Y., & Engels, N. (2013). What core competencies are related to teachers' innovative teaching?. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, *41*(1), 9-27. https://doi.org/10.1080/1359866X.2012.753984

EKLER

Ek 1.Biyoteknoloji Farkındalık Anketi

BİYOTEKNOLOJİ FARKINDALIK ANKETİ

Değerli Öğretmeler,
Hazırlanmış olan bu anket, siz Fen Bilimleri Öğretmenlerinin biyoteknolojiye yönelik farkındalıklarını belirlemek amacıyla tasarlanmıştır. Bu çalışmadan elde edilecek veriler sadece bilimsel amaçlar için kullanılacaktır. Çalışmadan elde edilecek verilerin güvenirliği açısından vereceğiz cevaplar büyük önem taşımaktadır. Çalışmaya ayırdığınız değerli zamanınız ve araştırmaya olan katkılarınız için şimdiden teşekkür ederiz.

Tuğçe Yağmur ORHAN

Cinsiyetiniz:
Eğitim durumunuz: Lisans ( ) Lisansüstü ( ) Belirtiniz ……
Mesleki deneyiminiz (yıl):
Eğitim hayatınız boyunca biyoteknoloji ile ilgili ders aldınız mı? Belirtiniz.
……
……..
Biyoteknoloji ile ilgili bir hizmet içi eğitim almak ister misiniz?
Neden?.....……
……
Biyoteknoloji hakkındaki duyumlarınızın kaynağı daha çok hangisidir?
İnternet ( ) Televizyon ( ) Dergi-gazete ( ) Kitap ( ) Diğerleri (……..)

Aşağıdaki açık uçlu sorular için ayrılan bölüme cevaplarınızı yazınız.
1.Biyoteknoloji denildiğinde ne anlıyorsunuz?
2. Biyoteknolojinin bildiğiniz uygulamaları nelerdir? Yazınız.
3.Adli bir olayda, DNA parmak izi bir görgü tanığının şahitliğinden daha az mı güvenilirdir? Açıklayınız.

4.Biyoteknoloji yeni iş fırsatları oluşturabilir mi? Açıklayınız.
5.Sizce biyoteknolojik uygulamalar hakkında halk yeterince bilgilendiriliyor mu? Açıklayınız.

	Aşağıdaki ifadeleri değerlendiriniz.	**Kesinlikle Katılıyorum**	**Katılıyorum**	**Katılmıyorum**	**Kesinlikle Katılmıyorum**	**Kararsızım**
1	Bakteri ve mayalar gibi mikroorganizmaların genetiğinin değiştirilmesi ile pek çok gıdanın yapımı ve işlenmesi kolaylaştırılabilir.					
2	Bitkiler, farmakolojik ürünlerin kaynağı olarak moleküler eczacılıkta kullanılmaktadır.					
3	Endüstriyel atıkların daha etkin temizlenmesi için genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar tasarlanabilir.					
4	Adli biyoteknoloji uygulamalarından biri de DNA parmak izidir.					
5	Bitki biyoteknolojisi ile bitki aşısı, biyoyakıt gibi biyoürünler üreten bitkiler üretilebilir.					
6	Biyoteknoloji, tıbbi açıdan önemli olan gen ürünlerinin büyük oranda üretimini olası kılar.					
7	Evrimsel biyoteknolojide DNA dizi analizi ile türlerin genetik farklılıkları, soyağacı oluşturmada kullanılmaktadır.					
8	Biyoteknoloji ile böceklere karşı dayanıklı bitkiler üretilebilir.					
9	İnsan Genom Projesi'nin hedefi DNA'da yer alan tüm genleri ve bunların kromozom üzerindeki yerlerini belirlemektir.					
10	Hücre kültürü, hücrelerin gelişmesi için gerekli olan katı ve sıvı besinleri bulundurur.					
11	Gen terapisi ile hastanın genomuna normal genler aktarılarak veya hastalık yapan gen değiştirilerek genetik hastalıkların tedavi edilmesi sağlanır.					
12	Nanobiyoteknolojideki gelişmeler ile ilaçları hedef hücrelere taşıyacak küçük parçacıkların üretilmesi hedeflenmektedir.					
13	Hastalıklara dayanıklı istiridyelerin üretilmesi sucul ortam biyoteknolojisinin bir uygulamasıdır.					
14	Yenileyici tıp, hücre, doku veya organın kök hücreler yoluyla kendini yenilemesi olarak adlandırılır.					
15	Biyoenformatik, biyolojik süreçleri çözümlemek için bilişim teknolojilerinin kullanıldığı disiplinlerarası bir alandır.					
16	Fosil örneklerinden alınan kemik ve diğer dokulardaki antik DNA'ların analizi paleogenomik olarak bilinen "Taş Devri" genomiğidir.					

Ek 2.Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları Belirtke Tablosu

BİLİŞSEL ALAN/ KAZANIMLAR / ETKİNLİKLER	KAZANIMLAR	BİLGİ	KAVRAMA	UYGULAMA	ANALİZ	TOPLAM SORU	YÜZDE (%)
Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş	-F.8.2.5.1.Genetik mühendisliği ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018a).		1.			1	8
	-12.1.2.2. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramlarını açıklar (MEB, 2018b).		1.			1	8
	-Biyoteknoloji uygulamalarının gerektirdiği cihaz-ekipman ve laboratuvar tekniklerinin neler olabileceği hakkında tahminde bulunur.		2.	3.		2	15
	-Moleküler biyolojide sıklıkla kullanılan temel teknik ve ekipmanlar deneyerek keşfeder.		2.	3.		2	15
	-Temel moleküler biyoloji tekniklerini kullanarak deney tasarlar.		2.	3.		2	15
Genomik DNA İzolasyonu	-F.8.2.5.3. Gelecekteki genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının neler olabileceği hakkında tahminde bulunur (MEB, 2018a)				12.	1	8
	-Hücre içindeki genomik DNA'yı deney yaparak gösterir.			4.		1	8
	-Genomik DNA izolasyonu için gerekli olan çözelti ve araç-gereçleri kullanarak deney düzeneğini kurar.			4.		1	8
Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR)	-F.8.2.1.3. DNA'nın kendini nasıl eşlediğini ifade eder (MEB, 2018a).	5.				1	8
	-12.1.2.3. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarını açıklar (MEB, 2018b),	5.	1., 7.			3	23
	-DNA'nın laboratuvar ortamında çoğaltılması için gerekli temel ögeleri açıklar.	5.	6.			2	15
	-PZR düzeneğini kurar.	5.	6.			2	15
Suçlu kim?	-12.1.2.4. genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının insan hayatına etkisini değerlendirir (MEB, 2018b).		1.		12.	2	15
	F.8.2.5.1. Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir.				12.	1	8
	F.8.2.5.3. Gelecekteki genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının neler olabileceği hakkında tahminde bulunur (MEB, 2018a).					1	8
	-Jel elektroforezi düzeneğini kurar.		8.			1	8
	-DNA'nın jel üzerinde oluşturduğu izleri karşılaştırır ve yorumlar.		8., 9.			2	15
Biyoenformatik-Filogenetik Tahmin	-9.3.1.1. Canlıların çeşitliliğinin anlaşılmasında sınıflandırmanın önemini açıklar (MEB, 2018b).		11.			1	8
	-F.8.2.5.1. Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018a).	10.	1.,11.			3	23
	-F.8.2.5.3. Gelecekteki genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının neler olabileceği hakkında tahminde bulunur (MEB, 2018a).				12.	1	15
	- Çeşitli veri tabanlarını kullanarak biyolojik verileri analiz eder ve değerlendirir.	10.	11.			2	23
TOPLAM SORU		2	7	1	2	12	100
YÜZDE (%)		16	58	18	16		

Ek 3.Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları

BİYOTEKNOLOJİ DEĞERLENDİRME SORULARI

Adı-Soyadı: **Tarih:**

1. Biyoteknoloji türlerini ve işlevlerini yazınız.

2. Biyoteknolojide kullanılan genetik mühendisliği yöntem ve teknikleri nelerdir?

3. Mikropipet, agaroz jel ve bakteri ekimi kavramlarını açıklayınız.

4. DNA izolasyon aşamaları nelerdir? Her bir aşamada uygulanan işlemler nelerdir?

5. Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) nedir?

6. PZR ile yeni DNA zinciri sentezlemek için gerekli olan bileşimler nelerdir? Bunları açıklayınız.

7. PZR'in biyoteknolojide kullanım alanları nelerdir?

8. Jel elektroforezi nedir? Çalışma prensibi nedir?

9. Elektroforezde DNA molekülünün hareketi nelere bağlıdır?

10. Biyoenformatik nedir?

11. Biyoenformatiğin kullanım alanları nelerdir? Yazınız.

12. Biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin gelecekteki uygulamaları neler olabilir?

Ek 4.Laboratuvar Etkinlikleri Öz Değerlendirme Formu

ETKİNLİK ÖZ DEĞERLENDİRME FORMU

Adı- Soyadı: **Tarih:**

Etkinlik Adı:

DEĞERLENDİRİLECEK TUTUM VE DAVRANIŞLAR	**Performans Düzeyleri**				
	Her Zaman (5)	**Sıklıkla (4)**	**Bazen (3)**	**Nadiren (2)**	**Hiçbir Zaman (1)**
1. Laboratuvar etkinliği ilginç ve eğlenceliydi.					
2. Laboratuvar becerilerimi artırdı.					
3. Laboratuvar etkinliği anlaşılabilirdi.					
4. Biyoteknolojide kullanılan bazı laboratuvar tekniklerinin nasıl gerçekleştiğini anladım.					
5. Modern laboratuvar ekipmanlarını kullanarak deney yapmak konuya yönelik ilgimi artırdı.					
6. Fen bilimleri ile ilgili bilgilerin teknolojiye dönüştürülerek kullanıldığı yöntemler hakkında bilgi sahibi oldum.					
7. Biyoteknoloji ile ilgili bilimsel ve teknolojik kavramları doğru ve etkili kullanabiliyorum.					
8. Etkinlik, bilim ve teknoloji ilişkisini anlamama yardımcı oldu.					
9. Mesleki hayatımda daha fazla laboratuvar çalışmalarına yer vereceğim.					
TOPLAM					

Aşağıda verilen soruları yanıtlayınız.

1. Etkinlik sırasında karşılaştığım problemler nelerdi?

2. Bu problemler neden kaynaklanmaktaydı?

3. Etkinlik sırasında başarılı olduğum bölümler nelerdi?

4. Bu etkinlikte neler yaptım, neler öğrendim?

Ek 5.Yenilikçi Biyoteknoloji Etkinlikleri ve Kazanımlar Tablosu

				ETKİNLİKLER					TOPLAM	YÜZDE (%)
YETERLİLİKLER	KAZANIMLAR	ALT KAZANIMLAR	KULLANILAN YAKLAŞIM / ÖĞRENME ALANI	Araştırma-Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı ve Laboratuvar Yaklaşımı	Proje Tabanlı Öğrenme Yaklaşımı ve Laboratuvar Yaklaşımı	Probleme Dayalı Öğrenme Yaklaşımı ve Laboratuvar Yaklaşımı	Argümantasyona Dayalı Öğrenme Yaklaşımı ve Laboratuvar Yaklaşımı	Disiplinlerarası WEB Tabanlı Öğrenme Yaklaşımı ve Laboratuvar Yaklaşımı		
FEN VE TEKNOLOJİ ÖĞRETMENLİĞİ ÖZEL ALAN YETERLİKLERİ	**2018 FEN BİLİMLERİ ÖĞRETİM PROGRAMI "BİYOTEKNOLOJİ" KAZANIMLARI**			**Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş**	**Genomik DNA İzolasyonu**	**Polimeraz Zincir Reaksiyonu**	**Suçlu Kim?**	**Biyoenformatik-Filogenetik Tahmin**		
1. Öğretim sürecinde, öğretim programını destekleyen materyal ve kaynakları kullanabilme. **2.** Öğrencilere bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile toplum ve çevre arasındaki etkileşimine ilişkin anlayış kazanabilme. **3.** Mesleki gelişimine yönelik uygulamalarda bilimsel araştırma yöntem ve	**F.8.2.5.1.** Genetik mühendisliği ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir. **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.	F.8.2.5.1.Genetik mühendisliği ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018a).	BİLGİ	X					**1**	**4.54**
		12.1.2.2. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramlarını açıklar (MEB, 2018b).	BİLGİ	X					**1**	**4.54**
		-Biyoteknoloji uygulamalarının gerektirdiği cihaz-ekipman ve laboratuvar tekniklerinin neler olabileceği hakkında tahminde bulunur.	BİLGİ-BECERİ	X					**1**	**4.54**

tekniklerden yararlanabilme.		-Moleküler biyolojide sıklıkla kullanılan temel teknik ve ekipmanlar deneyerek keşfeder.	BİLGİ-BECERİ	X					**1**	**4.54**
		-Temel moleküler biyoloji tekniklerini kullanarak deney tasarlar.	BECERİ	X					**1**	**4.54**
		F.8.2.5.3. Gelecekteki genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının neler olabileceği hakkında tahminde bulunur (MEB, 2018a).	FTTÇ		X				**1**	**4.54**
		-Hücre içindeki genomik DNA'yı deney yaparak gösterir.	BİLGİ- BECERİ		X				**1**	**4.54**
		-Genomik DNA izolasyonu için gerekli olan çözelti ve araç-gereçleri kullanarak deney düzeneğini kurar.	BECERİ		X		X	X	**3**	**13.63**

		-F.8.2.1.3. DNA'nın kendini nasıl eşlediğini ifade eder (MEB, 2018a).	BİLGİ			X			**1**	**4.54**
		-12.1.2.3. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarını açıklar (MEB, 2018b)	BİLGİ			X			**1**	**4.54**
		-DNA'nın laboratuvar ortamında çoğaltılması için gerekli temel ögeleri açılar.	BİLGİ			X			**1**	**4.54**
		-PZR düzeneğini kurar.	BECERİ			X			**1**	**4.54**
		-12.1.2.4. genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının insan hayatına etkisini değerlendirir (MEB, 2018b).	FTTÇ				X		**1**	**4.54**
		-Jel elektroforezi düzeneğini kurar.	BECERİ				X		**1**	**4.54**
		-DNA'nın jel üzerinde oluşturduğu izleri	BİLGİ				X		**1**	**4.54**

		karşılaştırır ve yorumlar.								
		-9.3.1.1. Canlıların çeşitliliğinin anlaşılmasında sınıflandırmanın önemini açıklar (MEB, 2018b).	BİLGİ					X	**1**	**4.54**
		-F.8.2.5.1. Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018a).	FTTÇ				X	X	**1**	**4.54**
		-Çeşitli veri tabanlarını kullanarak biyolojik verileri analiz eder ve değerlendirir.	BİLGİ- BECERİ					X	**1**	**4.54**
		TOPLAM		6	3	4	5	4	**22**	**100**
		YÜZDE (%)		**27.26**	**13.63**	**18.18**	**22.72**	**18.18**		

Ek 6.Biyoteknoloji Değerlendirme Soruları Değerlendirme Rubriği

Soru/ Sonuç	**Puanlama**			
	3 (Doğru Cevap)	**2 (Kısmen Doğru Cevap)**	**1 (Kavram Yanılgılı/ Yanlış cevap)**	**0 (İlişkisiz /Boş Cevap)**
	Doğru ve eksiksiz.	Doğrular var fakat yetersiz.	Az doğru bilgi, çokça yanlış.	Hemen hemen hiç doğru yok veya cevap yok.
SORU 1: Biyoteknoloji türlerini ve işlevlerini yazınız.	Biyoteknolojinin güncel 7 türünü bilir. Bu türlerin işlevlerini bilir. Örneklerle açıklar.	Biyoteknolojinin birkaç türünü bilir. Bu türlerin işlevlerine yönelik açıklama yapamaz.	Biyoteknolojinin türleri hakkında bilgi sahibi değildir. Fakat biyoteknolojik uygulamalara ilişkin örnekler verir.	Biyoteknolojinin türleri ve işlevleri hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.
SORU 2: Biyoteknolojide kullanılan genetik mühendisliği yöntem ve teknikleri nelerdir?	Biyoteknolojide kullanılan temel moleküler biyoloji tekniklerini bilir. Örnekler vererek açıklar.	Biyoteknolojide kullanılan temel moleküler biyoloji tekniklerinden birkaçını bilir.	Biyoteknolojide kullanılan temel moleküler biyoloji teknikleri hakkında bilgi sahibi değildir. Fakat bu tekniklerin kullanım alanlarına ilişkin örnekler verir.	Biyoteknolojide kullanılan temel moleküler biyoloji teknikleri hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.
SORU 3: Mikropipet, agaroz jel ve bakteri ekimi kavramlarını açıklayınız.	Mikropipet, agaroz jel ve bakteri ekimi kavramlarını hakkındaki bilgileri kullanarak özel durumlara uygular. **Kullanım alanları ile ilgili örnekler vererek açıklar.**	Mikropipet, agaroz jel ve bakteri ekimi kavramlardan birkaçı hakkındaki bilgileri kullanarak özel durumlara uygular.	Mikropipet, agaroz jel ve bakteri ekimi kavramlarından birkaçı hakkındaki bilgileri doğru kullanır. Diğerleri hakkındaki bilgileri yanlış kullanır. Özel durumlara uygulayamaz.	Mikropipet, agaroz jel ve bakteri ekimi kavramları hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.
SORU 4: DNA izolasyonu aşamaları nelerdir? Her bir aşamada uygulanan işlemler nelerdir?	DNA izolasyonu aşamaları ve her bir aşamanın prensibini bilir. Bu bilgi ve prensipleri kullanarak DNA izolasyonun gerçekleştirilmesinde kullanır. **DNA izolasyonunu örnek vererek açıklar.**	DNA izolasyonunda kullanılacak gerekli bileşenleri bilir. Fakat bu bilgileri DNA izolasyonunu gerçekleştirilmesinde yanlış kullanır.	DNA izolasyonun ne olduğunu bilir. Fakat aşamalarına ve uygulanan işlemlere ilişkin bilgi sahibi değildir. DNA izolasyonunu gerçekleştirilmesinde kullanamaz.	DNA izolasyonunu hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.

