

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTROMANYETİK DALGALARIN MİTOTİK
KROMOZOMLAR, BAKTERİ GELİŞİMİ, ENZİM AKTİVİTESİ VE
DNA ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ayhan AKBAL

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Mustafa POYRAZ

DOKTORA TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2008

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTROMANYETİK DALGALARIN MİTOTİK
KROMOZOMLAR, BAKTERİ GELİŞİMİ, ENZİM AKTİVİTESİ VE
DNA ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ayhan AKBAL

Doktora Tezi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez, / / 2008 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman : Prof.Dr. Mustafa POYRAZ :
Üye : Prof.Dr. Bayram YILMAZ :
Üye : Prof.Dr. Fahrettin GÖKTAŞ :
Üye : Yrd.Doç.Dr. Melih Cevdet İNCE :
Üye : Yrd.Doç.Dr. Muhsin Tunay GENÇOĞLU :



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimini aldığım Fırat Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde, çalışmalarım süresince desteğini eksik etmeyen danışmanım Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği öğretim üyesi Sayın, Prof. Dr. Mustafa POYRAZ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasının yürütülmesi esnasında çalışma disiplini ve etik kuralları ile birlikte bilimi tanıtarak bana sevdiren, akademik kariyerim süresince bana hep destek olan, Beykent Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği öğretim üyesi Sayın, Yrd. Doç. Dr. H. Hüseyin BALIK'a ve tez çalışması süresince her türlü yardımı esirgemeyen, en zor zamanlarında bile çalışmalarım bana hep destek olan, Yıldız Teknik Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü öğretim üyesi Sayın, Doç. Dr. Dilek TURGUT-BALIK'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ayrıca deneysel çalışmalarım yaptıkları yardımlardan ötürü Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi öğretim üyesi Sayın, Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN'e, Sayın, Yrd. Doç. Dr. Seher GÜR'e, Sayın, Yrd. Doç. Dr. Yaşar KIRAN'a ve Araştırma Görevlisi Sayın, Venhar ÇELİK'e teşekkür ederim.

Bu yola beraber çıktığımız ve sürekli başını ağrıttığım arkadaşım, dostum, Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Araştırma Görevlisi Dr. Yavuz EROL'a, oda arkadaşlarım Araştırma Görevlisi Turgay KAYA'ya ve Araştırma Görevlisi Hasan GÜLER'e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında sürekli yanımda olan anneme, babama ve kardeşime, sevgi ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Son olarak sürekli yanımda olarak bana destek olan hayat arkadaşım sevgili eşime ve sıkıntılı, stresli zamanlarımda yaptığı sevimliliklerle beni güldüren dünyalar tatlısı kızıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IV
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	VII
SİMGELER LİSTESİ.....	IX
KISALTMALAR LİSTESİ	XI
ÖZET	XIII
ABSTRACT	XIV
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTROMANYETİK KAVRAMLAR.....	6
2.1 Giriş	6
2.2 Elektromanyetik Spektrum	6
2.3 Radyasyon (Işıma)	9
2.4 GSM (Mobil Telefon) Sistemi	12
2.5 Elektromanyetik Dalgaların Biyolojik Etkileri	16
2.6 Uluslararası Kuruluşlar ve Kabul Edilen Radyasyondan Korunma Güvenlik Değerleri..	19
3. BİYOLOJİK KAVRAMLAR	31
3.1 Giriş	31
3.2 Mitoz Bölünme ve Mitotik Kromozom	31
3.2 Bakteriler	34
3.4 Enzim ve Enzim Aktivitesi	38
3.3 Deoksiribonükleik asit (DNA).....	42
4. MATERYAL METOD	46

4.1 Materyaller.....	46
4.1.1 Bakteri Soyları	46
4.1.2 Bakteriyolojik Gelişim İçin Besiyerleri ve Solüsyonlar	46
4.1.2.1 Çift Kuvvetli Yeast-Trypton (2xYT) Buyyon	47
4.1.2.2 Çift Kuvvetli Yeast-Trypton (2xYT) Agar.....	47
4.1.2.3 Minimal Agar	47
4.1.2.4 Nutrient Buyyon	48
4.1.2.5 Amfisilin.....	48
4.1.3 Stok Solüsyonlar ve Tamponlar.....	48
4.1.3.1 50x TAE Tampon Çözeltisi (Tris-Asetat-EDTA)	48
4.1.3.2 Agaroz Jel İçin SAB (Sample Amplification Buffer).....	49
4.1.3.3 Bis-Tris Solüsyonu	49
4.1.3.4 SDS-PAGE İçin SAB (Sample Amplification Buffer).....	49
4.1.3.5 5x Tank Tamponu.....	50
4.1.3.6 Protein Boyama Solüsyonu	50
4.1.3.7 Boya Uzaklaştırıcı (Destaining) Solüsyon.....	50
4.1.4 DNA Örneği.....	51
4.1.5 Plazmidler (Vektörler).....	51
4.2 Metotlar.....	52
4.2.1 Mobil Telefon Deney Düzenegi.....	52
4.2.2 Spektrofotometre ile Optik Dansite (OD) Ölçümü	53
4.2.3 Ultrasonikasyon	54
4.2.4 Santrifüjleme.....	54
4.2.5 UV Transilluminatör.....	54
4.2.6 Vorteksleme	55
4.2.7 Elektroforez	55
4.2.7.1 Agaroz Jel Elektroforezi.....	56
4.2.7.2 Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel (SDS-PAGE).....	60
5. DENEYSEL SONUÇLAR.....	62
5.1 Giriş	62
5.2 Mobil Telefonların Yayıdığı Elektromanyetik Radyasyonun Mitoz Bölünme, Mitotik Kromozomlar Üzerine Etkileri	62

5.3 Mobil Telefonların Yayıdığı Elektromanyetik Radyasyonun Bakteri Gelişimi Üzerine Etkileri	70
5.4 Mobil Telefonların Yayıdığı Elektromanyetik Radyasyonun Enzim Aktivitesine Etkileri	81
5.4.1 Enzim Aktivitesi Deney Sonuçları.....	85
5.5 Mobil Telefonların Yayıdığı Elektromanyetik Radyasyonun DNA Üzerine Etkileri.....	91
6. TARTIŞMA	98
7. SONUÇ.....	106
KAYNAKLAR	108
ÖZGEÇMİŞ.....	126