SORU 5: Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) nedir?	PZR'yi tanımlar. **Çalışma prensibine yönelik açıklamalarda bulunur.**	PZR'yi tanımlar.	PZR tanımını yapamaz.	PZR hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.
SORU 6: PZR ile yeni DNA zinciri sentezlemek için gerekli olan bileşimler nelerdir? Bunları açıklayınız.	PZR ile DNA zinciri sentezlemek için gerekli olan bileşimleri hepsini doğru olarak bilir. Bu bileşenlere örnek vererek açıklar.	PZR ile DNA zinciri sentezlemek için gerekli olan bileşimlerden birkaçını bilir.	PZR'nin gerçekleşme basamakları hakkında açıklama yapar.	PZR ile DNA zinciri sentezlemek için gerekli olan bileşimler hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir
SORU 7: PZR'in biyoteknolojide kullanım alanları nelerdir?	PZR'nin biyoteknolojide hangi alanlarda ne amaçla kullanıldığı hakkında örneklerle açıklama yapar.	PZR'nin biyoteknolojide hangi alanlarda kullanıldığını bilir.	PZR'nın biyoteknolojide kullanım alanlarını bilir. Fakat nasıl kullanıldığı hakkında yanlış bilgi verir.	PZR'nin biyoteknolojide kullanım alanları hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.
SORU 8: Jel elektroforezi nedir?	Jel elektroforezinin tanımlar. Jel elektroforezinin bileşenleri ile ilgili ve nasıl gerçekleştiği konusunda açıklamalar yapar.	Jel elektroforezinin tanımlar. Hangi bileşenlerin gerekli olduğu hakkında bilgi verir.	Jel elektroforezinin tanımlamaz. Çalıma prensibi hakkında net olmayan açıklamalarda bulunur.	Jel elektroforezi hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.
SORU 9: Elektroforezde DNA molekülünün hareketi nelere bağlıdır?	Jel elektroforezinin çalışma prensibini analiz eder. Bu bilgiyi kullanarak DNA ve jeldeki hareketi arasındaki ilişkiyi saptar. **DNA hareketinin nelere bağlı olduğu ve bunun gerekçeleri hakkında açıklamalarda bulunur.**	Jel elektroforezinde DNA hareketinin nelere bağlı olduğu hakkında bazı ilişkiler kurar.	Jel elektroforezinde DNA'nın hareketinin nelere bağlı olduğu konusunda doğru ve yanlış ilişkilere sahiptir.	Jel elektroforezinde DNA'nın hareketinin nelere bağlı olduğu konusunda bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.
SORU 10: Biyoenformatik nedir?	Biyoenformatiğin doğru ve eksiksiz tanımlar. Kavramları doğru olarak kullanır.	Biyoenformatiğin genel olarak tanımlar.	Biyoenformatiği tanımlarken yanlış ve doğru kavramları bir arada kullanır.	Biyoenformatik hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.
SORU 11: Biyoenformatiğin kullanım alanları nelerdir? Yazınız.	Biyoenformatiğin kullanım alanlarını bilir. Örnekler vererek açıklamalarda bulunur.	Biyoenformatiğin kullanım alanları bilir.	Biyoenformatiğin kullanım alanları ile ilgili net olmayan açıklamalarda bulunur.	Biyoenformatiğin kullanım alanları hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.

SORU 12: Biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin gelecekteki uygulamaları nelerdir?	Biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin gelecekteki uygulamaları hakkında gerçeğe uygun tahminlerde bulunur. İnsanlığa faydaları konusunda yargılar/ destekler. **Örnekler vererek açıklar.**	Biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin gelecekteki uygulamaları hakkında yapılmakta olan çalışmaları örneklerle değerlendirir.	Biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin gelecekteki uygulamaları hakkında net olmayan örnekleri kullanarak değerlendirmelerde bulunur.	Biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin gelecekteki uygulamaları hakkında bilgi sahibi değildir. Verilen yanıt soru ile ilgisizdir.

Ek 7.Çalışma Yaprağı Değerlendirme Rubrikleri

Araştırma- Sorgulama becerilerini belirleme dereceli puanlama anahtarı				
Kategori (Sorgulama aşamaları) / Puan	**4 (Gelişmiş)**	**3 (Yeterli)**	**2 (Kısmen Yeterli)**	**1 (Yetersiz)**
Ön sorgulama (Merak etme/ Bağlantı kurma)	Doğrudan etkinlikle ilgili, konunun amacına uygun olarak açık, mantıksal ve doğru ön bilgi vermiştir. Etkinlikle ilgili merak ettikleri, öğrenmeye motive oldukları olay veya durum ile ilgili bilimsel sorular sormuştur.	Etkinlikle ilgili mantıksal ve doğru bazı ön bilgileri sağlar. Etkinlikle ilgili merak ettikleri durumlar ile ilgili bilimsel olmayan açıklamalarda bulunmuştur. Bilimsel sorular oluşturmamıştır.	Etkinlikler ilgili bazı ön bilgileri sağlar ancak konu dışıdır. Etkinliğin amacına uygun olmayan açıklamalarda bulunur.	Etkinliğe ilişkin ön bilgileri yok ya da tamamen hatalıdır. İlişkisiz örnekler vermiştir. Boş, cevap yok.
Hipotez Kurma	Problem cümlesine uygun doğru bir ifade ile, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birbirini etkileme durumunu belirten bir hipotez cümlesi yazılmıştır.	Problem cümlesi ile ilgilidir. Ancak bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerine etkisini belirtirken amaç, soru veya ilgili deney tasarım cümlesi yazılmıştır.	Hipotez cümlesi tek bir değişkenle yazılmıştır. Veya bağımlı ve bağımsız değişken belirtilmiş, ancak birbiri üzerine etkisi belirtilmemiştir.	Etkinlikte anlatılanlarla ilişkisiz bir cümle yazılmıştır. Hipotez cümlesi tamamen hatalıdır. Aşırı genel bir ifade verilmiştir. Boş, cevap yok.
Değişkenleri Belirleme	Değişkenler problem ve hipotez cümlesine göre doğru bir şekilde belirlenmiştir. Deneyle ilişkili en az 4 değişken adı belirtmiştir.	Değişkenler problem ve hipotez ile ilgilidir. 2 veya 3 değişken adı belirtilmiştir.	Değişkenler problem ve hipotez ile kısmen ilgilidir. 1 değişken adı belirtilmiştir.	Deneyle tamamen ilgisiz değişkenler belirtilmiştir. Betimleyici olmayan değişken adları kullanılmıştır. Boş, cevap yok.
Deney Tasarımı	Yapılan deney tasarımı, hipotezi test etmede son derece yeterlidir. Deneyin yapılışı, verilerin elde edilmesi ve verilerin nasıl değerlendirileceği basamaklarını içermektedir.	Yapılan deney tasarımı ile belirtilen hipotez test edilebilir ancak daha iyi olabilirdi. Deneyin yapılışı ve verilerin elde edilmesi basamaklarında eksiklikler vardır.	Yapılan deney tasarımı, belirtilen hipotezi test etmek için kısmen yeterlidir. Verilerin elde edilmesi ve nasıl değerlendirileceği basamaklarını içermez.	Yapılan deney tasarımı ile bu hipotez sınanamaz. Hipotez ile ilişkisiz deney tasarımı yapılmıştır. Boş, cevap yok.
Verileri Düzenleme	Elde ettiği deney ve gözlem verilerini tablo ve grafiklerle	Elde ettiği verileri tablo ya da grafiklerden yalnızca birini	Elde ettiği verileri tablo ya da grafiklerden yalnızca	Elde ettiği verileri ifade ederken tablo veya grafik

	doğru bir şekilde ifade etmiştir. Tablo ve grafikler tüm değişkenleri içermektedir. Değişkenleri birimleri ile ifade etmiştir. Deney ve gözlem notlarını not etmiştir.	kullanarak ifade etmiştir. Deney ve gözlem notlarını not etmiştir ancak eksiklikler vardır. Tablo ya da grafik değişkenleri içerir ancak birimleri içermez.	birini kullanarak ifade etmiştir. Tablo veya grafik tek bir değişken içermektedir. Gözlem ve deney notlarını bazı hatalar içermektedir.	kullanmamıştır. Deney ve gözlem notları, deney tasarımı ile ilişkisizdir. Boş, cevap yok.
Sonuç ve Değerlendirme	Araştırma ve deneysel çalışma sonuçlarının hipotezi desteklediği ya da çürütüldüğüne ilişkin bilimsel açıklamalarda ve yorumlarda bulunmuştur.	Araştırma ve deneysel çalışmanın sadece sonuçlarını belirtmiştir. İfadeler bilimseldir ancak sonuca yönelik açıklama ve yorum bulunmamaktadır.	Araştırma ve deneysel çalışmanın sadece sonuçlarını belirmiştir. İfadeler bilimsel değildir ve hatalar içermektedir. Açıklama ve yorum bulunmamaktadır.	Araştırma ve deneysel çalışma ile ilişkisiz açıklamalarda bulunmuştur. İfadeler yanlıştır. Boş, cevap yok.

Proje yapma becerileri belirleme dereceli puanlama anahtarı				
Kategori/ Puan	**4 (Gelişmiş)**	**3 (Yeterli)**	**2 (Kısmen Yeterli)**	**1 (Yetersiz)**
Motivasyon (Merak etme/ Bağlantı kurma)	Problemi oluşturulmuştur, soruları organize edilmiştir. Konuları, alt konuları ve değişkenleri belirlenmiştir. Hipotez test edilmiştir. Verileri düzenlenmesi ve değerlendirilmesi kısmında yeterli açıklamalar bulunmaktadır.	Problemin tanımlanması yeterlidir. Konuları, alt konuları ve değişkenleri kısmen belirlenmiştir. Hipotez test edilmiştir. Verilerin düzenlemesi sınırlıdır. Test sonuçları verilmiştir ancak açıklama yapılmamıştır.	Problemin tanımlanması yetersizdir. Değişkenler zayıf bir biçimde tanımlanmıştır. Konular ve alt konular belirlenmemiştir. Hipotez test etme, verileri düzenlemede bazı hatalar yapılmıştır.	Problem belirlenememiştir. Değişkenler tanımlanamamıştır. Boş veya cevap yok.
Tasarım ve planlama	Özgün proje adı ve konusu tasarlanmıştır. Çalışılacak konu planlanmıştır, uygun kaynaklar seçilmiştir ve elinde var olan bilgileri sentezlenerek kullanılmıştır. Proje ekibi sürece uygun planlanmıştır.	Konu ile ilgili elinde var olan bilgileri yeterli düzeyde sentezleyebilmiştir. Kaynaklarla var olan bilgileri kısmen uyumludur. Proje adı ve konusu özgün değildir. Proje ekibi sürece kısmen uyumlu olarak seçilmiştir.	Konu ile ilgili elinde var olan bilgileri sentezlemesi yetersizdir. Kaynaklar ve var olan bilgileri zayıf bir biçimde organize edilmiştir. Proje adı, konusu ile uyumsuzdur. Proje ekibi belirlenmemiştir.	Var olan bilgilerinden ve diğer kaynaklardan yararlanamaz. Proje adı ve konusu ilişkisizdir. Boş veya cevap yok.
Standartlara göre düzenleme	Gerçek bir problemden yola çıkarak araştırma sorusu oluşturulmuştur. Projenin yenilikçi yönünü vardır ve ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Projenin kazanımları açıklanmıştır. Proje ekip, malzeme vb. Bakımından yapılabilirdir ve ayrıntılı açıklanmıştır.	Problemden yola çıkarak araştırma sorusu oluşturulmuştur. Projenin yenilikçi yönü vardır ancak ayrıntılı şekilde açıklanmamıştır. Projenin kazanımları sınırlıdır. Ekipman ve malzeme bakımından yapılabilirliği düşüktür.	Araştırma sorusu vardır. Projenin yenilikçi yönü ve yaygın etkisi belirtilmemiştir. Veya bazı hatalar bulunmaktadır. Ekipman ve malzeme bakımından yapılabilir değildir.	Araştırma sorusu problem ile ilişkisizdir. Projenin yenilikçi bir yönü yoktur. Proje kazanımları, proje konusu ile ilişkisizdir. Ekipman ve malzeme bakımından gerçekçi değildir. Boş veya cevap yok.
Etkinlikler/ deneylere ilişkin genel çerçeveyi oluşturma	Konuya yönelik değişkenler bakımından çözüm yolları geliştirilmiştir. Bu çözüm yollarına ilişkin deney tasarımı yapılmıştır. Deneysel işlemde	Konuya yönelik değişkenler bakımından çözüm yolu geliştirilmiştir. Bu çözüm yoluna ilişkin zayıf deney tasarımı yapılmıştır. Yöntem	Konuya yönelik çözüm yolu geliştirilmiştir ancak deney tasarımı yapılmamıştır. Deneysel işlemde değişkenler	Konuya yönelik genel bir çerçeve ve deney tasarımı yoktur. Deneysel işlemdeki

	yöntem ve araştırmanın tasarımı ve uygulanması açık, tam ve anlaşılırdır. Bu süreçte veriler organize edilerek (şema, grafik vb.) bulgular sunulmuştur.	ve araştırmanın tasarımı ve uygulanması aşamalarında bazı değişikliklere ihtiyaç vardır. Veriler ile destekli bulgular sunulmuştur.	belirtilmemiştir. Yöntem ve araştırma tasarımı ve uygulanmasında hatalara bulunmaktadır.	değişkenler konu ile ilişkisizdir. Boş veya cevap yok.
Değerlendirme/Sunma	Sonuçlar sorun ile ilişkilidir ve verilerle tam olarak desteklenmiştir. Bulgular özetlenmiştir. Farklı durumlarda benzer çözüm yolunu kullanarak açıklamalarda bulunmuştur. Proje uygun kaynakça belirtilmiştir.	Sonuçlar genellikle soru ilişkilidir ve verilerle desteklemiştir. Bulguları özetlemede bazı hatalar vardır. Farklı durumlara uyarlama beceri zayıftır. Kaynakça belirtilmiştir.	Bulguların konu ile ilişkisi ve verilerle desteklenmesi sınırlıdır. Farklı durumlara uydurmada hatalar vardır. Kaynakça belirtilmemiştir.	Elde edilen veriler, konu ile ilişkisizdir. Verilerle desteklenmemiştir. Ya da hiçbir çözüm yolu seçilmemiştir ve proje gerçekleştirilmemiştir. Boş veya cevap yok.