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Elektromanyetik dalga yayılımı	7
Şekil 2.2 Elektromanyetik dalga spektrumu	8
Şekil 2.3 Hücresel yerleşim ve frekans grupları	12
Şekil 2.4 GSM sistemlerinin çalışma frekansları	13
Şekil 2.5 GSM sistemlerinin çalışması	14
Şekil 2.6 GSM Sinyali dalga formu [98]	15
Şekil 2.7 Elektromanyetik dalgaların etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar	17
Şekil 2.8 Sınır değerleri belirleyen uluslararası kuruluşlar	19
Şekil 2.9 Frekansa göre 10W/m^2 altında SAR değişimi [97].....	21
Şekil 2.10 Türetilmiş SAR değerleri [97]	22
Şekil 2.11 Baz istasyonundan uzaktaki bir noktanın güç yoğunluğunun hesaplanması [98].....	24
Şekil 2.12 FCC tarafından 0.03 MHz - 100.000 MHz arasındaki frekanslar için belirlenen maksimum DDG (Düzlem Dalga Gücü) değerleri	28
Şekil 3.1 Kromozomun yapısı; (1) kromatid, (2) sentromer, (3) kısa kol, (4) uzun kol	31
Şekil 3.2 Mitoz bölünme safhaları	32
Şekil 3.3 İnterfaz ve Mitoz bölünme safhalarında kromozomun bölünmesi	34
Şekil 3.4 Bakterinin genel anatomik yapısı.....	35
Şekil 3.5 Bakterilerin sıvı ortamda üreme eğrisi	38
Şekil 3.6 Enzimin şematik modeli	39
Şekil 3.7 Enzim aktivitesini etkileyen faktörler	41
Şekil 3.8 DNA'nın genel yapısı	42
Şekil 3.9 Lineer, gevşek sarmal ve süpersarmal plazmidlerin elektron mikroskobu görünümü. 44	
Şekil 4.1 Deney düzeneğinin gösterimi	53
Şekil 4.2 Elektroforez tankı	56
Şekil 4.3 Güç kaynağı	57

Şekil 4.4 Elektroforez tepsileri.....	57
Şekil 4.5 Elektroforez tarakları	58
Şekil 4.6 Tarakların yerleştirilmesi	59
Şekil 4.7 Jelin tepsiye dökülmesi	59
Şekil 4.8 Katılaştan jelden tarağın çıkarılması.....	60
Şekil 5.1 Bitki kök ucu hücreleri üzerindeki mitotik etkileri deney akış şeması	63
Şekil 5.2 Mercimek hücrelerinin normal mitoz bölünme safhaları (Mikroskop büyütmesi 10µm)	64
Şekil 5.3 Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların neden olduğu mitotik anormallikler (Mikroskop büyütmesi 10µm).....	66
Şekil 5.4 Kontrol ve deney grubu için toplam anormal bölünen hücreler	67
Şekil 5.5 Kontrol ve deney grubu için anormal bölünen hücre dağılımı	68
Şekil 5.6 Gelişme evrelerine göre anormal bölünen hücrelerin oranları.....	69
Şekil 5.7 Bakteri deneyi akış şeması.....	71
Şekil 5.8 <i>E. coli</i> 'ye ait 1. tekrar deney sonuçları.....	73
Şekil 5.9 <i>E. coli</i> 'ye ait 2. tekrar deney sonuçları.....	74
Şekil 5.10 <i>E. coli</i> 'ye ait 3. tekrar deney sonuçları.....	76
Şekil 5.11 <i>E. coli</i> 'ye ait ortalama deney sonuçları.....	77
Şekil 5.12 <i>B. subtilis</i> 'e ait 1. tekrar deney sonuçları.....	78
Şekil 5.13 <i>B. subtilis</i> 'e ait 2. tekrar deney sonuçları.....	80
Şekil 5.14 <i>B. subtilis</i> 'e ait ortalama deney sonuçları	81
Şekil 5.15 Enzim aktivitesi deneyi akış şeması	84
Şekil 5.16 LDH enzim aktivitesinin 1. ölçüm sonuçları	86
Şekil 5.17 LDH enzim aktivitesinin 2. tekrar sonuçları	87
Şekil 5.18 LDH enzim aktivitesinin 3. tekrar sonuçları	88
Şekil 5.19 LDH enzim aktivitesinin ortalama sonuçları	89

Şekil 5.20 SDS-PAGE düzeni, kontrol grubu ve deney grubu SDS-PAGE yerleşimi aynı şekilde yapılmıştır.(1) Markır; (2-11) Saat başı alınan örnekler; (12) saf LDH enzimi	90
Şekil 5.21 Enzim aktivite deneyi, kontrol grubu SDS-PAGE jel görüntüsü.....	90
Şekil 5.22 Enzim aktivite deneyi, deney grubu SDS-PAGE jel görüntüsü.....	91
Şekil 5.23 Plazmid DNA formlarının agaroz jel boyunca göçü.....	92
Şekil 5.24 Ön görüntü elektroforez düzeni (1) Markır; (2) 10 ng Midiprep DNA; (3) 20 ng Midiprep DNA; (4) 30 ng Midiprep DNA; (5) 40 ng Midiprep DNA; (6) 50 ng Midiprep DNA; (7-9) ticari pUC18; (10) lambda markırı.....	93
Şekil 5.25 Midiprep sonrası izole DNA jel görüntüsü (1)Markır; (2) 10 ngr Midiprep DNA; (3) 20 ngr Midiprep DNA; (4) 30 ng Midiprep DNA; (5) 40 ngr Midiprep DNA; (6) 50 ngr Midiprep DNA; (7-9) ticari pUC18; (10) lambda markırı	94
Şekil 5.26 DNA elektroforez düzeni; (1)Markır(HyperLadder); (2)Ticari olarak satılan pUC18; (3)Midiprep sonrası elde edilen pUC18; (4-15)elektromanyetik radyasyona maruz kalan midiprep sonrası pUC18; (17)pET41a geni;(18) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pET41a; (19)pUC18 Ticari;(20) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pUC18.....	95
Şekil 5.27 Birinci tekrar deney sonuçları DNA elektroforezi jel görüntüsü; (1)Markır(HyperLadder); (2)Ticari olarak satılan pUC18; (3)Midiprep sonrası elde edilen pUC18; (4-15)elektromanyetik radyasyona maruz kalan midiprep sonrası pUC18; (17)pET41a vektörü;(18) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pET41a; (19)pUC18 Ticari;(20) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pUC18.....	95
Şekil 5.28 İkinci tekrar deney sonuçları DNA elektroforezi jel görüntüsü; (1)Markır(HyperLadder); (2)Ticari olarak satılan pUC18; (3)Midiprep sonrası elde edilen pUC18; (4-15)elektromanyetik radyasyona maruz kalan midiprep sonrası pUC18; (17)pET41a geni;(18) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pET41a; (19)pUC18 Ticari;(20) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pUC18.....	96
Şekil 5.29 Üçüncü tekrar deney sonuçları DNA elektroforezi jel görüntüsü; (1)Markır(HyperLadder); (2)Ticari olarak satılan pUC18; (3)Midiprep sonrası elde edilen pUC18; (4-15)elektromanyetik radyasyona maruz kalan midiprep sonrası pUC18; (17)pET41a geni;(18) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pET41a; (19)pUC18 Ticari;(20) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pUC18.....	97

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1 Tez içeriği	5
Çizelge 2.1 Elektromanyetik bantlar, frekans aralıkları ve dalga boyları	9
Çizelge 2.2 Elektromanyetik dalga türleri ve enerjileri	11
Çizelge 2.3 İnsan kafatasındaki tipik dokular ve parametreleri	21
Çizelge 2.4 Mesleki alanlar için 10 GHz'e kadar frekanslar için elektrik alan ve manyetik alan temel limitleri [61, 97].	23
Çizelge 2.5 Genel alanlar için 10 GHz'e kadar frekanslar için elektrik alan ve manyetik alan temel limitleri [61, 97].	23
Çizelge 2.6 ICNIRP'ya göre mesleki alanlarda frekanslara göre güvenlik değerleri	26
Çizelge 2.7 ICNIRP'ya göre kamusal alanlarda frekanslara göre güvenlik değerleri	27
Çizelge 2.8 FCC'ye göre mesleki alanlarda frekanslara göre güvenlik değerleri [63]	28
Çizelge 2.9 FCC'ye göre kamusal alanlarda frekanslara göre güvenlik değerleri [63]	29
Çizelge 2.10 900 MHz için kontrolsüz etkilenme için sınır değerleri [63]	29
Çizelge 2.11 1800 MHz için kontrolsüz etkilenme için sınır değerleri [63]	29
Çizelge 2.12 ICNIRP'nin kabul ettiği düzlem dalga gücü yoğunlukları	30
Çizelge 2.13 ANSI/IEEE (American National Standards Institute) tarafında belirlenen RF maksimum düzlem dalga gücü yoğunluğu	30
Çizelge 2.14 FCC (Federal Communication Commisison), 0.03 MHz-300.000 MHz arasındaki frekanslar için belirlenen maksimum düzlem dalga gücü yoğunluğu	30
Çizelge 4.1 Çift kuvvetli Yeast-Tripton (2xYT) buyyon	47
Çizelge 4.2 Çift kuvvetli Yeast-Tripton (2xYT) agar	47
Çizelge 4.3 Minimal agar	47
Çizelge 4.4 Nutrient buyyon	48
Çizelge 4.5 50x TAE tampon çözeltisi (Tris-Asetat-EDTA)	48
Çizelge 4.6 Agaroz jel için SAB (Sample Amplification Buffer)	49
Çizelge 4.7 Bis-Tris solüsyonu	49

Çizelge 4.8 SDS-PAGE için SAB (Sample Amplification Buffer)	49
Çizelge 4.9 5x tank tamponu.....	50
Çizelge 4.10 Protein boyama solüsyonu	50
Çizelge 4.11 Boya uzaklaştırıcı (destaining) solüsyon	50
Çizelge 4.12 Ayırma jeli (% 12)	61
Çizelge 4.13 Yükleme jeli (% 12).....	61
Çizelge 5.1 Mitoz bölünme ve mitotik kromozom deney sonuçları	65
Çizelge 5.2 Anormal bölünen hücrelerin bölünen hücelere oranları	67
Çizelge 5.3 Anormal bölünen hücrelerin fazlara dağılımları	68
Çizelge 5.4 Fazlara göre anormallikler ve oranları	69
Çizelge 5.5 <i>E. coli</i> deneyinin 1. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD ₆₀₀ sonuçları.....	73
Çizelge 5.6 <i>E. coli</i> deneyinin 2. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD ₆₀₀ sonuçları.....	74
Çizelge 5.7 <i>E. coli</i> deneyinin 3. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD ₆₀₀ sonuçları.....	75
Çizelge 5.8 <i>E. coli</i> için deney ve kontrol grubu ortalama OD ₆₀₀ sonuçları	76
Çizelge 5.9 <i>B. subtilis</i> deneyinin 1. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD ₆₀₀ sonuçları	78
Çizelge 5.10 <i>B. subtilis</i> deneyinin 2. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD ₆₀₀ sonuçları	79
Çizelge 5.11 <i>B. subtilis</i> deneyinin deney ve kontrol grubu ortalama OD ₆₀₀ sonuçları.....	80
Çizelge 5.12 LDH enzim aktivitesinin spektrofotometre 1. ölçüm sonuçları	85
Çizelge 5.13 LDH enzim aktivitesinin spektrofotometre 2. ölçüm sonuçları	86
Çizelge 5.14 LDH enzim aktivitesinin spektrofotometre 3. ölçüm sonuçları	87
Çizelge 5.15 LDH enzim aktivitesinin spektrofotometre ortalama ölçüm sonuçları	88
Çizelge 5.16 Midiprep sonucu elde edilen DNA saflık değeri ve miktarı	93

SİMGELER LİSTESİ

$\vec{E}$	: Elektrik Alan Şiddeti
$\vec{H}$	: Manyetik Alan Şiddeti
$\vec{B}$	: Manyetik Akı Yoğunluğu
ϕ	: Manyetik Akı
q	: Yük Miktarı
I	: Elektriksel Akım
J	: Akım Yoğunluğu
σ	: İletkenlik
ρ	: Yoğunluk
e	: Elektron
μ_o	: Boşluğun Manyetik Geçirgenliği
ϵ_o	: Boşluğun Dielektrik Sabiti
μ_r	: Yapının Bağlı Magnetik Geçirgenliği
ϵ_r	: Yapının Bağlı Dielektrik Sabiti
c	: Işık Hızı
λ	: Dalga Boyu
∇	: Nabla Operatörü
C	: Kapasite
L	: İndüktans
R	: Direnç
Z	: Empedans
eV	: Elektron Volt
V	: Gerilim
W	: Watt
P_v	: Verici gücü
P_a	: Alıcı Gücü
S	: Güç Yoğunluğu
G_v	: Verici Anten Kazancı
G_a	: Alıcı Anten Kazancı

R	: Verici-Alıcı Uzaklığı
A_e	: Anten Etkin alanı
kg	: Kilogram
dV	: Hacim Yoğunluğu
f	: Frekans
h	: Plank Sabiti
A	: Adenin
G	: Guanin
T	: Timin
C	: Sitozin
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
K	: Potasyum
Na	: Sodyum
Fe	: Demir

KISALTMALAR LİSTESİ

μ l	: Mikro Litre
aa	: Amino Asit
ANSI	: Amerikan Standartları Enstitüsü (American National Standards Institute)
BCCH	:Yayın Kontrol Kanalı (Broadcast Control Channel)
DDG	: Düzlem Dalga Gücü
dH ₂ O	: Distile Su
DNA	: Deoksiribonükleik asit
EEG	: Elektroensefalografi
FCC	: Federal Communications Commission
FM	: Frekans Modülasyonu
GHz	: Gigahertz
GSM	: Küresel Mobil İletişim Sistemi (Global System for Mobile Communications)
Hz	: Hertz
ICNIRP	: Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi (International Committee on Non-Ionising Radiation Protection)
INIRC	: Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyon Komitesi (International Non- Ionizing Radiation Committee)
IRPA	: Uluslararası Radyasyon Koruma Kurulu (International Radiation Protection)
kHz	: Kilohertz
LDH	: Laktat Dehidrogenaz
M	: Molar
MHz	: Megahertz
ml	: Mili Litre
mM	: Milimolar
N	: Çözeltilerin Derişimi
<i>NAD</i> ⁺	: Nikotiamid Adenin Dinükleotid
NADH	: Nikotinamid Adenin Dinükleotid
NRPB	: Ulusal Radyasyondan Korunma Komitesi (National Radiological Protection Board)
OD	: Optik Densite
ON	: Over Night