Problem çözme becerileri belirleme dereceli puanlama anahtarı				
Kategori/ Puan	**4 (Gelişmiş)**	**3 (Yeterli)**	**2 (Kısmen Yeterli)**	**1 (Yetersiz)**
Problemi tanımlama	Problem ve alt problemleri belirlenmiştir. Problem hakkında bildiklerini açık ve net bir şekilde ifade edilmiştir. Problemi çözmek için hangi yöntem, teknik ve bilimsel bilgiye ihtiyaç olduğu belirlenmiştir.	Problem tanımlanmıştır. Alt problemler verilmemiştir. Problemin çözümünde kullanılacak sadece teknik bilgi yeterince tanımlanmıştır.	Problemin tanımlanması yetersizdir. Alt problemler verilmemiştir. Problemin çözümünde kullanılacak teknik bilgiyi tanımlarken hatalar bulunmaktadır.	Problem belirlenememiştir. Değişkenler tanımlanamamıştır. Boş veya cevap yok.
Çözüm için plan hazırlama	Problem hakkında var olan bilgiler ve uygun kaynaklardan faydalı bilgiler seçilerek düzenlenmiştir. Problem ile ilgili hipotez oluşturulmuştur. Değişkenler belirtilmiştir (en az 3 tane).	Problem hakkında var olan bilgileri yeterli düzeyde sentezlenmiştir. Probleme cevap verebilmek için kaynakları yeterince organize edilmiştir. Hipotez oluşturulmuştur. 1 veya 3 değişken belirtilmiştir.	Problem hakkında var olan bilgileri sentezlemesi yetersizdir. Probleme cevap verebilmek için kaynaklar iyi kullanılmamıştır. Hipotez hatalı oluşturulmuştur. Değişkenler belirtilmemiştir.	Var olan bilgilerinden ve diğer kaynaklardan yararlanılmamıştır. Boş veya cevap yok.
Çözüm yolları geliştirme	Problemin artıları/ eksileri ve değişkenler bakımından çoklu çözüm yolları geliştirilmiştir. Çözüm yoluna uygun deney tasarlanmıştır.	Problemin çözümü için iki ya da daha fazla çözüm yolu geliştirilmiştir. Çözüm yoluna kısmen uygun deney tasarlanmıştır.	Problemin çözümü için tek (açık) çözüm yolu geliştirilmiştir. Belirlenen çözüm yolu ile deney tasarımı ilişkisizdir.	Problemin çözümü için bir eylem şekli belirtilmemiştir. Boş veya cevap yok.
Deneysel işlemler	Deneysel işlemler probleme göre yapılmıştır. Deneysel işlem açık, tam ve anlaşılırdır. Veriler uygun tablo ve grafiklerle ifade edilmiştir.	Deneysel işlemler genel olarak probleme göredir. İşlemler genel olarak tanımlanmıştır. Ancak bazı değişikliklere ve açıklamalara ihtiyaç vardır. Veriler tablo ve grafiklerden yalnızca biri kullanılarak ifade edilmiştir.	Deneysel işlemler problemin bazı yönlerini ele alınmıştır. Deneysel işlemler tam değildir veya hatalıdır. Veriler tablo ve grafiklerle ifade edilmemiştir.	Deneysel işlemler problemi yansıtmaz. Tam değildir ya da hiç yapılmamıştır. Boş veya cevap yok.
Değerlendirme	Sonuçlar problemle ilişkilidir ve verilerle tam olarak desteklenmiştir. Problemin	Sonuçlar genellikle problemle ilişkilidir ve verilerle desteklenmiştir.	Sonuçların problemle ilişkisi ve verileri desteklenmesi sınırlıdır. Çözüm yollarının	Sonuçlar problemle ilişkisizdir, verilerle desteklenmemiştir. Hiçbir

	risk/ faydalarına dayalı bir çözüm yolu bağlı olarak açıklamalarda bulunulmuştur.	Yorumlamalarda bazı hatalar vardır. Problemin tek bir risk/faydasına dayanan çözüm yoluna ilişkin açıklamalarda bulunmaktadır.	yorumlanmasında hatalar vardır.	çözüm yolu seçilmemiştir ve desteklenmemiştir. Boş veya cevap yok.

Argümantasyon becerilerini belirleme dereceli puanlama anahtarı				
Kategori/ Puan	**4 (Gelişmiş)**	**3 (Yeterli)**	**2 (Kısmen Yeterli)**	**1 (Yetersiz)**
İddia	İddia açıktır. Senaryo ile ilgilidir. Eleştirel düşünceyi gösterir. Bağımlı ve bağımsız değişkenin birbirini etkileme durumunu belirten bir hipotez cümlesi yazılmıştır.	İddia açıktır. Senaryoya ve eleştirel düşünmeye dayanmaktadır. Değişkenler belirtilirken amaç, soru içeren hipotez cümlesi yazılmıştır.	İddia biraz nettir. Senaryo ile ilgili değildir. Zayıf düşünceyi yansıtır. Hipotez cümlesi tek bir değişkenle yazılmıştır.	İddia belirsiz, az gelişmiş veya üstü kapalıdır. İddia senaryo ile ilişkisizdir. Boş veya cevap yok.
Veri / Gerekçe	Veriyi iddiayı destekleyecek şekilde kullanmış. Kararını verilere uygun şekilde gerekçelendirmiştir.	Veriyi belirtmiş ancak iddia ile ilişkisi belli değildir. Kararını zayıf bir biçimde gerekçelendirmiştir.	Veri ile iddia arasındaki ilişki yanlış kurulmuş ve gerekçe uygun ya da geçerli değildir.	Veri ile iddia arasında ilişki kurulmamıştır. Kararı gerekçelendirmemiştir. Boş veya cevap yok.
Destekleyici ve Çürütücü Kanıt	Gerekçelerini destekleyen doğru/ ilişkili/ önemli bulguları içermektedir. İddiaların geçerli olmadığı durumları tam ve sistematik şekilde geliştirilmiştir. İddiaya ilişkin en az 4 değişken belirtilmiştir.	Gerekçeleri destekleyen genel bulguları içerir. İddianın geçerli olmadığı durumları belirtir ancak bu durumlar geçerli değil hatalıdır. İddiaya ilişkin en az 2 veya 3 değişken belirtilmiştir.	Gerekçeler ile ilişkisiz, belirsiz bulguları içerir. İddianın geçerli olmadığı çok az durum belirtir (İma eder). Sınırlandırılmamıştır. İddiaya ilişkin 1 değişken belirtilmiştir.	Gerekçelere ile ilgili bulgular verilmemiştir. İddianın geçerli olmadığı durum belirtilmemiştir. Boş veya cevap yok.
Deneysel İşlem	Deneysel işlemler iddiaya göre yapılmıştır. Deneysel işlem açık ve tam anlaşılırdır. Veriler tablo ve grafiklerle ifade edilmiştir.	Deneysel işlemler genel olarak iddiaya göredir. İşlemler genel olarak tanımlanmıştır. Ancak bazı değişikliklere ve açıklamalara ihtiyaç vardır. Veriler tablo ya da grafiklerden biriyle ifade edilmiştir.	Deneysel işlemler ile iddianın bazı yönlerini ele alınmıştır. Deneysel işlemler tam değildir. Büyük değişikliklere ve açıklamalara ihtiyaç vardır. Verileri ifade ederken tablo ve grafik kullanılmamıştır.	Deneysel işlemler iddiayı yansıtmaz. Tam değildir ya da hiç yapılmamıştır. Boş veya cevap yok.
Sonuç	Kanıtların iddiayı nasıl desteklediği açıklanmıştır. Belirli bağlantılar kurarak	Kanıtların iddiayı nasıl desteklediğini açıklanmıştır. Kanıtlardan	Kanıtların iddiayı nasıl desteklediğini belirtilmiştir. Kanıtlardan yüzeysel	İddia ile bağlantıyı açıklamaksızın kanıtları

	kanıtlardan anlamlı sonuçlar çıkarılmıştır. Kanıtların güçlü ve sınırlı yönlerini açıklanmış, kaynaklar arasındaki tutarsızlıkları değerlendirilmiştir.	genel sonuçlar çıkarılmıştır. Kanıtların güçlü ve sınırlamalarını kabul edilmiştir ve kaynaklar arasındaki tutarsızlığı belirtilmiştir.	bağlantılar veya sonuçlar çıkartılmıştır. Kaynaklar arasındaki güçlü yönleri, sınırlamaları ve uyuşmazlıkları belirtmeden kanıt sunulmuştur	özetlenmiştir. iddia ile kanıtlar ilişkisizdir. Boş veya cevap yok.

Web tabanlı teknolojileri kullanma becerilerini belirleme dereceli puanlama anahtarı				
Kategori /Puan	**4 (Gelişmiş)**	**3 (Yeterli)**	**2 (Kısmen Yeterli)**	**1 (Yetersiz)**
Problem/ Açıklama	Problem durumuna yönelik ayrıntılı bir açıklama ile eksiksiz bir yanıt verilmiştir. Hipotez tam ve eksizdir.	Problem durumuna yönelik yeterli açıklama ile cevap iyi çözümlenmiştir. Hipotez geliştirilmiştir fakat bazı düzeltmelere ihtiyaç vardır.	Problem durumuna yönelik açıklama belirsizdir. Hipotez hatalı geliştirilmiştir.	Problem durumuna yönelik açıklama yapmamıştır. Hipotez geliştirilmemiştir. Boş veya cevap yok.
Değişkenler ve Matematiksel hesaplama	Değişkenler tam ve eksiksiz tanımlanmıştır. Değişkenlerin test edilmesinde matematiksel, hesaplamalı ve / veya algoritmik temsillerini kullanmıştır.	Değişkenler tanımlanmıştır fakat bazı düzletmeler ihtiyaç vardır. Değişkenleri test etmek için matematiksel ve hesaplamalı temsilleri yeterince kullanmıştır. Fakat bazı değişikliklere ve açıklamalara ihtiyaç vardır.	Değişkenler hatalı olarak tanımlanmıştır. Değişkenleri test etmek için matematiksel ve hesaplamalı temsilleri kullanmıştır. Fakat büyük değişikliklere ve açıklamalara ihtiyaç vardır.	Değişkenleri test etmek için matematiksel ve hesaplamalı temsiller kullanılmamıştır. Boş veya cevap yok.
Deneysel İşlem	Hipotezi test etmek için uygun veri tabanını seçilmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenin birbirine etkisini gösterecek, moleküler sistemde hesaplamalı model tasarlanmıştır. Bu aşamada belirtilen basamakları takip ederek işlemleri sırasıyla gerçekleştirmiştir.	Hipotezi test etmek için veri tabanı seçilmiştir. Değişkenler belirtilmiş ancak birbiri üzerine etkisi belirtilmemiştir. Bu aşamada belirtilen basamaklar takip edilmesinde kısmen başarılı olunmuştur.	Hipotez test etmek için veri tabanı seçilmiştir. Tek bir değişken üzerinden analiz gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada belirtilen basamakların takibinde bazı hatalar bulunmaktadır.	Hipotez oluşturulmamış ya da problem ile ilgisizdir. Değişkenler belirtilmemiştir. Veri tabanına ulaşılamamıştır. Boş veya cevap yok.
Görsellerin kullanımı (Verileri Düzenleme)	Veri tabanından elde ettiği verileri not edilmiştir. Görselleri doğru, tam, organize şekilde kullanmıştır, grafik veya diyagramları detaylarıyla	Veri tabanından elde ettiği verileri kısmen not edilmiştir. Görselleri doğru bicimde kullanmıştır. Grafik ve diyagramlar açık şekilde ifade edilmiştir.	Veri tabanından elde edilen veriler not edilmemiştir. Görselleri doğru olarak kullanılmamıştır. Uygun olmayan ve belirsiz grafik veya diyagram oluşturulmuştur.	Görselleri kullanılamamıştır. Grafik veya diyagram oluşturulamamıştır. Boş veya cevap yok.

	(ayrıntılarıyla), uygun biçimde oluşturulmuştur.			
Biyoloji ve Bilgisayar Bilimi (Sonuç ve Değerlendirme)	Organizmalar arası gen ilişkilerinin matematiksel olarak tanımlamıştır. Moleküler fonksiyonların canlı sistemlerine entegrasyonunu genelleştirebilmiştir. Veri tabanlarını kullanarak moleküler sistemin hesaplamalı modeli oluşturulmuştur veya revize edilmiştir. Sonuçlara ilişki açıklamalar yapılmıştır.	Organizmalar arası gen ilişkilerinin matematiksel farklılıklarını yeterince tanımlanmıştır. Moleküler sistemler ile canlı sistemler arasında ilişki kısmen açıklanmıştır. Veri tabanlarını kullanılarak model oluşturmada bazı düzletmelere ihtiyaç vardır. Sonuçlara ilişkin Boş veya cevap yok.	Organizmalar arası gen ilişkilerinin matematiksel farklılıklarını tanımlamada sınırlıdır. Moleküler fonksiyonların canlı sistemlerine entegre etmede önemli hatalar bulunmaktadır. Veri tabanlarını kullanmada bazı hatalar yapılmıştır. Oluşturduğu modelde eksik veya hatalıdır.	Organizmalar arası gen ilişkilerini matematiksel olarak tanımlanmamıştır. Moleküler fonksiyonları canlı sistemlerine entegre edilememiştir. Veri tabanlarını kullanılamamıştır. Bir model veya simülasyon oluşturulamamıştır. Boş veya cevap yok.

Ek 8.Yenilikçi Biyoteknoloji Laboratuvar Etkinlikleri

ETKİNLİK 1. BİYOTEKNOLOJİ LABORATUVARINA GİRİŞ

Adı-Soyadı: **Tarih:**

Etkinlik Adı: Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş

Süre: 50 dk+ 50 dk + 50 dk

Amaç: Katılımcıların biyoteknolojinin günlük hayattaki yeri ve kullanımı konusunda bilgilendirilmesi. Biyoteknoloji laboratuvarında kullanılan araç-gereç ve cihazların tanıtımı ve kullanım protokolleri.

Konu / Kavramlar: Biyoteknoloji, modern biyoteknoloji, klasik biyoteknoloji, biyoteknoloji uygulamaları, biyoteknolojinin olumlu ve olumsuz yönleri, mikropipetleme, agaroz jel elektroforezi, bakteri ekimi.

Kazanımlar:

-F.8.2.5.1.Genetik mühendisliği ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018).

-12.1.2.2. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramlarını açıklar (MEB, 2018).

-Biyoteknoloji uygulamalarının gerektirdiği cihaz-ekipman ve laboratuvar tekniklerinin neler olabileceği hakkında tahminde bulunur.

-Moleküler biyolojide sıklıkla kullanılan temel teknik ve ekipmanlar deneyerek keşfeder.

-Temel moleküler biyoloji tekniklerini kullanarak deney tasarlar.

Kullanılacak Malzemeler: Çalışma yaprağı, mikropipet, mikropipet uçları, renkli sıvı boyalar, agaroz, ısıtıcı, kalıplar, katı besi ortamı, eküvyon.

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☐ Disiplinlerarası öğrenme

☐ Web tabanlı öğretim

☒ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim

☐ Proje tabanlı öğrenme

☐ Probleme dayalı öğrenme

☐ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☐ Doğrulama veya tümden gelim (kapalı uçlu deneyler)

☐ Tümevarım yaklaşımı (açık uçlu deneyler)

☐ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım (hipotez test etme deneyleri)

☒ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı

☒ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcıların konuya ilişkin dikkatlerini çekebilmek için konu öncesinde Bildiklerim-Merak Ettiklerim- Öğrendiklerim (BMÖ) çizelgesi verilir. BMÖ çizelgesinde bildiklerim ve merak ettiklerim kısmı doldurulduktan sonra çizelgeler toplanır. Daha sonra biyoteknoloji ile ilgili görsel olarak hazırlanmış sunum (power point) gerçekleştirilir. BMÖ tekrar katılımcılara verilerek öğrendiklerim kısmını doldurmaları istenir. Biyoteknoloji konusuna dikkat çektikten sonra, katılımcılara "Moleküler biyolojide kullanılan laboratuvar yöntem ve teknikleri nelerdir?" sorusu sorularak sınıf içerisinde tartışılır. Katılımcılar beşer kişilik gruplar oluşturarak laboratuvar yöntem, teknik ve ekipmanları ile ilgili etkinliklere rehber eşliğinde uygularlar.

Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Konusunda Bildiklerim	Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Konusunda Merak ettiklerim	Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Konusunda Öğrendiklerim

**Bildiklerim- Merak ettiklerim- Öğrendiklerim (BMÖ) Çizelgesi*

İşlem 1: Mikropipetleme

Problem: Moleküler biyoloji çalışmalarında ise genellikle daha küçük hacimlerle çalışmayı gerektirir. Genellikle numunelerin ve reaktiflerin hacimleri mikrolitre veya 1/1000 mililitre olarak ölçülür. Bu küçük hacimler mikropipet adı verilen bir aletle ölçülür. Küçük hacimler hassas ölçümler gerektirir. Dikkatli olunmazsa ölçümler hatalı olabilir.

Beher	**Mezür**	**Damlalık**	**Mikropipet**
1 litre (L) ya da 1000 mililitre (mL) ya da 1.000.000 mikrolitre (μL)	10 mL ya da 10.000 μL	1 mL ya da 1000 μL	0.001 mL ya da 1 μL



Yönlendirici soru: Sizce bu ölçüm hatasını etkileyen faktörler neler olabilir?

Neler bilmeliyiz? (Bildiğiniz soruları kutucuklarını işaretleyiniz, bilmediklerinizi grup arkadaşlarınız ile tartışınız.)