PCR	: Polimeraz Zincir Reaksiyonu
PvLDH	: <i>Plasmodium vivax</i> Laktat Dehidrogenaz Enzimi
SAB	: Sample Amplification Buffer
SAR	: Özgöl Soğrulma Oranı (Specific Absorption Rate)
SDS	: Sodyum Dodesil Sülfat
TAE	: Tris-Asetat-EDTA
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)
UV	: Ultraviyole
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organisation)
YT	: Yeast-Tripton

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ELEKTROMANYETİK DALGALARIN MİTOTİK KROMOZOMLAR, BAKTERİ GELİŞİMİ, ENZİM AKTİVİTESİ VE DNA ÜZERİNE ETKİLERİ

Ayhan AKBAL

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

2008, Sayfa: 126

Bu tez çalışmasında, mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların biyolojik etkilerini tespit etmek için dört farklı deney yapılmıştır. İlk olarak 48 saat süresince elektromanyetik dalgalara maruz bırakılan bitki kök hücresi, mikroskop altında incelenmiş mitotik hücre bölünmesindeki ve mitotik kromozomlardaki anormallikler tespit edilmiştir. İkinci olarak elektromanyetik dalgaların farklı bakteri türlerine etkilerini tespit edebilmek için *E. coli* ve *B. subtilis* bakterileri 10 saat süresince elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmış ve bakterilerin üremeleri incelenmiştir. Üçüncü olarak elektromanyetik dalgaların enzim aktivitesine olan etkilerini tespit edebilmek için *E. coli* PKK223-3 kullanılmıştır. Bu bakteriler 10 saat süresince elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmıştır. Daha sonra bakterilerin ürettiği LDH enziminin, enzim aktivitesi ölçülmüş ve SDS-PAGE görüntüsü alınarak incelenmiştir. Son olarak elektromanyetik dalgaların DNA üzerine etkilerini tespit edebilmek için *E. coli* pUC 18'e kullanılmıştır. Bu bakterilere, 10 saat süresince elektromanyetik dalga uygulanmış ve bakterilerin plazmid DNA'sının agaroz jel elektroforez görüntüleri incelenmiştir. Yapılan bu çalışmaların sonucunda mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların mitotik hücre bölünme safhalarında farklı etkilerde bulunduğu, bakterilerin gelişimlerini azalttığı, enzim aktivitesini ve DNA'yı ise etkilemediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik, mobil telefon, biyolojik etki, GSM, EMF, Radyasyon, Bakteri, DNA, Enzim aktivitesi, Laktat dehidrogenaz (LDH).

ABSTRACT

PhD Thesis

THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC WAVES ON MITOTIC CHROMOSOME, BACTERIUM GROWTH, ENZYME ACTIVITY AND DNA

Ayhan AKBAL

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical and Electronics Engineering

2008, Page: 126

In this thesis, four different experiments have been done to find biological effect of electromagnetic waves emitted from mobile phones. Firstly, the root cell of lentil exposed to electromagnetic waves through 48 hours has been examined under the microscope and investigated anomalies of mitotic cell division and mitotic chromosome. Secondly, to find effect of electromagnetic waves on different type of bacteria such as *E. coli* and *B. subtilis* have been exposed to electromagnetic waves through 10 hours then development of bacteria have been investigated. Thirdly, *E. coli* PKK223-3 has been used to find effect of electromagnetic waves on enzyme activity. Bacteria have been exposed to electromagnetic waves through 10 hours then enzyme activity of LDH production of bacteria have been measured and SDS-PAGE gel image has been investigated. Finally, *E. coli* pUC 18 has been used to find effect of electromagnetic waves on DNA. It has been exposed to electromagnetic waves through 10 hours then agarose gel electrophoresis images of *E. coli* pUC 18 plasmid DNA have been investigated. It has been found that electromagnetic waves emitted from mobile phones has different affected on mitotic cell division stages as well as have decreased development of bacteria whereas It has no affect on enzyme activity as well as DNA.

Keywords: Electromagnetic, Biological Effect, Mobil Phone, GSM, EMF, Radiation, Bacterias, DNA, Enzyme, Laktat dehidrogenaz (LDH).

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojiadaki hızlı gelişmeye paralel olarak elektromanyetik dalga yayan cihazların günlük yaşamdaki yeri de artmıştır. Özellikle mobil telefonlar hayatımızın vazgeçilmez cihazları olmuşlardır. Bugün mobil telefon kullanım yaşının 9'un altına düşmesi, dünyadaki mobil telefon kullanıcı sayısının 2 milyarı geçmesi [1] ve gün geçtikçe hızlı bir şekilde artması mobil telefonlarının etkilerinin araştırılmasında önemli bir etken olmuştur. Mobil telefonlardan yayılan elektromanyetik radyasyonun canlılar üzerine etkilerinin araştırılmasına yönelik çalışmalar hızlanmıştır [2]. Elektromanyetik radyasyonun insan sağlığına etkisi bilim adamlarının sürekli ilgi duydukları bir konu olmuştur. Epidemiyolojik çalışmalar da hız kazanmaya başlamıştır.

1982 yılında yayınlanan bir yayında elektrik işçilerinin kanser olma risklerinin diğer insanlara göre daha fazla olduğu ifade edilmiştir [4]. 1983 yılında yapılan bir çalışmada, 1975 yılında İngiltere ve Galler'de meydana gelen ölümler incelenerek elektrik alan ile ilişkileri araştırılmıştır [5]. 1985 yılında Wisconsin eyaletinde 1963 ile 1978 yılları için ölüm kayıtlarını kullanarak yapılan bir çalışmada elektrik işleri ile uğraşanların kansere yakalanma riskinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [8]. 1989 yılında yapılan bir çalışmada, 1950-1973 yılları arasında Colaradoda doğan ve 19 yaşından önce kanserden ölen kişiler üzerinde çalışmalar yapılmış, 344 denek incelemiş ve yüksek gerilim hatlarına yakın olan evlerde ikamet edenlerin kanser olma oranının daha fazla olduğu tespit edilmiştir [6].

Yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyonun insanların günlük hayatına girmesi ile birlikte çalışma konuları bu alanlara kaymaya başlamıştır. Yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyon yayan cihazların, özellikle cep telefonlarının yaşamın vazgeçilmez birer parçası olmaya başlaması yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyonun biyolojik etkilerinin araştırılmasını gerekli kılmıştır. Yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyonun bazı biyolojik etkilerinin olduğu özellikle insanlarda sinir sistemini etkilediği [9] beyin dokularındaki iyonik konsantrasyonu değiştirdiği [10], organizmaları etkilediği, hücrelerde iyonik konsantrasyonu değiştirdiği [11, 14, 15], biyomolekülleri etkilediği [16,17], hücreleri etkilediği [12, 13], DNA zararlarına neden olduğu [18,19], 1975 yılından günümüze kadar birçok çalışmada araştırılmıştır [9, 19, 20-36].