☐ Fen bilimlerinde kullanılan hacim birimleri nelerdir?

☐ Hacimleri aktarmak için hangi araç- gereçler kullanılmaktadır?

☐ Mikropipet nedir?

☐ Mikropipet moleküler biyolojide sıklıkla hangi deneylerde kullanılmaktadır?

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Mikropipet, mikropipet uçları, renkli sıvılar, eppendorf tüpü.

Hipotez (“Seçtiğiniz araç- gereç ve sarf malzemelerini kullandığınızda bulacağınız yanıt ne olabilir?”)

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme ("Yapacağınız deneyde değişkenler neler olabilir?")

Bağımlı değişken	**Bağımsız değişken**	**Kontrol değişkeni**
"Bu deneyde gözlemlemek istediğiniz nedir?"	"Bu deneyin sonucunda neyin etkisini gözlemlemek istiyorsunuz?"	"Bu deneyin sonucunda sabit tuttuğunuz, değiştirmediğiniz değişkenler nelerdir?"

Nasıl yapalım?

Size verilen malzemelere göre tabloda verilen bileşimlerde bir karışım hazırlayınız. Hazırladığınız karışımı daha sonra 10 adet eppendorf tüpüne eşit miktarda dağıtınız.

Verileri düzenleme:

Tablo

Tüp	Sarı	Kırmızı	Mavi	Su	Tahmini Toplam Hacim	Ölçülen Toplam hacim
A	0	200	300	500		
B	250	0	200	550		

Sonuç ve değerlendirme (Araştırma ve deneysel çalışma sonuçlarını yorumlayınız)

İşlemi tamamladıktan sonra tüpleri gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlar kurduğunuz hipotez ile uyumlu mu? Benzerlik ve farklılıkları belirtiniz.

İşlem 2: Jel (agaroz) hazırlama

Problem: Elektroforez deneyi için farklı derişimlerde agaroz jel hazırlanması gerekmektedir. Bunun için gerekli gördüğünüz malzemeleri kullanarak jel hazırlayınız. Jeli uygun şekilde hazırladıktan sonra jelde gıda boyalarının ilerlemesini sağlayarak durumlarını gözlemleyiniz.

Yönlendirici soru: Sizce gıda boyalarının jelde ilerlemesi nelere bağlıdır?

Neler bilmeliyiz? (Bildiğiniz soruları kutucuklarını işaretleyiniz, bilmediklerinizi grup arkadaşlarınız ile tartışınız.)

☐ Agaroz nedir?

☐ Elektroforez nedir?

☐ Elektroforezin çalışma prensibi nedir?

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Agaroz, ısıtıcı, beher, mezür, distile su, renkli gıda boyaları

Hipotez ("Seçtiğiniz araç- gereç ve sarf malzemelerini kullandığınızda bulacağınız yanıt ne olabilir?")

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme ("Yapacağınız deneyde değişkenler neler olabilir?")

Bağımlı değişken	**Bağımsız değişken**	**Kontrol değişkeni**
"Bu deneyde gözlemlemek istediğiniz nedir?"	"Bu deneyin sonucunda neyin etkisini gözlemlemek istiyorsunuz?"	"Bu deneyin sonucunda sabit tuttuğunuz, değiştirmediğiniz değişkenler nelerdir?"

Nasıl yapalım? Size verilen malzemelere göre farklı derişimlerde agaroz jel hazırlayınız. Renkli boyaları jele yükleyip elektriksel akımda hareketini gözlemleyiniz.

Verileri düzenleme:

Boya ilerlemesi (Marker)	% 1 Agaroz			% 0.5 Agaroz			% 0.1 Agaroz		
	Kırmızı	Sarı	Mavi	Kırmızı	Sarı	Mavi	Kırmızı	Sarı	Mavi

Sonuç ve değerlendirme (Araştırma ve deneysel çalışma sonuçlarını yorumlayınız)
Boyaların farklı derişimlerdeki ilerlemelerini gözlemleyiniz? Elde ettiğiniz sonuçlar kurduğunuz hipotez ile uyumlu mu? Benzerlik ve farklılıkları belirtiniz.

İşlem 3: Çevremizdeki mikroorganizmalar

Problem: Biyoteknolojik çalışmalarda, mikroorganizmaların kullanılabilmesi için önce örnek alınmalı daha sonra laboratuvar ortamında bu mikroorganizmaların gelişimlerinin sağlanması gerekmektedir. Farklı kaynaklardan elde edilen bakterilerin gelişimini gözlemleyelim.

Yönlendirici soru: Sizce besiyeri ortamında bakteri gelişimi nelere bağlıdır? Örneğin alındığı kaynak ve derişim mikroorganizma türü ve sayısını, sıcaklık nasıl etkiler?

Neler bilmeliyiz? (Bildiğiniz soruları kutucuklarını işaretleyiniz, bilmediklerinizi grup arkadaşlarınız ile tartışınız.)

☐ Mikroorganizma nedir?

☐ Mikroorganizmalar nerelerde bulunur?

☐ Bakteriler laboratuvar ortamında kontrollü olarak nasıl üretilir?

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Besiyeri, damlalık, eppendorf tüpü, yayma çubuğu, steril fosfat tamponu

Hipotez ("Seçtiğiniz araç- gereç ve sarf malzemelerini kullandığınızda bulacağınız yanıt ne olabilir?")

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme ("Yapacağınız deneyde değişkenler neler olabilir?")

Bağımlı değişken	**Bağımsız değişken**	**Kontrol değişkeni**
"Bu deneyde gözlemlemek istediğiniz nedir?"	"Bu deneyin sonucunda neyin etkisini gözlemlemek istiyorsunuz?"	"Bu deneyin sonucunda sabit tuttuğunuz, değiştirmediğiniz değişkenler nelerdir?"

Nasıl yapalım:

Hipotezinizi test etmek için bir deney tasarlayınız. Bu etkinliği gerçekleştirirken laboratuvar güvenliği kurallarına dikkat ediniz.

Verileri düzenleme:
Bakteri sayısı, test ettiğiniz faktörden nasıl etkilenmektedir? Tablo çiziniz.
Elde ettiğiniz verileri kullanarak "Bakteri sayısı ve Gelişimi Etkileyen Faktör" grafiği çiziniz.

Sonuç ve değerlendirme (Araştırma ve deneysel çalışma sonuçlarını yorumlayınız)
Besiyerlerinde gelişen bakterileri gözlemleyiniz?

ETKİNLİK 2: GENOMİK DNA İZOLASYONU

Adı-Soyadı: **Tarih:**

Etkinlik Adı: Genomik DNA İzolasyonu

Süre: 50 dk+ 50 dk

Amacı: Katılımcıların DNA'nın fiziksel ve kimyasal yapısı konularında bilgilendirilmesi, hücreden DNA izolasyonun gerçekleştirilmesi.

Konu/ Kavramlar: Hücre, DNA, DNA'nı fiziksel ve kimyasal yapısı, DNA izolasyonu.

Kazanımlar:

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

-Hücre içindeki genomik DNA'yı deney yaparak gösterir.

-Genomik DNA izolasyonu için gerekli olan çözelti ve araç-gereçleri kullanarak deney düzeneğini kurar.

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Kivi meyvesi, mikropipet ve uçları ısıtıcı blok, termometre, DNA izolasyon için gerekli solüsyonlar, süzgeç kâğıdı.

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☐ Disiplinlerarası öğrenme

☐ Web tabanlı öğretim

☐ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim

☒ Proje tabanlı öğrenme

☐ Probleme dayalı öğrenme

☐ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☐ Doğrulama veya tümden gelim

☐ Tümevarım yaklaşımı

☐ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım

☒ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı

☐ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcılar ikişer kişilik gruplara ayrılır. Rehber eşliğinde etkinlik gerçekleştirilir.

Problem: Biyoteknolojik çalışmaların merkezi, kalıtsal genetik materyal ve yaşamsal molekül olan DNA'nın yapısının anlaşılmasıdır. Biyoteknolojik bir analizde kullanmak üzere hücreden DNA'nın izole edilmesi gerekmektedir.

Yönlendirici soru: Hücreden DNA nasıl izole edilir?

Neler bilmeliyiz? (Bildiğiniz soruları kutucuklarını işaretleyiniz, bilmediklerinizi grup arkadaşlarınız ile tartışınız.)

☐ DNA izolasyonunda kullanılan kimyasal malzemeler nelerdir?

☐ Kullanılan kimyasal malzemelerin konsantrasyonları nasıldır?

☐ Bu malzemelerin kullanım sırası önemli midir?

Hipotez:

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme:

Nasıl yapalım:

DNA izolasyonunda hangi kimyasal malzemeleri kullanmalıyız? Belirlediğiniz malzemeleri kullanım amaçları ile birlikte yazınız.

DNA izolasyonunda kullanmayı belirlediğiniz malzemelerin konsantrasyonları nedir? Tablo oluşturunuz.

DNA izolasyonu için belirlediğiniz malzeme ve konsantrasyonları kullanarak grubunuzla birlikte bir deney tasarlayınız. Tasarladığınız deneyi gerçekleştirerek verileri kaydediniz.

Verileri düzenleme:

Deneyin aşamaları

Sonuç ve değerlendirme:

Deney sonucuna göre kurduğunuz hipotezin doğru veya yanlış olduğunu değerlendiriniz.

Benim tasarımım:

Biyoteknolojik uygulamalarda mikroorganizmalar önemli rol oynamaktadır. Günlük yaşamla bağlantılı mikroorganizmaların biyoteknolojik uygulamalarını içeren ve "Bakteri hücresindeki DNA'yı gözlemlemek için nasıl bir deney tasarlarsınız?" sorusuna da cevap verebilecek, grubunuzla birlikte mini bir proje tasarlayınız. Aşağıda verilen proje tasarım şablonuna/formatını kullanınız.

PROJE TASARIMI ŞABLONU	
Projenin Adı:	
Projenin Konusu:	
Proje Ekibi:	
Projenin Özeti:	
Araştırma Sorusu:	
Giriş	
Projenin özgün değeri/ Yenilikçi yönü:	
Projenin yaygın etkisi (Yakından uzağa):	

Projenin yapılabilirliği (Ekip, ekipman/ malzeme, bütçe vb.)			
Projenin yapım aşamaları:	Yöntem	Araştırmanın tasarımı- uygulaması	Elde edilen bulgular
Sonuç ve değerlendirme:			
Kaynaklar:			

ETKİNLİK 3: POLİMERAZ ZİNCİR REAKSİYONU

Adı-Soyadı: **Tarih:**

Etkinlik Adı: Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR)

Süre: 50 dk+ 50 dk

Amaç: Katılımcıların DNA'nın kendini eşlemesi ve PZR'ın prensibi konusunda bilgilendirilmesi, PZR reaksiyonları ve teknolojisi bileşenlerin her birini daha yakından incelemesi

Konu/ Kavramlar: DNA dizilimi, polimeraz, primer, dNTP'ler, kalıp DNA, Polimeraz Zincir Reaksiyonu, genom projesi, mutasyonların sebep olduğu genetik hastalıklar.

Kazanımlar:

-F.8.2.1.3. DNA'nın kendini nasıl eşlediğini ifade eder (MEB, 2018).

-12.1.2.3. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarını açıklar (MEB, 2018)

-DNA'nın laboratuvar ortamında çoğaltılması için gerekli temel ögeleri açılar.

-PZR düzeneğini kurar.

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Bilgisayar, çalışma yaprağı, ısıl döngü cihazı, PZR tüpleri, mikropipet ve uçları, kalıp DNA, primer, hazır PZR çözeltisi.

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☐ Disiplinlerarası öğrenme

☒ Web tabanlı öğretim

☐ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim

☐ Proje tabanlı öğrenme

☒ Probleme dayalı öğrenme

☐ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☒ Doğrulama veya tümden gelim

☐ Tümevarım yaklaşımı

☐ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım

☐ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı

☐ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcılar iki ya da üçer kişilik gruplara ayrılır. Katılımcıların çalışma yaprağında verilenlere göre rehber eşliğinde etkinliği gerçekleştirir.

Problem: Genom projesi ile çok sayıda organizmanın gen dizilimleri belirlenmiştir. DNA diziliminin belirlenmesi, basitçe reaksiyona radyoaktif olarak işaretlenmiş baz eklenerek, DNA polimerazı adı verilen enzim ile tıpkı fermuar gibi açılan DNA eşlenik zincirlerini sentezleyerek değişik uzunluklarda DNA zincirinin oluşması ve görüntülenmesi prensibine dayanır. Peki gen haritasının veya gen diziliminin belirlenmesi gerçekte neyi ifade etmektedir? Sağlıklı bir insanın gen dizilimini bilirsek hastalıklı bir insanın hastalığının nedenini bulabilir miyiz? Bilim insanlarının elinde hastalığa sebep olan mutasyona uğramış ve sağlıklı bireye ait DNA'ları bulunmaktadır.

Yönlendirici soru: Hangi genin mutasyona uğramış olduğunu belirlemek için basit ve ucuz yöntem nedir? En az iki yöntem belirleyiniz ve grup arkadaşlarınızla birlikte yöntemin artılarını ve eksilerini tartışınız.

Problem hakkında bildiklerim:

Neler bilmeliyiz?

☐ DNA dizilimi nedir?

☐ DNA'nın hedef bölgesini çoğaltmanın yolları nelerdir?

☐ DNA'nın belli bir bölgesini çoğaltmada gerekli olan bileşenler nelerdir?

☐ DNA dizilimi belirlemede kullanılan yöntemler nelerdir?

Problemi çözmek için nelere ihtiyacım var?

Hipotez:

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme:

Problemi çözmek için ne yapmalıyım? (Nasıl yapalım?)

Bunun için sanal laboratuvarı gerçekleştiriniz. Bilgisayar ile internet ortamından verilen (http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/pcr/) linke girerek, yönlendirme aşamalarını takip ediniz. Reaksiyonda gerçekleşen basamakları ve sıcaklıklarını not ediniz.

Laboratuvar ortamında, gerekli gördüğünüz malzemeleri kullanarak deney tasarlayınız. İşlem basamaklarını kaydediniz.

Verileri düzenleme:

Reaksiyonun gerçekleşmesi için hangi bileşenlerden ne kadar olmalıdır? Tabloya kaydediniz.

Gerekli bileşenler	Çözelti miktarları (µL)

Döngü sıcaklıkları ve süresi ne kadar olmalıdır? Tabloya not ediniz.

Döngü isimleri	Sıcaklık	Süre
1.		
2.		
3.		

Elde ettiğiniz verileri kullanarak “Döngü İsmi ve Sıcaklık” grafiği çiziniz.

Sonuç ve değerlendirme:

Bulgularınız doğrultusunda verdiğiniz karar/kararlar nedir? Her bir kararın olası sonucu nedir? Gelecekteki etkileri nelerdir?

ETKİNLİK 4: SUÇLU KİM?

Adı-Soyadı: **Tarih:**

Etkinlik Adı: Suçlu kim?

Süre: 50 dk + 50 dk + 50 dk

Amaç: Katılımcıların yaşamsal örnekte verilen olayın çözülmesi için biyoteknolojik yöntemlerden elektroforez tekniğini kullanarak argümanlarını doğrulamaları veya yanlışlamaları amaçlanmıştır.

Konu/ Kavramlar: DNA molekül büyüklüğü, DNA parmak izi, genetik mühendisliği, biyoteknoloji, adli biyoteknoloji, agaroz jel elektroforezi.

Kazanımlar:

-12.1.2.4. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının insan hayatına etkisini değerlendirir (MEB, 2018).

-F.8.2.5.1. Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018).

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

-Jel elektroforezi düzeneğini kurar.

-DNA'nın jel üzerinde oluşturduğu izleri karşılaştırır ve yorumlar.

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Çalışma yaprağı, DNA (PZR ürünü), DNA standardı, %0.8'lik agaroz jel, 1xTBE (Tris-Borate- EDTA) tamponu, elektroforez düzeneği (jel dökme standı, taraklar, yürütme tankı, güç kaynağı)

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☐ Disiplinlerarası öğrenme

☐ Web tabanlı öğretim

☐ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim

☐ Proje tabanlı öğrenme

☐ Probleme dayalı öğrenme

☒ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☐ Doğrulama veya tümden gelim

☒ Tümevarım yaklaşımı

☐ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım

☐ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı

☐ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcılar iki ya da üçer kişilik gruplara ayrılır. Katılımcılar geliştirdikleri argümanları doğrulamak amacı ile elektroforez tekniğini kullanırlar. Sonuçlar sınıf ortamında tartışılır.

Problem: Suçlu kim?

1992 gecesi bir kadın boğularak öldürülmüş ve çevredeki sanayi bulunan boş bir fabrikanın yanındaki meşe ağaçlarının altına atılmıştı. Dedektifler maktulün yanında bir de kitap sayfası ayıracı buldular. Bu delil ait olduğu kişiyi şüpheli duruma sokuyordu. Sorgulama sonucunda adam cinayet günü kadınla birlikte olduğunu kabul etti fakat fabrikanın civarında olmadığını ve kadının kitap sayfası ayıracını kamyonetinden çalmış olabileceğini iddia etti. Kadının üzerindeki kan lekesinden elde edilen DNA adamın DNA'sı ile uyuşmuyordu. Kamyonetin incelenmesiyle şüphelinin fabrika yakınında olduğunu gösteren kritik bir ipucu elde ettiler. Kamyonetin koltuğunda meşe palamudu bulundu.

Yönlendirici soru: Sizce adam cinayetten suçlu mudur? Suçlu ya da suçsuzluğunu nasıl ispat edersiniz?

Neler bilmeliyiz?

☐ Adli biyoteknoloji nedir?

☐ Adli biyoteknolojide kullanılan yöntemler nelerdir?

☐ DNA parmak izi nasıl oluşturulur?

☐ Elektroforez nedir?

Olayı dikkatlice inceleyiniz. Kararınızı grubunuzla tartışınız ve boşlukları kararınıza etki eden faktörleri de değerlendirerek doldurunuz.

Hipotez: Sizce suçlu kim? Kararınızı destekleyen iddiaları yazınız.

1.

2.

3.

İddianızı destekleyen veri ve gerekçelerinizi yazınız.

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme:

Gerekçenizi çoğu zaman destekleyen bulgular:

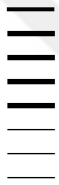
Gerekçenizi bazen çürütebilen bulgular:

<u>İddianızı sınamak için etkinliği gerçekleştiriniz.</u>

Nasıl yapalım?

Elimizde makdül ve şüphelilere ait çeşitli işlemler uygulanmış DNA'lar vardır. Bu DNA'ları karşılaştırabilmek için nasıl bir deney tasarlarsınız?

Verileri düzenleme:

DNA marker (1 kb)	Makdül	Şüpheli	Şüpheli	Şüpheli	Şüpheli
					

Sonuç ve değerlendirme:

Bulgularınız doğrultusunda verdiğiniz karar/kararlar nedir? Her bir kararın olası sonucu nedir? Gelecekteki etkileri nelerdir?

ETKİNLİK 5: BİYOENFORMATİK-FİLOGENETİK TAHMİN

Adı-Soyadı: **Tarih:**

Etkinlik Adı: Biyoenformatik: Filogenetik Tahmin

Süre: 2 saat

Amaç: Biyoteknolojide biyoenformatiğin kullanım alanları, farklı organizmaların gen dizilimlerindeki farklılıklarla filogenetik ağaç oluşturması ve BLAST algoritmasının kullanımı.

Konu/ Kavramlar: Genetik hastalıklar, genetik hastalıkların evrimsel gelişimi, biyoenformatik kullanılarak dizi hizalama, veri tabanı araması.

Kazanımlar:

-9.3.1.1. Canlıların çeşitliliğinin anlaşılmasında sınıflandırmanın önemini açıklar (MEB, 2018).

-F.8.2.5.1. Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018).

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

-Çeşitli veri tabanlarını kullanarak biyolojik verileri analiz eder ve değerlendirir.

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Bilgisayar, internet erişimi, çalışma yaprağı.

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☒ Disiplinlerarası öğrenme

☒ WEB tabanlı öğretim

☐ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim

☐ Proje tabanlı öğrenme

☐ Probleme dayalı öğrenme

☐ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☐ Doğrulama veya tümden gelim

☐ Tümevarım yaklaşımı

☒ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım

☐ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı

☐ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcılar bireysel olarak, internet ortamında belirledikleri genetik hastalığın nükleotid dizisini tespit ederler. Bu nükleotid dizine göre filogenetik ağaç oluştururlar. Sonuçlar sınıf ortamında tartışılır.

Problem: Tıp bilimi hastalıkları mekanik biyoloji yaklaşımı ile açıklamaya çalışır ve "Hastalıklar nasıl oluşuyor?" sorusunu temel alır. Oysa günümüzde yeni bir anlayışla bazı tıp bilimcileri evrim teorisinden esinlenerek hastalıkları anlamak için niçin sorusuna yönelmişlerdir: Bu hastalık niçin oluşuyor? Örneğin tansiyon hastalığı niçin oluşuyor? Bilim insanları depresyon ve kalp krizi risklerinin artışını tetikleyen genetik varyasyonların bir kısmının Neandertallerden kalıtım yoluyla bizlere geçmiş olabileceğine dair çalışmalarını sürdürmekteler (Science News, 2016).

Yönlendirici soru: İnsanlarda meydana gelen genetik hastalıkların (Kistik fibroz, Huntington vb.) sebebi geçmişteki akrabalarımız olabilir mi? Bu önemli hastalıkların diğer organizmalarla ilişkisi nedir?

Neler bilmeliyiz?

☐Genetik hastalıklar nelerdir?

☐Genetik hastalıkların sebebi nedir?

☐Genetik hastalıklar nasıl teşhis edilir?

☐Evrimsel tıp nedir?

☐Biyoenformatik nedir?

Hipotez:

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme:

Nasıl yapalım?

1. İnsanlarda bulunan hastalıklarla ilgili genetik, klinik ve diğer bilgileri depolayan OMIM (Online Mendelian Inheritance in Man [İnsandaki Çevrimiçi Mendel Kalıtımı]) web sitesini açınız (https://www.omim.org).
2. İlginiz doğrultusunda belirlediğiniz genetik hastalığı OMIM veri tabanında aratınız. Arama sonucu elde ettiğiniz verileri (genin yeri, nasıl kalıtıldığını vb.) not ediniz.
3. NCBI (National Center of Biotechnology Information) sitesinde belirlediğiniz gen bölgesine ilişkin verileri toplayınız.
4. BLAST algoritmasını kullanarak rehber eşliğinde evrimsel ağacı oluşturunuz.

Verileri düzenleme:

Sonuç ve değerlendirme:

Bulgularınız doğrultusunda verdiğiniz karar/kararlar nedir? Her bir kararın olası sonucu nedir? Gelecekteki etkileri nelerdir?

Ek 9.Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları Programı

BİYOTEKNOLOJİ EĞİTİM UYGULAMALARI (BioTek Lab.) ETKİNLİK PROGRAMI

1.Gün (01. 02. 2018 Perşembe)					
Saatler	**Süre (Ders saati)**	**Etkinlik Adı**	**Kullanılan Öğretim Yaklaşımı**	**Deneysel Aşama**	**İşlenecek Konu**
09:30-10:20	1	Biyoteknoloji nedir?			Ön-test, biyoteknolojinin günlük hayattaki yeri ve uygulama alanları
10:30-11:20	1	Biyoteknoloji Laboratuvarına Giriş	Araştırma- sorgulamaya dayalı öğretim	Mikropipetleme	Laboratuvar güvenliği ve cihaz-ekipman tanıtımı
11:30-12:20	1			Agaroz Jel Elektroforezi	Meyve hücrelerinden basit malzemelerle DNA eldesi
13:00-13:50	1			Çevremizdeki Mikroorganizmalar	DNA'nın elektroforetik analizi
14:00-14:50	1	Genomik DNA İzolasyonu	Proje tabanlı öğrenme		Çeşitli çevresel örneklerden mikroorganizma kültürü etkinliği
2.Gün (02.02.2018 Cuma)					
Saatler	**Süre (Ders saati)**	**Etkinlik Adı**	**Kullanılan Öğretim Yaklaşımı**		**İşlenecek Konu**
09:30-10:20	1	Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR)	Problem tabanlı öğrenme		Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) tekniğinin hakkında bilgilendirme
10:30-12:20	2			PZR Laboratuvarı	DNA'nın PZR ile laboratuvar ortamında çoğaltılması
13:00-14:50	2	Suçlu Kim?	Argümantasyon tabanlı öğrenme		Jel elektroforezi tekniğinin adli biyoteknoloji uygulamaları
3.Gün (03.02.2018 Cumartesi)					
Saatler	**Süre (Ders saati)**	**Etkinlik Adı**	**Kullanılan Öğretim Yaklaşımı**		**İşlenecek Konu**
09:30-11:20	2	Biyoenformatik : Filogenetik tahmin	Web tabanlı disiplinlerarası öğrenme		Biyoenformatik temel kavramlar, DNA-Protein veri tabanları, BLAST: Dizi karşılaştırma yöntemi
11:30-12:20	1	Değerlendirme			Son-test ve hizmetiçi eğitimin değerlendirilmesi

Ek 10. Katılımcıların Doldurdukları Etkinlik Formlarına İlişkin Örnekler

ETKİNLİK 1. BİYOTEKNOLOJİ VE LABORATUVARA GİRİŞ

Adı-Soyadı: [redacted] **Tarih:** 01/02/2018

Etkinlik Adı: Biyoteknoloji ve laboratuvara giriş

Süre: 50 dk+ 50 dk + 50 dk

Amaç: Katılımcıların biyoteknolojinin günlük hayattaki yeri ve kullanımı konusunda bilgilendirilmesi. Biyoteknoloji laboratuvarında kullanılan araç-gereç ve cihazların tanıtımı ve kullanım protokolleri.

Konu / Kavramlar: Biyoteknoloji, modern biyoteknoloji, klasik biyoteknoloji, biyoteknoloji uygulamaları, biyoteknolojinin olumlu ve olumsuz yönleri, mikropipetleme, agaroz jel elektroforezi, bakteri ekimi.

Kazanımlar:

-F.8.2.5.1.Genetik mühendisliği ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018).

-12.1.2.2. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramlarını açıklar (MEB, 2018).

-Biyoteknoloji uygulamalarının gerektirdiği cihaz-ekipman ve laboratuvar tekniklerinin neler olabileceği hakkında tahminde bulunur.

-Moleküler biyolojide sıklıkla kullanılan temel teknik ve ekipmanlar deneyerek keşfeder.

-Temel moleküler biyoloji tekniklerini kullanarak deney tasarlar.

Kullanılacak Malzemeler: Çalışma yaprağı, Mikropipet, mikropipet uçları, renkli sıvı boyalar, agaroz, ısıtıcı, kalıplar, katı besi ortamı, eküvyon.

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☐ Disiplinlerarası öğrenme
☐ Web tabanlı öğretim
☒ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim
☐ Proje tabanlı öğrenme
☐ Probleme dayalı öğrenme
☐ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☐ Doğrulama veya tümden gelim (kapalı uçlu deneyler)
☐ Tümevarım yaklaşımı (açık uçlu deneyler)
☐ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım (hipotez test etme deneyleri)
☒ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı
☒ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcılar Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları etkinliği hakkında bilgilendirilir. Katılımcıların konuya ilişkin dikkatlerini çekebilmek için konu öncesinde Bildiklerim-Merak Ettiklerim- Öğrendiklerim (BMÖ) çizelgesi verilir. BMÖ çizelgesinde bildiklerim ve merak ettiklerim kısmı doldurulduktan sonra çizelgeler toplanır. Daha sonra biyoteknoloji ile ilgili görsel olarak hazırlanmış sunum (power point) gerçekleştirilir. BMÖ tekrar katılımcılara verilerek öğrendiklerim kısmını doldurmaları istenir. Biyoteknoloji konusuna dikkat çektikten sonra, katılımcılara "Moleküler biyolojide kullanılan laboratuvar yöntem ve teknikleri nelerdir?" sorusu sorularak sınıf içerisinde tartışılır. Katılımcılar beşer kişilik gruplar oluşturarak laboratuvar yöntem, teknik ve ekipmanları ile ilgili etkinliklere rehber eşliğinde uygularlar.

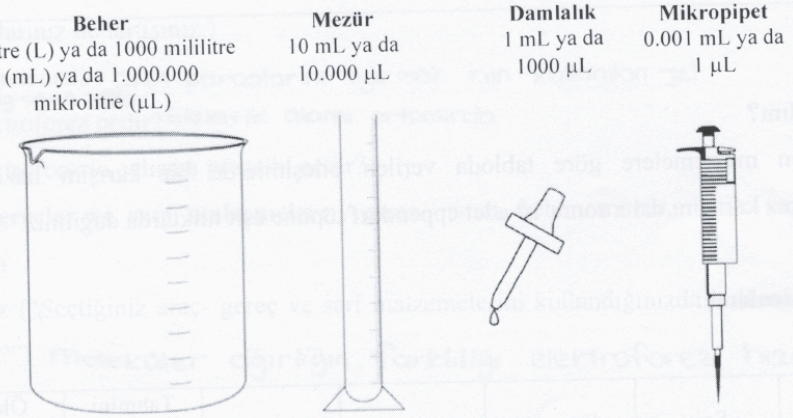
1

Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Konusunda Bildiklerim	Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Konusunda Merak ettiklerim	Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Konusunda Öğrendiklerim
* GDO'lu besinlerin üretilmesi * kök hücre tedavisi * yapay organ nakli * ilaçlar * Mikrofiber bezler, su geçirmeyen giysiler. *	*Son zamanlarda yapılan çalışmalar * Çalışma alanları, zorlukları * Gelecekte yapabilecekleri	Biyoteknolojik uygulama alanları *Bira yapımı, penisilin geleneksel (klasik) biyoteknoloji *Genetik mühendisliği ise modern biyoteknoloji.

**Bildiklerim- Merak ettiklerim- Öğrendiklerim (BMÖ) Çizelgesi*

İşlem 1: Mikropipetleme

Problem: Moleküler biyoloji çalışmalarında ise genellikle daha küçük hacimlerle çalışmayı gerektirir. Genellikle numunelerin ve reaktiflerin hacimleri mikrolitre veya 1/1000 mililitre olarak ölçülür. Bu küçük hacimler mikropipet adı verilen bir aletle ölçülür. Küçük hacimler hassas ölçümler gerektirir. Dikkatli olunmazsa ölçümler hatalı olabilir.



Yönlendirici soru: Sizce bu ölçüm hatasını etkileyen faktörler neler olabilir?

Neler bilmeliyiz? (Bildiğiniz soruları kutucuklarını işaretleyiniz, bilmediklerinizi grup arkadaşlarınız ile tartışınız.)

☒ Fen bilimlerinde kullanılan hacim birimleri nelerdir?

☐ Hacimleri aktarmak için hangi araç- gereçler kullanılmaktadır?

☒ Mikropipet nedir?

☐ Mikropipet moleküler biyolojide sıklıkla hangi deneylerde kullanılmaktadır?

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Mikropipet, mikropipet uçları, renkli sıvılar, eppendorf tüpü.

Hipotez ("Seçtiğiniz araç- gereç ve sarf malzemelerini kullandığınızda bulacağınız yanıt ne olabilir?")

Mikropipet hatasını basma-çekme hızı etkileyebilir.

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme ("Yapacağınız deneyde değişkenler neler olabilir?")

Bağımlı değişken "Bu deneyde gözlemlemek istediğiniz nedir?"	**Bağımsız değişken** "Bu deneyin sonucunda neyin etkisini gözlemlemek istiyorsunuz?"	**Kontrol değişkeni** "Bu deneyin sonucunda sabit tuttuğunuz, değiştirmediğiniz değişkenler nelerdir?"
Hata miktarı	Basma şiddeti (kişiyi değiş.)	sıvı, mikropipet

Nasıl yapalım?

Size verilen malzemelere göre tabloda verilen bileşimlerde bir karışım hazırlayınız. Hazırladığınız karışımı daha sonra 10 adet eppendorf tüpüne eşit miktarda dağıtınız.

Verileri düzenleme:

Tablo

Tüp	Sarı	Kırmızı	Mavi	Su	Tahmini Toplam Hacim	Ölçülen Toplam hacim
A	0	+ 200	+ 300	500	1000	910
B	250	0	200	+ 550	1000	1010

Sonuç ve değerlendirme (Araştırma ve deneysel çalışma sonuçlarını yorumlayınız)

İşlemi tamamladıktan sonra tüpleri gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlar kurduğunuz hipotez ile uyumlu mu? Benzerlik ve farklılıkları belirtiniz.

Hızlı basma-çekme yapıldığında eksik ölçüm çıkıyor.
Yavaş " " fazla " "

İşlem 2: Jel (agaroz) hazırlama

Problem: Elektroforez deneyi için farklı derişimlerde agaroz jel hazırlanması gerekmektedir. Bunun için gerekli gördüğünüz malzemeleri kullanarak jel hazırlayınız. Jeli uygun şekilde hazırladıktan sonra jelde gıda boyalarının ilerlemesini sağlayarak durumlarını gözlemleyiniz.

Yönlendirici soru: Sizce gıda boyalarının jelde ilerlemesi nelere bağlıdır?