GSM tabanlı elektromanyetik radyasyon yayan mobil telefonların çok fazla kullanılması ve hayatın vazgeçilmez bir parçası olması, mobil telefonlardan yayılan elektromanyetik radyasyonun insan sağlığına ve biyolojik yapılara etkilerini sistematik çalışmalarla araştırılmasını teşvik etmiştir [37]. Elektromanyetik radyasyonun etkileri ile ilgili yapılan

alışmalar; insanlar ile ilgili yapılan epidemiksel araştırmalar, hayvan modelleri üzerinde yapılan araştırmalar (*in vivo*) ve hücre çalışmaları (*in vitro*) şeklinde bir kaç grup altında toplamak gerekir.

Mobil telefonların biyolojik etkileri üzerine çalışmalar yapılırken, insanlar üzerinde deneysel çalışmalar yapılması oldukça zor ve tehlikeli olduğundan deneysel çalışmalar hücreler üzerinde veya hayvanlar üzerinde yapılmaktadır. Yapılan bu çalışma sonuçları ile epidemiksel çalışmaların sonuçları yorumlanmaktadır. Epidemiksel alışmalar, elektromanyetik radyasyonun insanlar üzerine etkilerini ortaya çıkarmak için bir grup insan üzerinde özel hazırlanmış sorular sorularak bu sorulardan elde edilen cevapların istatistik değerlendirmesi sonucu elde edilmektedir. Santini'nin 530 kişi üzerinde yaptığı istatistiksel çalışmada baz istasyonun yakınında oturan kişiler üzerinde elektromanyetik radyasyonun biyolojik etkileri test edilmiştir [38,39] (Bu çalışmada yorgunluk, uyku düzensizliği, baş dönmesi, hafıza kaybı gibi spesifik özelliklerin, baz istasyonuna olan uzaklığa ve cinsiyete göre değişimi istatistiksel olarak incelenmiştir). Deneysel alışmalar ise elektromanyetik radyasyonun biyolojik etkilerini kesin bir şekilde tespit edebilmek amacıyla yapılmaktadır. Deneysel alışmalar, istatistiksel çalışmalara göre daha geniş bir alanda uygulanmaktadır.

Bu alışmaları yapan bilim adamlarından bazıları, mobil telefonların merkezi işitme sistemine etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmaların sonucunda mobil telefonların merkezi işitme sistemine etkisi ile ilgili olarak yeterli ve kesin bilgiler elde edilememiştir [40-43]. Bazı çalışmalarda; mobil telefonların kulak ve iç kulak üzerine etkileri araştırılmış ve zaman zaman değişen sonuçlar elde edilmiştir [44- 48]. Bu sonuçların anlamlı olabilmesi için tekrarlanmaları gerekmekte ve kesin kanıtlara ihtiyaç duyulmaktadır [49,50].

Bir diğer önemli araştırma ise mobil telefonların genellikle baş bölgesinde kulağa yakın kullanılması ile beyin bölgesinde meydana getirdikleri etkilerin tespitidir. Bu amaçla bazı bilim adamlarının; elektromanyetik radyasyonun beyin tümörlerinin oluşmasına neden olup olmadığı ve beyin üzerine etkileri konusunda çalışmaları olmuştur. Bu çalışmalarda sıçanlar kullanılmıştır. Mobil telefonların oluşturdukları elektromanyetik radyasyona maruz bırakılan sıçanlarda beyin tümörlerinin gelişimi izlenmiş ancak kesin bir kanıt bulunamamıştır [52]. Ayrıca yapılan diğer bir çalışmada sıçanların beyinleri, zgl soğrulma oranı (SAR) 0.3, 1.5 ve 7.5 W/ kg olan GSM elektromanyetik radyasyonuna maruz bırakılmış ve genomik davranışları araştırılmıştır [51]. Elektromanyetik dalgaların insan beynine etkileri de araştırma konusu olmuş ve mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz bırakılan insan beyni EEG (Elektroensefalografi) ile izlenmiş ve ilginç sonuçlar elde edilmiştir. 10-15 sn sonra herhangi değişiklik görülmez iken 20-40 sn sonra düşük dalga aktiviteleri ölçülmüştür. Mobil telefon kapatıldıktan 15-20 dakika sonra lokal değişim etkilerinin kaybolduğu tespit edilmiştir [55].

Mobil telefonların DNA üzerine etkileri de ayrı bir araştırma konusu olmuştur. GSM radyasyonunun zaman zaman DNA kırılmalarını arttırdığı, gen ekspresyonunu değiştirdiği tespit edilmiştir [57]. 1800 MHz radyo frekanslı elektromanyetik dalganın Chinese tipi hamsterların akciğer hücreesindeki DNA zararları incelenmiş ve DNA zararlarının oluşumunu teşvik ettiği görülmüştür [58]. GSM radyo frekanslı elektromanyetik dalgaları insan göğüs kanserinde protein ekspresyonuna olan etkileri araştırılmıştır. Sırasıyla 1, 3, 6, 12 ve 24 saat maruz bırakılan hücrelerde protein ekspresyonunu arttırdığı görülmüştür [59]. Frekansı 1800 MHz, özgül soğrulma değeri (SAR) 2 W/kg olan bir elektromanyetik dalgaya maruz bırakılan GFSH-R17 sıçanına ait DNA'nın zarar gördüğü tespit edilmiş ve bu durumda termal olmayan etkilerden kaynaklandığı belirlenmiştir [56].

Mobil telefonların bakteri gelişimi üzerine etkileri de araştırılmıştır. Bu amaçla *M. magnetotacticum* bakterisi iki grupta toplanmış ve mobil telefonun yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz bırakılmıştır. Modülasyon işlemi gerçekleştiren mobil telefonun yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz bırakılan hücrelerinin, hücre molaritesinin arttığı görülmüştür [60].