Neler bilmeliyiz? (Bildiğiniz soruları kutucuklarını işaretleyiniz, bilmediklerinizi grup arkadaşlarınız ile tartışınız.)

☐ Agaroz nedir? DNA parçalarını ayırmak için kullanılan jel Alg türü bitki

☐ Elektroforez nedir? Elektrik akımı ortamında

☐ Elektroforezin çalışma prensibi nedir?

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Agaroz, ısıtıcı, beher, mezür, distile su, renkli gıda boyaları

Hipotez ("Seçtiğiniz araç- gereç ve sarf malzemelerini kullandığınızda bulacağınız yanıt ne olabilir?") Moleküler ağırlığın farklılığı elektroforez hızını etkiler.

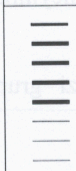
Değişkenleri belirleme ve kontrol etme ("Yapacağınız deneyde değişkenler neler olabilir?")

Bağımlı değişken "Bu deneyde gözlemlemek istediğiniz nedir?"	**Bağımsız değişken** "Bu deneyin sonucunda neyin etkisini gözlemlemek istiyorsunuz?"	**Kontrol değişkeni** "Bu deneyin sonucunda sabit tuttuğunuz, değiştirmediğiniz değişkenler nelerdir?"
Elektroforez Hızı	Renkli sular (molekül ağırlığı)	Jel derişimi Kaynak gücü

Nasıl yapalım? Size verilen malzemelere göre farklı derişimlerde agaroz jel hazırlayınız. Renkli boyaları jele yükleyip elektriksel akımda hareketini gözlemleyiniz.

*DNA fosfat grubu yüzünden - yüklüdür.

Verileri düzenleme:

Boya ilerlemesi (Marker)	% 1 Agaroz			% 0.5 Agaroz			% 0.1 Agaroz		
	Kırmızı	Sarı	Mavi	Kırmızı	Sarı	Mavi	Kırmızı	Sarı	Mavi
				Çok ve eşit ilerleme		Az ilerleme			

Sonuç ve değerlendirme (Araştırma ve deneysel çalışma sonuçlarını yorumlayınız)

Boyaların farklı derişimlerdeki ilerlemelerini gözlemleyiniz? Elde ettiğiniz sonuçlar kurduğunuz hipotez ile uyumlu mu? Benzerlik ve farklılıkları belirtiniz.

Farklı renkteki suların ilerleme hızına bakıldı. Mavi renk geride kaldığı için kırmızı ve sarı renkten daha ağırdır. Kırmızı ve sarı renklerin ilerlemesi aynı olduğundan ağırlıkları yaklaşık olarak aynıdır.

İşlem 3: Çevremizdeki mikroorganizmalar

Problem: Biyoteknolojik çalışmalarda, mikroorganizmaların kullanılabilmesi için önce örnek alınmalı daha sonra laboratuvar ortamında bu mikroorganizmaların gelişimlerinin sağlanması gerekmektedir. Farklı kaynaklardan elde edilen bakterilerin gelişimini gözlemleyelim.

Yönlendirici soru: Sizce besiyeri ortamında bakteri gelişimi nelere bağlıdır? Örneğin alındığı kaynak ve derişim mikroorganizma türü ve sayısını, sıcaklık nasıl etkiler?

Neler bilmeliyiz? (Bildiğiniz soruları kutucuklarını işaretleyiniz, bilmediklerinizi grup arkadaşlarınız ile tartışınız.)

☑ Mikroorganizma nedir?

☑ Mikroorganizmalar nerelerde bulunur?

☐ Bakteriler laboratuvar ortamında kontrollü olarak nasıl üretilir?

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Besiyeri, damlalık, eppendorf tüpü, yayma çubuğu, steril fosfat tamponu

Hipotez ("Seçtiğiniz araç- gereç ve sarf malzemelerini kullandığınızda bulacağınız yanıt ne olabilir?") Örneğin alındığı kaynak mikroorganizma sayısını etkiler.

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme ("Yapacağınız deneyde değişkenler neler olabilir?")

Bağımlı değişken "Bu deneyde gözlemlemek istediğiniz nedir?"	**Bağımsız değişken** "Bu deneyin sonucunda neyin etkisini gözlemlemek istiyorsunuz?"	**Kontrol değişkeni** "Bu deneyin sonucunda sabit tuttuğunuz, değiştirmediğiniz değişkenler nelerdir?"
Mikroorganizma sayısı	Kaynak (Toprak Deniz suyu)	Besi yeri Sıcaklık

Nasıl yapalım:

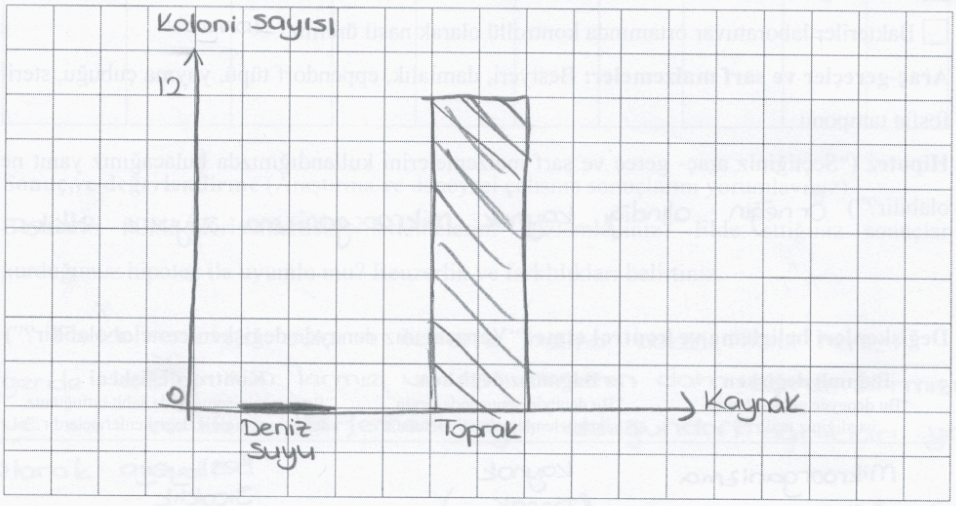
Hipotezinizi test etmek için bir deney tasarlayınız. Bu etkinliği gerçekleştirirken laboratuvar güvenliği kurallarına dikkat ediniz.

Verileri düzenleme:

Bakteri sayısı, test ettiğiniz faktörden nasıl etkilenmektedir? Tablo çiziniz.

Topraktan aldığımız örnekte daha fazla mikroorganizma oluşur.

Elde ettiğiniz verileri kullanarak "Bakteri sayısı ve Gelişimi Etkileyen Faktör" grafiği çiziniz.



Sonuç ve değerlendirme (Araştırma ve deneysel çalışma sonuçlarını yorumlayınız)

Besiyerlerinde gelişen bakterileri gözlemleyiniz?

Sonuç olarak örneğin alındığı ortam mikroorganizma sayısını etkiledi. Deney 24 saat süre sonunda incelendi ve topraktan alınan örnekte daha fazla mikroorganizma üredi.

ETKİNLİK 2: GENOMİK DNA

Adı-Soyadı: [redacted] **Tarih:** 01.02.2018

Etkinlik Adı: Genomik DNA

Süre: 50 dk+ 50 dk

Amacı: Katılımcıların DNA'nın fiziksel ve kimyasal yapısı konularında bilgilendirilmesi, hücreden DNA izolasyonun gerçekleştirilmesi.

Konu/ Kavramlar: Hücre, DNA, DNA'nı fiziksel ve kimyasal yapısı, DNA izolasyonu.

Kazanımlar:

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

-Hücre içindeki genomik DNA'yı deney yaparak gösterir.

-Genomik DNA izolasyonu için gerekli olan çözelti ve araç-gereçleri kullanarak deney düzeneğini kurar.

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Kivi meyvesi, mikropipet ve uçları ısıtıcı blok, termometre, DNA izolasyon için gerekli solüsyonlar, süzgeç kâğıdı.

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☐ Disiplinlerarası öğrenme
☐ Web tabanlı öğretim
☐ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim
☒ Proje tabanlı öğrenme
☐ Probleme dayalı öğrenme
☐ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☐ Doğrulama veya tümden gelim
☐ Tümevarım yaklaşımı
☐ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım
☒ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı
☐ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcılar ikişer kişilik gruplara ayrılır. Rehber eşliğinde etkinlik gerçekleştirilir.

Problem: Biyoteknolojik çalışmaların merkezi, kalıtsal genetik materyal ve yaşamsal molekül olan DNA'nın yapısının anlaşılmasıdır. Biyoteknolojik bir analizde kullanmak üzere hücreden DNA'nın izole edilmesi gerekmektedir.

Yönlendirici soru: Hücreden DNA nasıl izole edilir?

Neler bilmeliyiz? (Bildiğiniz soruları kutucuklarını işaretleyiniz, bilmediklerinizi grup arkadaşlarınız ile tartışınız.)

- [x] DNA izolasyonunda kullanılan kimyasal malzemeler nelerdir?
- [ ] Kullanılan kimyasal malzemelerin konsantrasyonları nasıldır?
- [ ] Bu malzemelerin kullanım sırası önemli midir?

Hipotez: DNA izolasyonunda kimyasalların kullanım sırası DNA izolasyonunu etkiler

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme:

Bağımsız Değ.: Kimyasal kullanım sırası
Bağımlı Değ: DNA izolasyonu
Kont. Değ.: Kivi

Nasıl yapalım:

DNA izolasyonunda hangi kimyasal malzemeleri kullanmalıyız? Belirlediğiniz malzemeleri kullanım amaçları ile birlikte yazınız.

Alkol → Yoğunluk farkı oluşturur
Tuz → DNA bütünlüğünü sağladı.
Deterjan → Hücre zarını parçaladı.
Su →

DNA izolasyonunda kullanmayı belirlediğiniz malzemelerin konsantrasyonları nedir? Tablo oluşturunuz.

Deterjan 20/100
Tuz 3/100

DNA izolasyonu için belirlediğiniz malzeme ve konsantrasyonları kullanarak grubunuzla birlikte bir deney tasarlayınız. Tasarladığınız deneyi gerçekleştirerek verileri kaydediniz.

Verileri düzenleme:

Deneyin aşamaları

* Kivi Ezildi. Tuz, deterjan ve su karıştırılarak çözelti hazırlandı. Bu çözelti ile kivi karıştırıl
En son alkol eklendi.

Sonuç ve değerlendirme:

Deney sonucuna göre kurduğunuz hipotezin doğru veya yanlış olduğunu değerlendiriniz.

Hipotez gözlemlerle doğrulandı. Alkol her zaman en son eklenmeli.

Benim tasarımım:

Biyoteknolojik uygulamalarda mikroorganizmalar önemli rol oynamaktadır. Günlük yaşamla bağlantılı mikroorganizmaların biyoteknolojik uygulamalarını içeren ve "Bakteri hücresindeki DNA'yı gözlemlemek için nasıl bir deney tasarlarsınız?" sorusuna da cevap verebilecek, grubunuzla birlikte mini bir proje tasarlayınız. Aşağıda verilen proje tasarım şablonuna/formatını kullanınız.

PROJE TASARIM ŞABLONU	
Projenin Adı:	Prokaryot hücrenin DNA izolasyonu
Projenin Konusu:	Prokaryot hücrenin DNA izolasyonu
Proje Ekibi:	
Projenin Özeti:	Sucul ortamda oluşturulan kültürden direk alınır. Bu örneğe sırası ile tuz ve deterjan katıldıktan sonra bu karışım süzülür. Süzülerek elde edilen sıvıya Alkol eklenir.
Araştırma Sorusu:	Ökaryot hücrenin DNA izolasyon yöntemi ile Prokaryot hücrenin DNA izolasyonu yapılabilir mi?
Giriş	
Projenin özgün değeri/ Yenilikçi yönü:	Hastalık tedavisine çözüm
Projenin yaygın etkisi (Yakından uzağa):	~~Eğitim öğretimde öğrencilerin dikkati çekilebilir.~~ Tıpta ucuz kullanım

Projenin yapılabilirliği (Ekip, ekipman/ malzeme, bütçe vb.)	Bakteri kültürü, Deterjan, Tuz, Alkol, Pipet, Dereceli silindir

Projenin yapım aşamaları:	Yöntem	Araştırmanın tasarımı- uygulaması	Elde edilen bulgular
	Araştırma Gözlem Deney DNA izolasyonu	Mevcut ortamda bakteriler ayıştırılır. Yoğurtlu bakterilerin DNA izolasyonu gerç. Kanser hüc. tedavisinde kullanıldı.	Kanser hüc. tedavisinde başarıya ulaşıldı. Bu bakterinin DNA'sına ulaşıldı.

Sonuç ve değerlendirme:	Bu yöntem başka şekillerde uygulanabilir. Farklı bakterilerle denenebilir.
Kaynaklar:	

ETKİNLİK 3: POLİMERAZ ZİNCİR REEAKSİYONU

Adı-Soyadı: [redacted] **Tarih:** 02.02.2018

Etkinlik Adı: Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR)

Süre: 50 dk+ 50 dk

Amaç: Katılımcıların DNA'nın kendini eşlemesi ve PZR'ın prensibi konusunda bilgilendirilmesi, PZR reaksiyonları ve teknolojisi bileşenlerin her birini daha yakından incelemesi

Konu/ Kavramlar: DNA dizilimi, polimeraz, primer, dNTP'ler, kalıp DNA, Polimeraz Zincir Reaksiyonu, genom projesi, mutasyonların sebep olduğu genetik hastalıklar.

Kazanımlar:

-F.8.2.1.3. DNA'nın kendini nasıl eşlediğini ifade eder (MEB, 2018).

-12.1.2.3. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarını açıklar (MEB, 2018)

-DNA'nın laboratuvar ortamında çoğaltılması için gerekli temel ögeleri açılar.

-PZR düzeneğini kurar.

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Bilgisayar, çalışma yaprağı, ısıl döngü cihazı, PZR tüpleri, mikropipet ve uçları, kalıp DNA, primer, hazır PZR çözeltisi.

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☐ Disiplinlerarası öğrenme
☒ Web tabanlı öğretim
☐ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim
☐ Proje tabanlı öğrenme
☒ Probleme dayalı öğrenme
☐ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☒ Doğrulama veya tümden gelim
☐ Tümevarım yaklaşımı
☐ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım
☐ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı
☐ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcılar iki ya da üçer kişilik gruplara ayrılır. Katılımcıların çalışma yaprağında verilenlere göre rehber eşliğinde etkinliği gerçekleştirir.

Problem: Genom projesi ile çok sayıda organizmanın gen dizilimleri belirlenmiştir. DNA diziliminin belirlenmesi, basitçe reaksiyona radyoaktif olarak işaretlenmiş baz eklenerek, DNA polimerazı adı verilen enzim ile tıpkı fermuar gibi açılan DNA eşlenik zincirlerini sentezleyerek değişik uzunluklarda DNA zincirinin oluşması ve görüntülenmesine prensibine dayanır. Peki gen haritasının veya gen diziliminin belirlenmesi gerçekte neyi ifade etmektedir? Sağlıklı bir insanın gen dizilimini bilirsek hastalıklı bir insanın hastalığının nedenini bulabilir miyiz? Bilim insanlarının elinde hastalığa sebep olan mutasyona uğramış ve sağlıklı bireye ait DNA'ları bulunmaktadır.

Yönlendirici soru: Hangi genin mutasyona uğramış olduğunu belirlemek için basit ve ucuz yöntem nedir? En az iki yöntem belirleyiniz ve grup arkadaşlarınızla birlikte yöntemin artılarını ve eksilerini tartışınız.

Problem hakkında bildiklerim:

- Kodlama yöntemi (şifre) - iki
- Gen makası (hatalı, hastalıklı gen: kesmek)

Neler bilmeliyiz?

- [x] DNA dizilimi nedir?
- [ ] DNA'nın hedef bölgesini çoğaltmanın yolları nelerdir? → PCR
- [ ] DNA'nın belli bir bölgesini çoğaltmada gerekli olan bileşenler nelerdir?
- [ ] DNA dizilimi belirlemede kullanılan yöntemler nelerdir?

Problemi çözmek için nelere ihtiyacım var?

1- DNA
2- Primer 1
3- Primer 2
4- Nükleotidler
5- Polimeraz enzimi

Hipotez:

Mutasyona uğramış DNA parçasındaki genin tespitinde uygulanan en ucuz ve basit yöntem PCR'dir.

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme:

Bağımlı	Bağımsız	Kontrollü Değişken
DNA	PCR	Sıcaklık, zaman

Problemi çözmek için ne yapmalıyım? (Nasıl yapalım?)

Bunun için sanal laboratuvarı gerçekleştiriniz. Bilgisayar ile internet ortamından verilen (http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/pcr/) linke girerek, yönlendirme aşamalarını takip ediniz. Reaksiyonda gerçekleşen basamakları ve sıcaklıklarını not ediniz.

Maddeler
1- DNA
2- Primer 1
3- Primer 2
4- Nükleotidler
5- Polimeraz enzimi

Aşamalar
1- 95°C → Tek iplikli hale geldi. "Denatürasyon"
2- 50°C → Primerler bağlandı. "Primerlerin bağlanması"
3- 72°C → Polimeraz zinciri tamamlandı. "Primerler uzadı."

Laboratuvar ortamında, gerekli gördüğünüz malzemeleri kullanarak deney tasarlayınız. İşlem basamaklarını kaydediniz.

Master Mix'i PCR tüpüne koy

Sonra termal cycle'a koydük.

Verileri düzenleme:

Reaksiyonun gerçekleşmesi için hangi bileşenlerden ne kadar olmalıdır? Tabloya kaydediniz.

Gerekli bileşenler	Çözelti miktarları (µL)
23 µL → Mix	23 µL
2 µl → DNA (izole edilmiş DNA)	2 µL

Döngü sıcaklıkları ve süresi ne kadar olmalıdır? Tabloya not ediniz.

Döngü isimleri	Sıcaklık	Süre
1. Denatürasyon	95°C	1 dk
2. Primer bağlanması	56°C	1 dk
3. Primerler uzadı.	72°C	1 dk

1. grup/ 1. Yağmur → YT11 → 1.1
2. Kadri → YT25 → 1.2
3. Selin → YT1 → 1.3
4. Serkan → G15+ → 1.4
5. Nerve → 2C → 1.5
6. Azime → 6e → 1.6
7. Ahmet → 2c → 1.2

Elde ettiğiniz verileri kullanarak "Döngü İsmi ve Sıcaklık" grafiği çizini.



Sonuç ve değerlendirme:

Bulgularınız doğrultusunda verdiğiniz karar/kararlar nedir? Her bir kararın olası sonucu nedir? Gelecekteki etkileri nelerdir?

* Mutasyona uğramış genin tespiti için uygulanabilecek en ucuz ve kolay yöntem PZR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu)'dur.

* Gelecekte sonuca daha hızlı ulaşabilmek, zamandan ve ekonomik kaynaklardan tasarruf sağlamak adına avantajlı bir uygulama

ETKİNLİK 4: SUÇLU KİM?

Adı-Soyadı: [redacted] **Tarih:** 02.02.2018

Etkinlik Adı: Suçlu kim? Elektroforez

Süre: 50 dk + 50 dk + 50 dk

Amaç: Katılımcıların yaşamsal örnekte verilen olayın çözülmesi için biyoteknolojik yöntemlerden elektroforez yönteminin gerçekleştirilmesi

Konu/ Kavramlar: DNA molekül büyüklüğü, DNA parmak izi, genetik mühendisliği, biyoteknoloji, adli biyoteknoloji, agaroz jel elektroforezi.

Kazanımlar:

-12.1.2.4. genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının insan hayatına etkisini değerlendirir (MEB, 2018).

-F.8.2.5.1. Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018).

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

-Jel elektroforezi düzeneğini kurar.

-DNA'nın jel üzerinde oluşturduğu izleri karşılaştırır ve yorumlar.

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Çalışma yaprağı, DNA (PZR ürünü), DNA standardı, %0.8'lik agaroz jel, 1xTBE (Tris-Borate- EDTA) tamponu, elektroforez düzeneği (jel dökme standı, taraklar, yürütme tankı, güç kaynağı)

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☐ Disiplinlerarası öğrenme
☐ Web tabanlı öğretim
☐ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim
☐ Proje tabanlı öğrenme
☐ Probleme dayalı öğrenme
☒ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☐ Doğrulama veya tümden gelim
☒ Tümevarım yaklaşımı
☐ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım
☐ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı
☐ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcılar iki ya da üçer kişilik gruplara ayrılır. Katılımcılar geliştirdikleri argümanları doğrulamak amacı ile elektroforez tekniğini kullanırlar. Sonuçlar sınıf ortamında tartışılır.

Problem: Suçlu kim?

1992 gecesi bir kadın boğularak öldürülmüş ve çevredeki sanayi bulunan boş bir fabrikanın yanındaki meşe ağaçlarının altına atılmıştı. Dedektifler maktulün yanında bir de kitap sayfası ayıracı buldular. Bu delil ait olduğu kişiyi şüpheli duruma sokuyordu. Sorgulama sonucunda adam cinayet günü kadınla birlikte olduğunu kabul etti fakat fabrikanın civarında olmadığını ve kadının kitap sayfası ayıracını kamyonetinden çalmış olabileceğini iddia etti. Kadının üzerindeki kan lekesinden elde edilen DNA adamın DNA'sı ile uyuşmuyordu. Kamyonetin incelenmesiyle şüphelinin fabrika yakınında olduğunu gösteren kritik bir ipucu elde ettiler. Kamyonetin koltuğunda meşe palamudu bulundu.

Yönlendirici soru: Sizce adam cinayetten suçlu mudur? Suçlu ya da suçsuzluğunu nasıl ispat edersiniz?

Neler bilmeliyiz?

- [x] Adli biyoteknoloji nedir?
- [ ] Adli biyoteknolojide kullanılan yöntemler nelerdir? (DNA izolasyonu, PZR, elektroforez)
- [ ] DNA parmak izi nasıl oluşturulur? (DNA'nın dizilimine denir)
- [x] Elektroforez nedir?

Olayı dikkatlice inceleyiniz. Kararınızı grubunuzla tartışınız ve boşlukları kararınıza etki eden faktörleri de değerlendirerek doldurunuz.

Hipotez: Sizce suçlu kim? Kararınızı destekleyen iddiaları yazınız.

1. Kadının kocası (eşi)

2.

3.

İddianızı destekleyen veri ve gerekçelerinizi yazınız.

Olay günü kadın ile kamyonet şöförü birlikte olduğunu kabul ettiği için olay ihtimal olabilir. Destekleyen → Bulunan DNA ile adamın DNA'sının uyuşmaması

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme:

Gerekçenizi çoğu zaman destekleyen bulgular: DNA'nın farklı çıkması

Gerekçenizi bazen çürütebilen bulgular:

Kamyonette çıkan meşe palamudu ve kadının yanında bulunan kitap ayıracı.

İddianızı sınamak için etkinliği gerçekleştiriniz.

Nasıl yapalım?

Elimizde makdül ve şüphelilere ait çeşitli işlemler (kesici enzimlerle uygulanmış) DNA'lar vardır. Bu DNA'ları karşılaştırabilmek için nasıl bir deney tasarlarsınız?

Şüphelilerden DNA örnekleri elektroforezde incelenir.
Elektroforezde elde edilen sonuçlar UV Transmilatöre yüklenir ve DNA sonuçları çıkarılarak incelenir.

Verileri düzenleme:

DNA örneği marker (1 kb)	Makdül	Şüpheli Şoför	Şüpheli Koca	Şüpheli Kamyonetteki meşe palamudu	Şüpheli Ağaçtan alınan meşe palamudu

Sonuç ve değerlendirme:

Bulgularınız doğrultusunda verdiğiniz karar/kararlar nedir? Her bir kararın olası sonucu nedir? Gelecekteki etkileri nelerdir?

Bulgularımız doğrultusunda kadının katili kocası çıkmıştır. Katilin kim olduğu bu yöntemle belirlenmiştir. → (bu yöntem) Adli vakalarda kullanabiliriz.

ETKİNLİK 5: BİYOENFORMATİK

Adı-Soyadı: **Tarih:**

Etkinlik Adı: Biyoenformatik

Süre: 2 saat

Amaç: Biyoteknolojide biyoenformatiğin kullanım alanları, farklı organizmaların gen dizilimlerindeki farklılıklarla filogenetik ağaç oluşturması ve BLAST algoritmasının kullanımı.

Konu/ Kavramlar: Genetik hastalıklar, genetik hastalıkların evrimsel gelişimi, biyoenformatik kullanılarak dizi hizalama, veri tabanı araması.

Kazanımlar:

-9.3.1.1. Canlıların çeşitliliğinin anlaşılmasında sınıflandırmanın önemini açıklar (MEB, 2018).

-F.8.2.5.1. Genetik mühendisliğini ve biyoteknolojiyi ilişkilendirir (MEB, 2018).

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

-Çeşitli veri tabanlarını kullanarak biyolojik verileri analiz eder ve değerlendirir.

Araç-gereçler ve sarf malzemeler: Bilgisayar, internet erişimi, çalışma yaprağı.

Uygulanacak Yenilikçi Öğretim Stratejisi:

☒ Disiplinlerarası öğrenme
☒ WEB tabanlı öğretim
☐ Araştırma-Sorgulama yoluyla öğretim
☐ Proje tabanlı öğrenme
☐ Probleme dayalı öğrenme
☐ Argümantasyona dayalı öğretim

Laboratuvar Yaklaşımları:

☐ Doğrulama veya tümden gelim
☐ Tümevarım yaklaşımı
☒ Araştırma (buluş) esasına dayalı yaklaşım
☐ Bilimsel süreç becerileri yaklaşımı
☐ Teknik beceriler yaklaşımı

Uygulama Planı: Katılımcılar bireysel olarak, internet ortamında belirledikleri genetik hastalığın nükleotid dizisini tespit ederler. Bu nükleotid dizine göre filogenetik ağaç oluştururlar. Sonuçlar sınıf ortamında tartışılır.

Problem: Modern zaman insanlarında var olan bazı önemli hastalıkların sebebi geçmişteki akrabalarımız olabilirler! Carpa ve takım arkadaşları depresyon ve kalp krizi risklerinin artışını tetikleyen genetik varyasyonların bir kısmı Neandertallerden kalıtım yoluyla bizlere geçmiş olabileceğini duyurdular (http://www.evrimselantropoloji.org).

Yönlendirici soru: İnsanlarda meydana gelen genetik hastalıkların (Kistik fibroz, Huntington vb.) sebebi geçmişteki akrabalarımız olabilir mi? Bu önemli hastalıkların diğer organizmalarla ilişkisi nedir?

Neler bilmeliyiz?

- ☑ Genetik hastalıklar nelerdir?
- ☑ Genetik hastalıkların sebebi nedir?
- ☑ Genetik hastalıklar nasıl teşhis edilir?
- ☑ Evrimsel tıp nedir?
- ☑ Biyoenformatik nedir?

Hipotez:

İnsanlarda meydana gelen genetik hastalıkların sebebi geçmişteki akrabalarımız olabilir.

Değişkenleri belirleme ve kontrol etme:

- Akrabalarımız
- DNA'ları
- Renk körlüğü (Color blindness)

Nasıl yapalım?

1. İnsanlarda bulunan hastalıklarla ilgili genetik, klinik ve diğer bilgileri depolayan OMIM (Online Mendelian Inheritance in Human) web sitesini açınız.
2. İlginiz doğrultusunda belirlediğiniz genetik hastalığı OMIM veri tabanında aratınız. Arama sonucu elde ettiğiniz verileri (genin yeri, nasıl kalıtıldığını vb.) not ediniz.
3. NCBI (National Center of Biotechnology Information) sitesinde belirlediğiniz gen bölgesine ilişkin verileri toplayınız.
4. BLAST algoritmasını kullanarak rehberlik eşliğinde evrimsel ağacı oluşturunuz.

Verileri düzenleme:

- Renk körlüğü → X kromozomu ile taşınıyor. X kromozomu
Gene/Locus ⇒ OPN1MW
- Linear mRNA

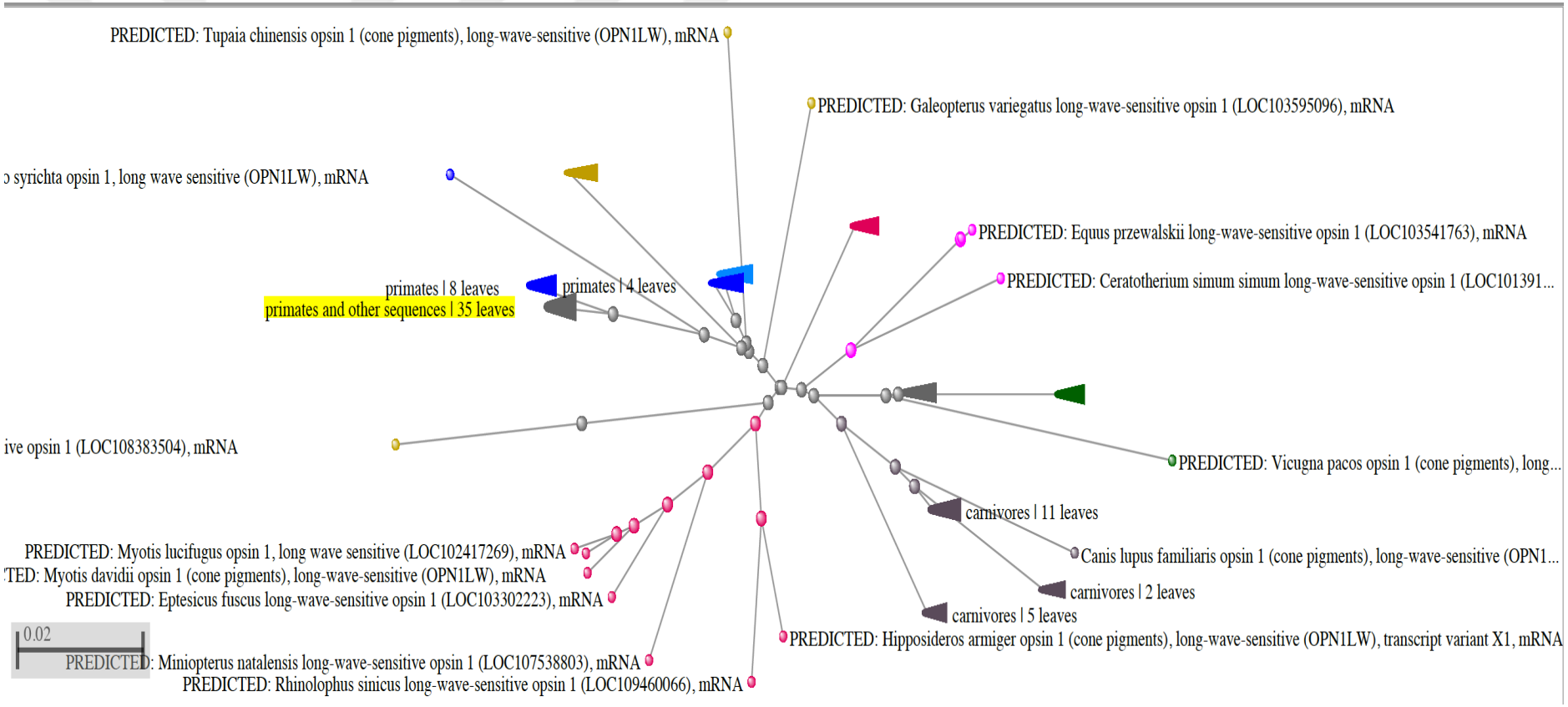
Sonuç ve değerlendirme:

Bulgularınız doğrultusunda verdiğiniz karar/kararlar nedir? Her bir kararın olası sonucu nedir? Gelecekteki etkileri nelerdir?