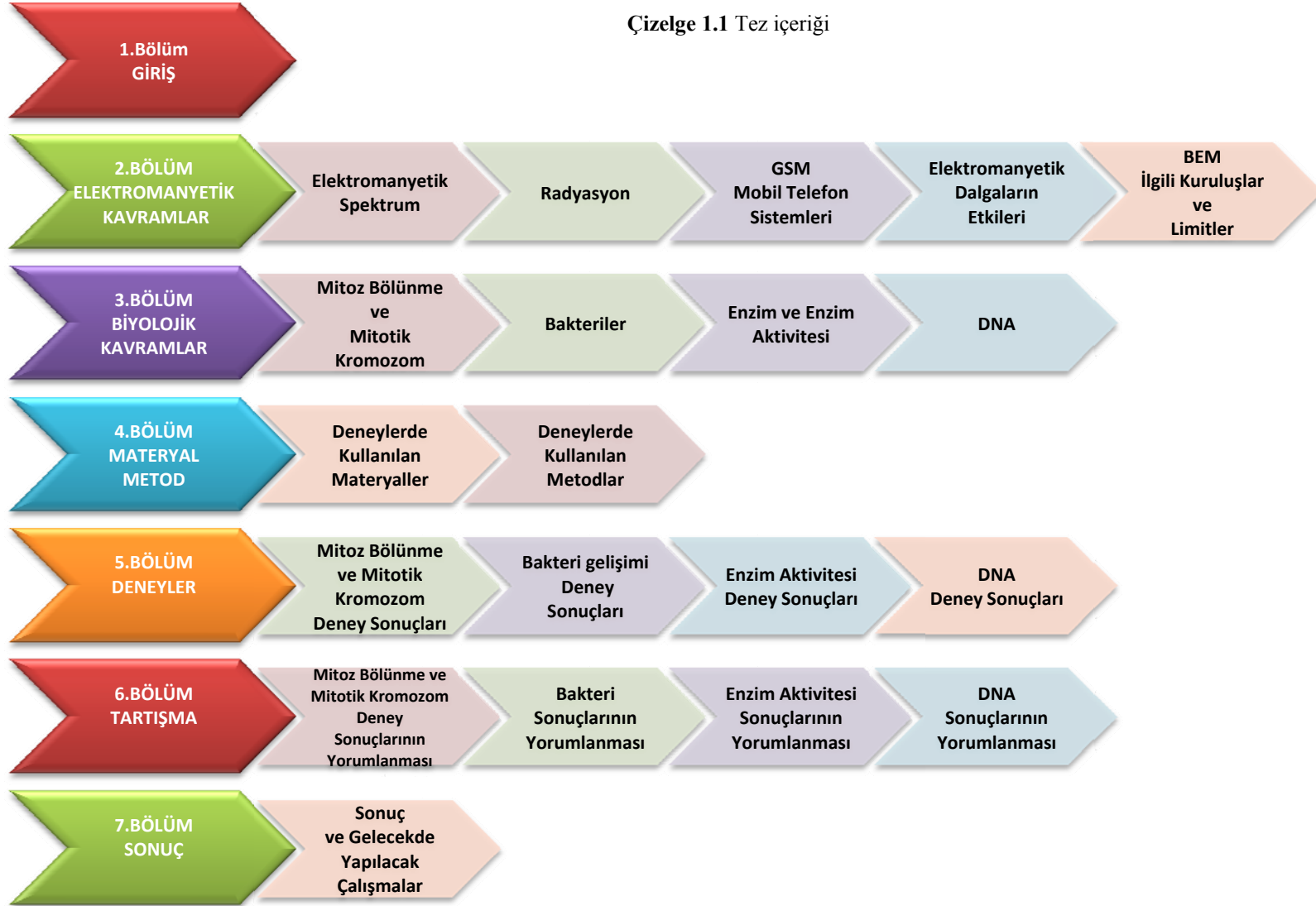
Sonuç olarak birçok alanda mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonların etkilerini araştıran birçok çalışma bulunmaktadır [2 - 14]. Bu çalışmaların geneli kesin sonuç vermekte oldukça yetersiz kalmaktadır [37]. Bu çalışmaların kesin anlamlı sonuç vermesi için yapılan deneysel çalışmaların artması ve elde edilen sonuçların tutarlı olması gerekmektedir.

Bu çalışmada, yukarıdaki çalışmalar ışığında mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun etkilerinin tespiti için bir dizi deneysel çalışma yapılmıştır. Bu deneyler ile mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun mitoz bölünme enasında kromozomların üzerine etkileri, bazı bakteri (*E. coli*, *B. subtilis*) türlerinin üremesi, gelişmesi ve enzim aktivitesi üzerine etkisi ve DNA'nın yapısı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Bu deneysel sonuçlar ile mobil telefonların etkilerinin yapılan diğer çalışmaları destekleyici nitelikte olduğu gösterilmiş ve bilimsel olarak ilk defa çalışılmış bazı konular ile bilime katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

Bu tez çalışması yedi bölümden oluşmaktadır. Tezin içeriği Çizelge 1.1'de detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Tez çalışmasının ikinci bölümünde radyasyon kavramı, nükleer radyasyon ile elektromanyetik radyasyon kavramları ve elektromanyetik spektrum, mobil telefon sistemleri çalışma mantıkları, uluslar arası kuruluşların belirlediği standartlar ve güvenlik değerleri gibi elektromanyetik konusundaki temel kavramlar, üçüncü bölümde radyasyonun biyolojik etkileri, mitoz bölünme ve mitotik kromozomlar, bakteriler, enzim aktivitesi, DNA hakkında ön bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde ise deneysel çalışmalarda kullanılan materyaller ve deneylerin yapılmasında kullanılan yöntemler hakkında detaylı bilgiler

verilmiştir. Beşinci bölümde tezin konusu olan deneyler, deneylerin yapılış şekilleri, deneysel sonuçlar ve yorumlar verilmiştir. Beşinci bölümde ayrıca mobil telefonların kromozom üzerine etkileri, bakteri gelişimi, enzim aktivitesi ve plazmid DNA'nın yapısına etkileri üzerine yapılan deneyler alt başlıklar halinde, deneyin uygulanma düzeneği, kullanılan örnekler, uygulanma süreleri ve elde edilen sonuçlar detayları ile verilmiştir. Tezin altıncı bölümünde ise deneylerden elde edilen bulgular tartışılmış, son olarak yedinci bölümde bu deneyler ışığında sonuç kısmı ve gelecekte yapılması düşünülen çalışmalar verilmiştir.

Çizelge 1.1 Tez içeriği



2. ELEKTROMANYETİK KAVRAMLAR

2.1 Giriş

Tezin bu bölümünde mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların etkilerinin anlaşılması için elektromanyetik ile ilgili temel kavramlar verilmiştir.

2.2 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik kavramı, dalga özelliği ve tanecik özelliği ile tanımlanmaktadır. 1873 yılında J.C.Maxwell ayrı ayrı görünen dalga özelliği ile tanecik özelliğinin aslında birbirinden ayrılmaz olduğunu göstermiştir. J.C.Maxwell'in yeniden düzenlediği bu denklemler "Elektromanyetik Dalgaların" varlığını ortaya çıkarmaktadır. Elektromanyetik dalgaların fiziksel olarak yayıldığını 1886 yılında Alman fizikçi Hertz bulmuş ve yayılma, yansıma, kırılma ve polarizasyon gibi konularda çalışmıştır. İtalyan araştırmacı Marconi'nin telsiz telgrafı icat etmesiyle endüstride kullanılmaya başlamıştır [64 - 67].

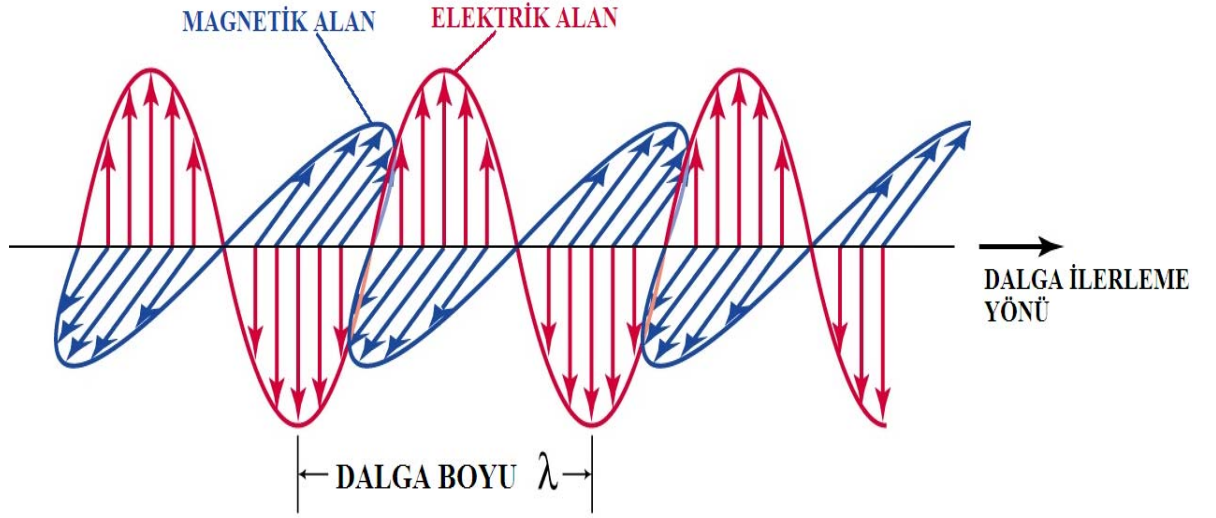
Maxwell denklemleri, herhangi bir noktada bulunan elektrik ve manyetik alanlar arasındaki bağıntıyı o noktanın konumuna ve zamanına bağlı olarak ifade etmektedir [64, 67].

Maxwell Denklemleri $\vec{E}$, $\vec{D}$, $\vec{H}$ ve $\vec{B}$ alanları ile elektromanyetik olayları belirler ve dört adet denklemden meydana gelir. Bu denklemler (2.1), (2.2), (2.3) ve (2.4) 'de verilmiştir.

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2.1) \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.3)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (2.2) \quad \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{J} + \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (2.4)$$

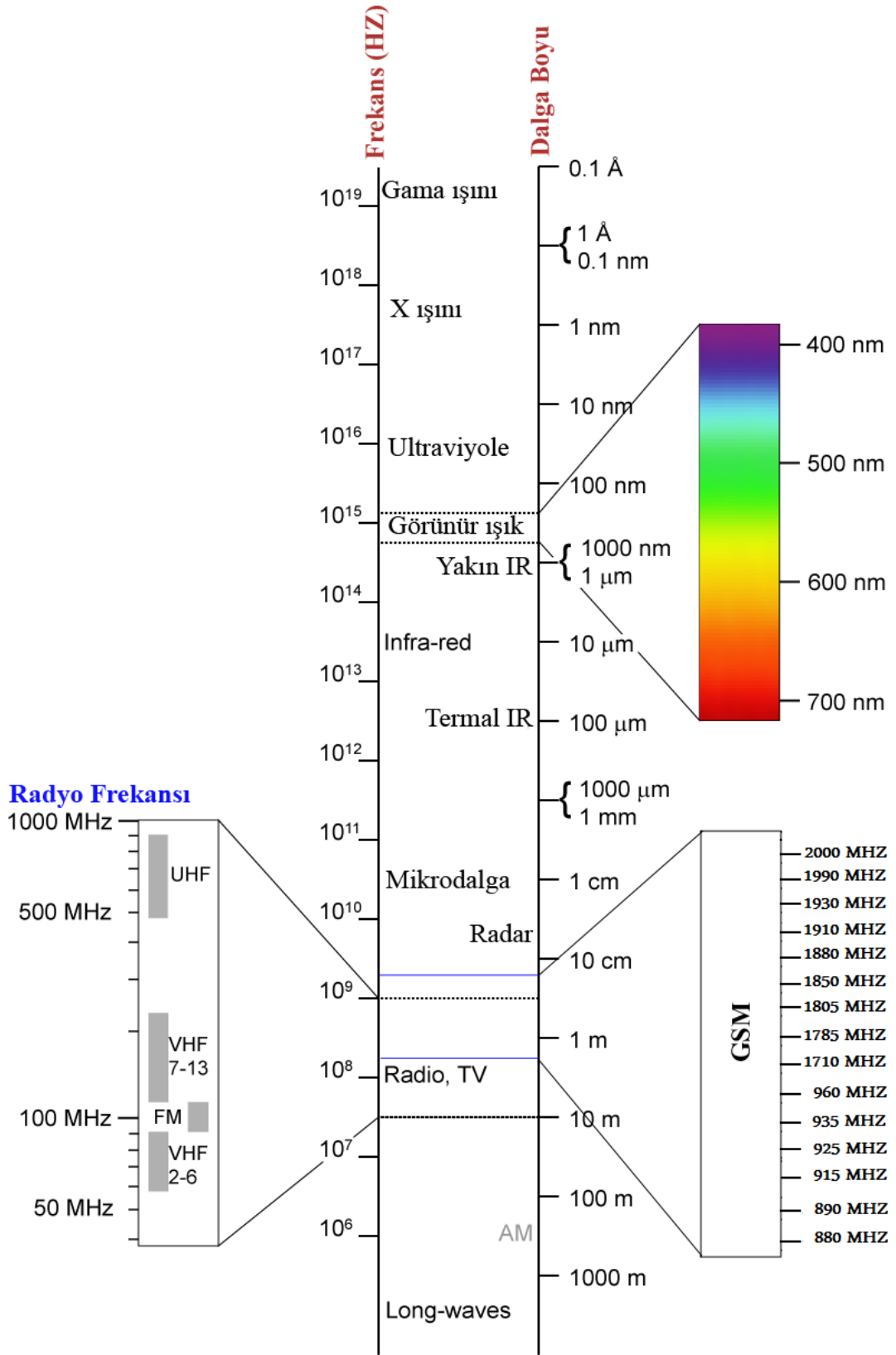
Maxwell denklemlerine göre, durgun bir yük sadece elektrik alan $\vec{E}$ oluştururken, hareketli bir yük elektrik alana ek olarak bir de manyetik alan oluşturmaktadır. Zamanla değişim yok ise elektrik ve manyetik alan bileşenleri birbirlerinden bağımsız olarak bulunabilmektedir. Bu nedenle durgun bir yük veya düzgün doğrusal hareket yapan bir yük elektromanyetik dalga yayınlamaz, elektromanyetik dalganın oluşması için elektrik yükünün ivmelenmesi gerekmektedir. Değişken bir elektrik alana bir manyetik alan, değişken bir manyetik alana da her zaman bir elektrik alan eşlik etmektedir. Elektrik alan ve manyetik alan boşlukta her zaman birbirine diktir. Bu durum Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Elektromanyetik dalga yayılımı

Bu yayılma boşlukta ışık hızı olmak üzere, her ortamda ortamın parametrelerine bağlı bir hızda gerçekleşmektedir. Elektromanyetik dalgaların farklılığı dalga boylarının farklılığından kaynaklanmaktadır. $\lambda = c/f$ bağıntısına göre frekans arttıkça dalga boyu küçülmekte ve frekans azaldıkça dalga boyu büyümektedir. Elektromanyetik dalgalar çok düşük frekanstan çok yüksek frekanslara kadar uzanmaktadır (3 kHz-300 GHz) [61] ve elektromanyetik spektrumda çok geniş bir frekans aralığını kapsamaktadır.