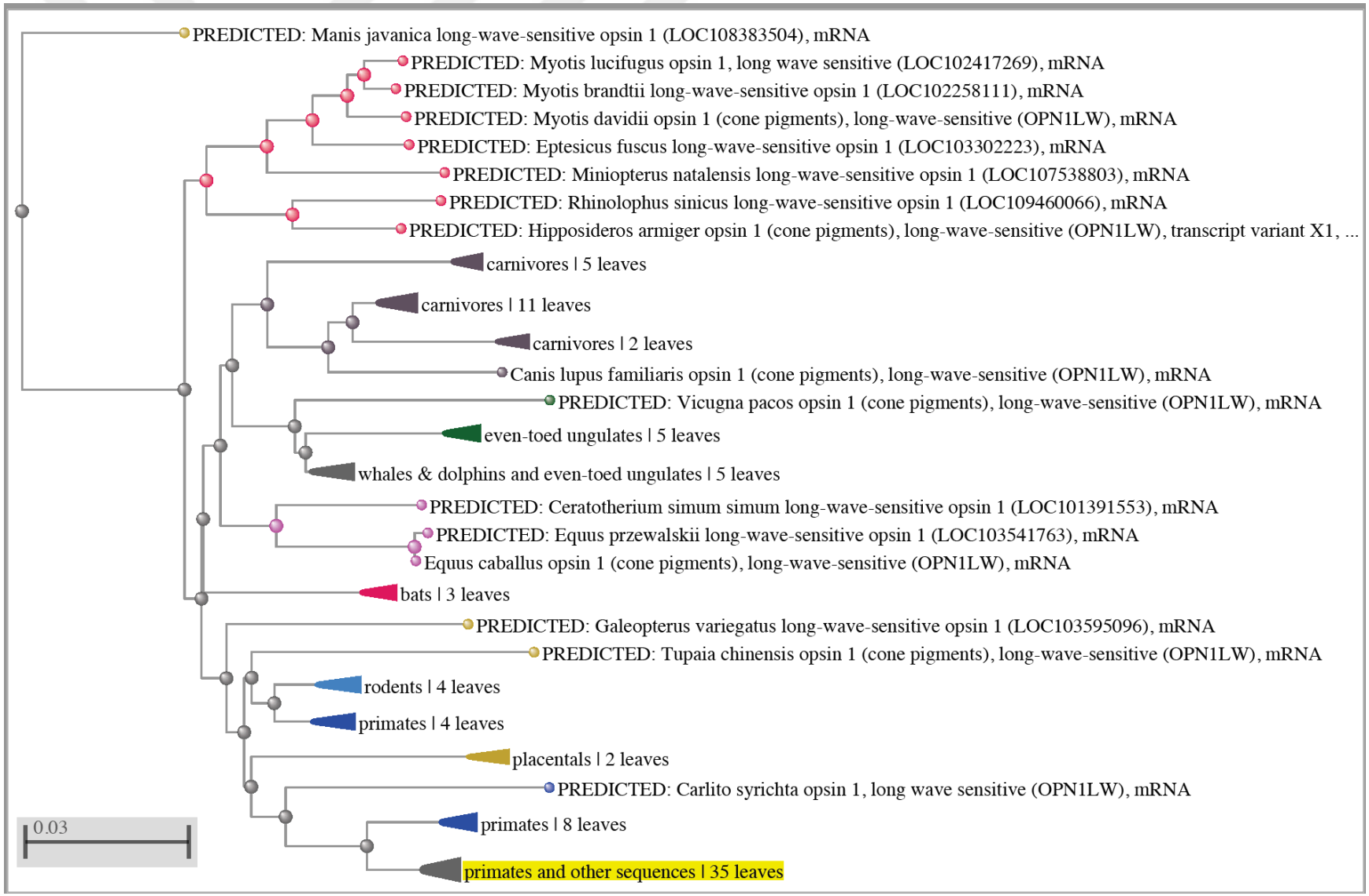
-Hipotezimiz doğrulanmıştır. İnsanlarda bulunan Genetik hastalıkların geçmişteki akrabalarımızdır.

1-) Placentals
2-) Bats
3-) Carnivores
4-) Even-toed Ungulates
5-) Whales - Dolphins
6-) Odd-toed Ungulates
7-) Rodents
8-) Primates
9-) Other sequences

-Etkinlikte sorun yaşanmamıştır.



**Renk Körlüğü-Filogenetik ağaç*


PREDICTED: Manis javanica long-wave-sensitive opsin 1 (LOC108383504), mRNA
PREDICTED: Myotis lucifugus opsin 1, long wave sensitive (LOC102417269), mRNA
PREDICTED: Myotis brandtii long-wave-sensitive opsin 1 (LOC102258111), mRNA
PREDICTED: Myotis davidii opsin 1 (cone pigments), long-wave-sensitive (OPN1LW), mRNA
PREDICTED: Eptesicus fuscus long-wave-sensitive opsin 1 (LOC103302223), mRNA
PREDICTED: Miniopterus natalensis long-wave-sensitive opsin 1 (LOC107538803), mRNA
PREDICTED: Rhinolophus sinicus long-wave-sensitive opsin 1 (LOC109460066), mRNA
PREDICTED: Hipposideros armiger opsin 1 (cone pigments), long-wave-sensitive (OPN1LW), transcript variant X1, ...
carnivores | 5 leaves
carnivores | 11 leaves
carnivores | 2 leaves
Canis lupus familiaris opsin 1 (cone pigments), long-wave-sensitive (OPN1LW), mRNA
PREDICTED: Vicugna pacos opsin 1 (cone pigments), long-wave-sensitive (OPN1LW), mRNA
even-toed ungulates | 5 leaves
whales & dolphins and even-toed ungulates | 5 leaves
PREDICTED: Ceratotherium simum simum long-wave-sensitive opsin 1 (LOC101391553), mRNA
PREDICTED: Equus przewalskii long-wave-sensitive opsin 1 (LOC103541763), mRNA
Equus caballus opsin 1 (cone pigments), long-wave-sensitive (OPN1LW), mRNA
bats | 3 leaves
PREDICTED: Galeopterus variegatus long-wave-sensitive opsin 1 (LOC103595096), mRNA
PREDICTED: Tupaia chinensis opsin 1 (cone pigments), long-wave-sensitive (OPN1LW), mRNA
rodents | 4 leaves
primates | 4 leaves
placentals | 2 leaves
PREDICTED: Carlito syrichta opsin 1, long wave sensitive (OPN1LW), mRNA
primates | 8 leaves
primates and other sequences | 35 leaves
0.03

Ek 11.Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Etik Beyan Formu

01/02/2018

BİLGİLENDİRİLMİŞ OLUR FORMU

1. Aşağıda imzası olan ben "Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları (BioTek Lab.)" başlıklı çalışmaya katılmayı kabul ediyorum.
2. Bu çalışmayı yürüten Tuğçe Yağmur ORHAN çalışmanın yapısı, amacı ve muhtemel süresi, ne yapmam istendiği ve yan etkilerle karşılaşırsam ne yapmam gerektiği hakkında ayrıntılı sözlü ve yazılı bilgi verdi.
3. Araştırmacı Tuğçe Yağmur ORHAN' a çalışmasıyla ilgili her soruyu sorma fırsatını buldum. Cevapları ve bana verilen bilgiyi anladım.
4. Araştırmacı Tuğçe Yağmur ORHAN 'a bilgilerin ayrıntılarını açıklamama ve benimle ilgili sırları koruması şartıyla benimle bu çalışmayı yapmasına izin veriyorum.
5. Çalışma boyunca tüm kurallara uyacağıma, araştırmacı Tuğçe Yağmur ORHAN ile tam bir uyum içinde çalışacağıma ve konuyla ilgili herhangi bir sorun çıktığında hemen onu arayacağımı kabul ediyorum.
6. Bu çalışma sonuçlarının kullanılmasını kısıtlamayacağımı ve yayın, rapor ve benzeri bilimsel dokümanlarda kullanabileceğini kabul ediyorum.
7. Bu çalışmadan istediğim zaman çıkabileceğimi anladım.

OKUDUM VE ONAYLADIM.

Katılımcının Adı ve Soyadı, Adresi: Tarih, İmza:

Ek 12. Muğla İl Milli Eğitim Müdürlüğü İzin Yazısı

FORM: 2

T.C.
MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI
Eğitimi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı

ARAŞTIRMA DEĞERLENDİRME FORMU

ARAŞTIRMA SAHİBİNİN	
Adı Soyadı	Yağmur Tuğçe ORHAN
Kurumu / Üniversitesi	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Araştırma yapılacak iller	Muğla
Araştırma yapılacak eğitim kurumu ve kademesi	Muğla İli Menteşe İlçe Milli Eğitim Müdürlüğüne bağlı, Ortaokullarda görev yapan Fen Bilimleri/Fen ve Teknoloji öğretmenlerine uygulanacaktır.
Araştırmanın konusu	"Yenilikçi Yaklaşımların Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknolojiye İlişkin Laboratuvar Deneyimlerini Geliştirmeye Etkisi"
Üniversite / Kurum onayı	Var
Araştırma/proje/ödev/tez önerisi	Tez Önerisi
Veri toplama araçları	Biyoteknoloji Farkındalık Anketi Likert Ölçeği Bilgi Testi Görüşme Etkinlik Öz Değerlendirme Formu
Görüş istenilecek Birim/Birimler	

KOMİSYON GÖRÜŞÜ

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Rektörlüğünden, Müdürlüğümüze iletilen yukarıda belirtilen araştırma örneğinin araştırma sahasında uygulanabilirliği hususunda incelenerek Milli Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü Araştırma, Yarışma ve Sosyal Etkinlik İzinleri konulu 07/03/2012 tarih ve 2012/13 sayılı Genelgeye uygun olarak hazırlandığı görülmüştür. Söz konusu anket uygulamasının, 2016-2017 Eğitim-Öğretim yılı içerisinde, eğitim öğretimi aksatmayacak şekilde, veli izninin alınarak, Kurum Müdürünün de uygun gördüğü zamanda yapılması uygun görülmüştür.

Komisyon kararı	Oybirliği / Oyçokluğu ile alınmıştır.
Muhalif üyenin Adı ve Soyadı:	Gerekçesi;..... ....

28/03/2017

KOMİSYON

Serap AKSEL
Komisyon Başkanı

Gözde GÜRDAL
Üye

M.Özlem KAVURAN
Üye

T.C.
MUĞLA VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 70004082-604.01.01-E.1256583 17.01.2018
Konu :Biyoteknoloji Eğitim Uygulamaları

DAĞITIM YERLERİNE

1-2-3 Şubat 2018 tarihlerinde Eğitim Fakültesi Laboratuvarında "Biyoteknoloji Eğitimi Uygulamaları" etkinliğine katılacak Fen Bilgisi öğretmenlerine ait bilgiler ekli listede belirtilmiştir. İlgililere gerekli bilgilendirmenin yapılması hususunda;

Gereğini rica ederim

Celalettin EKİNCİ
Vali a.
İl Milli Eğitim Müdürü

EKLER:
1-Katılımcı Listesi (1 adet 1 sayfa)
2-Program (1 adet 1 sayfa)

DAĞITIM:
Gereği
9 İlçe Kaymakamlığına
(İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü)

Bilgi:
- Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
(Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı)
-Prof.Dr. Nurettin ŞAHİN
-Doktora Öğrencisi Tuğçe Yağmur ORHAN

GÜVENLİ ELEKTRONİK İMZALI
ASLI İLE AYNIDIR
18 Ocak 2018
Şeref GÜGEM

Adres: Emirbeyazıt Mahallesi Dr. Baki Ünlü Cad. No:12 Menteşe/MUĞLA
ElektronikAğ: http://mugla.meb.gov.tr
e-posta: arge48_2@meb.gov.tr
Bilgi için: C.SÖKELİ
Tel: 0 (252) 280 48 24
Faks: 0 (252) 280 48 67

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. https://evraksorgu.meb.gov.tr adresinden 45ea-b0ec-3033-96fd-cc36 kodu ile teyit edilebilir.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Soyad, Ad: ORHAN, Tuğçe Yağmur

Doğum Yeri ve Tarihi: DENİZLİ/ 28.07.1989

Eposta: t.yagmur.orhan@gmail.com

Telefon:-

EĞİTİM BİLGİLERİ

İlkokul	İsmail Özcan İlköğretim Okulu	1995-2001
Ortaokul	İsmail Özcan İlköğretim Okulu	2001-2003
Lise	Emine Özcan Anadolu Lisesi	2003-2007
Üniversite/ Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2008-2012
Üniversite/Yüksek Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2012-2014
Üniversite/Doktora	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2014- devam ediyor

İŞ TECRÜBESİ

Biyoloji Öğretmeni	Şevkiye Özel Fen Lisesi	2018-2019
Kimya Öğretmeni	Çivril Anadolu İmamhatip Lisesi	2018-2019

YAYINLAR

Yüksek Lisans Tezi

- Laboratuvar Etkinliklerinin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının DNA Teknolojisi ve Uygulamaları Hakkındaki Kavram Algıları ve Teknolojiye Yönelik Tutumlarına Etkisinin Araştırılması

Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

- Can, Ş., Aksay, E. Ç., ve Orhan, T. Y. (2015). Investigation of Pre-service Science Teachers' Attitudes towards Laboratory Safety. *International Conference on New Horizons in Education, INTE 2014, 25-27 June 2014, Paris, France*, *174*, 3131–3136. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1051
- Orhan, T. Y., ve Şahin, N. (2018). The Impact of Innovative Teaching Approaches on Biotechnology Knowledge and Laboratory Experiences of Science Teachers. *Educ. Sci.*, *8*(4), 213. https://doi.org/10.3390/educsci8040213

Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

- Aycan, H., Orhan, T. Y., Kaymakçı, G. (2019). Determination of the 8th Grade School Students' Awareness of Food Dye with the Use of Spectrophotometer. *Turkiye Kimya Dernegi Dergisi Kisim C: Kimya Egitimi, 4* (1), 1-14. Retrieved from http://dergipark.org.tr/jotcsc/issue/44130/487721
- Kaymakçı, G., Orhan, T.Y., Aycan, H. Ş. (2019). Mental Models of the Students From Different Levels of Education About the Structure of Atom, *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, *10*(1), 14-27. Retrieved from http://dergipark.org.tr/baebd/issue/46306/457630

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceeding) basılan bildiriler.

- Kaymakcı, G., Orhan, T.Y., ve Aycan, Ş. "Farklı Eğitim Düzeyindeki Öğrencilerin Atomun Yapısına İlişkin Zihinsel Görüşleri", 28-31 May 2015, VII. International Congress Of Educational Research, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, (Sözlü Bildiri)
- Orhan, T.Y., Aydın, G., ve Şahin, N. "Tahmin-Gözlem-Açıklamaya Dayalı Deneysel Etkinliklerle Mikroskobik Canlıları Tanıyalım" 11-14 May 2016 15th International Primary Teacher Education Symposium, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, (Sözlü Bildiri)
- Orhan, T.Y., Aycan, Ş., ve Kaymakcı, G. "Ortaokul 4. Sınıf Öğrencilerinin Spektrofotometre Kullanımı İle Gıda Boyası Hakkındaki Farkındalıklarının Belirlenmesi" Özet no:1410, s52, 29 september-2 October 2016 International Contemporary Education Research Congress, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, (Sözlü Bildiri)
- Şahin, N., ve Orhan, T.Y. "Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Biyoteknoloji ve Uygulamaları Hakkındaki Görüşleri" Özet no:196, s63, 25-26 Nisan 2017 I. Uluslararası Sınırsız Eğitim Araştırma Sempozyumu, Sınırsız Eğitim Araştırmaları Derneği, Alanya/ Antalya, (Sözlü Bildiri)
- Orhan, T.Y., ve Şahin, N. "Proje Temelli Fen Öğretimi Uygulamalarının Öğretmenlerin Bilimsel Metot, Laboratuvar Tekniği ve Bilimsel Yazma

Becerilerini Geliştirmek İçin Kullanımı" Özet no:16515 s220, 3-7 May 2017 2nd International Symposium on Philosophy, Education, Art and History of Science, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, (Sözlü Bildiri)

- Orhan, T. Y., ve Şahin, N. "Mikrobiyal Pigmentler: Biyolojik Pigment Kavramı Farkındalığı İçin Disiplinlerarası Bir Etkinlik" Özet no: 11473, s779-780, 11-14 May 2017 IVth International Eurasian Educational Research Congress, Pamukkale University, Denizli, (Sözlü Bildiri)
- Orhan, T. Y. ve Şahin, N. "Biyoteknoloji Farkındalığı İçin TGA Stratejisine Dayalı Klasik Bir Laboratuvar Etkinliği: DNA izolasyonu", September 28- October 01, 2017 2nd International Contemporary Educational Research Congrees, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, (Sözlü Bildiri)
- Orhan, T. Y. ve Şahin, N. "Rehberli Araştırma-Sorgulamaya Dayalı Laboratuvar Etkinliğinin Öğretmen Adaylarının Mikroorganizma Farkındalığı Üzerine Etkisi", September 28- October 01, 2017 2nd International Contemporary Educational Research Congrees, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, (Sözlü Bildiri)
- Orhan, T. Y. ve Şahin, N. "Genetik ve Biyoteknoloji Konularının 2013 ve 2017 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programındaki Yerinin İncelenmesi", 26-28 October, 2017, 5th International Curriculum and Instruction Congress, Marmaris- Muğla, Bildiri Özetleri Kitabı, s: 254, Pegem Akademi, (Sözlü Bildiri)

Projeler

- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) -2209, (2011). "Muğla Yöresinde Üretilen Ev Yapımı Tarhanaların Mikrobiyolojik Özelliklerinin Araştırılması" Proje Yürütücüsü: Tuğçe Yağmur Orhan, Proje Danışmanı: Prof. Dr. Nurettin Şahin
- Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi (BAP)-Doktora Tez Projesi (17/097) (2018). "Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Biyoteknolojiye İlişkin Laboratuvar Deneyimlerine Yenilikçi Öğretim Yaklaşımlarının Etkisi" Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Nurettin Şahin, Araştırmacı: Tuğçe Yağmur Orhan.

Katıldığı Kurslar

- MAXQDA-Temel nitel veri analizleri ve MAXQDA işlevlerinin tanımı-2015