Elektromanyetik spektrumda (Şekil 2.2) bulunan tüm dalgalar bir enerji taşımaktadırlar ve yollarının üzerine çıkan cisimlere enerji aktarmaktadırlar. Taşıdıkları enerji miktarına göre iyonlaştıran veya iyonlaştırmayan radyasyon diye ayrılmaktadır. X-ışınları, gama ışınları ve bazı ultraviyole ışınlar hariç diğer tüm radyasyonlar iyonlaştırmayan radyasyon türüdür [37, 67].



Şekil 2.2 Elektromanyetik dalga spektrumu

Çizelge 2.1 Elektromanyetik bantlar, frekans aralıkları ve dalga boyları

Bant	Kısaltma	Frekans Aralığı	Dalga Boyu
Ses Frekansı	AF	20-20.000 Hz	15.000.000 – 15.000 m
Radyo Frekansı	RF	10 kHz-300.000 M Hz	30.000 m - 0.1 cm
Çok düşük Frekans	VLF	10-30 kHz	30.000 – 10.000 m
Kısa Frekans	LF	30-300 kHz	10.000 – 1000 m
Orta Frekans	MF	300-3.000 kHz	1.000 – 100 m
Yüksek Frekans	HF	3-30 MHz	100 – 10 m
Çok Yüksek Frekans	VHF	30-300 MHz	10 – 1 m
Ultra Yüksek Frekans	UHF	300-3.000 MHz	100 – 10 cm
Süper Yüksek Frekans	SHF	3.000-30.000 MHz	10 – 1 cm
Aşırı Yüksek Frekans	EHF	30.000-300.000 MHz	1 – 0.1 cm
Isı ve infrared *	IR	10^6 - 3.9×10^8 MHz	0.003 - 7.6×10^{-5} cm
Görünür bölge	Visible	3.9×10^8 - 7.9×10^8 MHz	7.6×10^{-5} – 3.8×10^{-5} cm
Ultraviyole	UV	7.9×10^8 – 2.3×10^{10} MHz	3.8×10^{-5} – 1.3×10^{-6} cm
X-ışınları	X-ray	2.0×10^{12} – 3.0×10^{13} MHz	1.5×10^{-5} – 1.0×10^{-9} cm
Gama ışınları		2.3×10^{12} – 3.0×10^{14} MHz	1.3×10^{-8} – 1.0×10^{-10} cm
Kozmik ışınlar		$>4.8 \times 10^{15}$ MHz	$<6.2 \times 10^{-12}$ cm

2.3 Radyasyon (Işıma)

Radyasyon madde içine nüfuz edebilen ışınlar anlamında kullanılmaktadır. Madde içine nüfuz edebilen bu ışınlar canlı, cansız tüm maddelere nüfuz edebilmektedir. Radyasyon kaynağına göre madde içine nüfuz edebilme özellikleri de farklılık göstermektedir. Düşük enerjiye sahip görünür ışığın maddeye nüfuz edebilme özelliği yok iken, X- ışını veya gama ışını özellikleri görünür ışıkla aynı olmasına rağmen enerjisi yüksek olduğundan dolayı madde içine nüfuz edebilmektedir [37].

Radyasyon madde içine nüfuz edip, atomları, iyonlaştırıp iyonlaştırmamasına göre iki ayrı grupta ele alınmaktadır.

- İyonlaştırıcı radyasyon
- İyonlaştırmayan radyasyon

İyonlaştırıcı radyasyon, madde içine nüfuz ederek atom veya moleküllerden elektron koparabilen radyasyon türüdür. Bu kopmanın olması için gerekli kuantum enerji miktarı radyasyonun içine nüfuz ettiği maddenin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Radyasyonun kuantum enerjisi ile frekansı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kuantum enerjisi ile frekans arasındaki ilişkiyi Planck Sabiti ($h \approx 6,63 \times 10^{-34}$ j.s) belirlemektedir. İyonlaştırıcı radyasyon türleri olarak nötron, proton, alfa, beta, X-ışınları, gama ışınları sayılmaktadır. Nötron ve proton yaklaşık aynı büyüklükte iki nükleer parçacıktır. Kütleleri alfa parçacığının dörtte biri kadardır. Alfa parçacığı iki nötron ve iki protondan oluşmaktadır. Bütün atomların çekirdekleri nötron ve protonların değişik sayılarda bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Nükleer reaksiyonlar sırasında atomdan kopan nötron ve protonlar tehlikeli radyasyon türleridir. Nötron, proton, alfa, beta radyasyonları, nükleer reaksiyon sırasında atom çekirdeğinden ortaya çıkan radyasyon türleri olduğu için nükleer radyasyon da denilmektedir. X-ışınları nükleer radyasyon olmadığı halde, iyonlaştırıcı özelliği nedeniyle nükleer radyasyonlarla birlikte iyonlaştırıcı radyasyon adı verilmektedir [37, 67].

Bir radyasyonun iyonlaştıran tür olması için kuantum enerjisi 15 eV veya daha fazla olması gerekmektedir. Bu enerjiye sahip radyasyon türleri atom veya molekülleri iyonlaştırabilmektedir [37, 67].

Bir fotonun enerjisi,

$$E = \frac{h.f}{1.6 \times 10^{-19}} eV \quad (2.5)$$

$$h = \text{Planck Sabiti} = 6.63 \times 10^{-34} \text{ j.s}$$

$$1eV = 1.6 \times 10^{-19} \text{ j}$$

şeklinde hesaplanmaktadır. (2.5) bağıntısından görüldüğü gibi elektromanyetik dalganın enerjisi, frekans ile doğru orantılıdır. Frekans arttıkça dalga boyu küçülürken elektromanyetik dalganın taşıdığı enerji miktarı da artmaktadır.

Bu hesaplama göre elektromanyetik dalga spektrumundaki dalga türlerinin enerjileri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Elektromanyetik dalga türleri ve enerjileri

Radyasyon	Frekans (Hz)	Enerji (eV)
Mikrodalga	10^{10}	4.143×10^{-5}
Milimetre Dalga	3×10^{11}	1.243×10^{-3}
Görünen Işık	6×10^{14}	2.47
İyonlaştırıcı UV	10^{16}	41.43
X –ışını	10^{23}	4.143×10^8

Çizelge 2.2’den de görüldüğü gibi elektromanyetik spektrumu oluşturan X-ışınları ve bazı UV ışınlar hariç diğer radyasyon türlerinin iyonlaştırmak için yeterli kuantum enerjileri bulunmamaktadır.

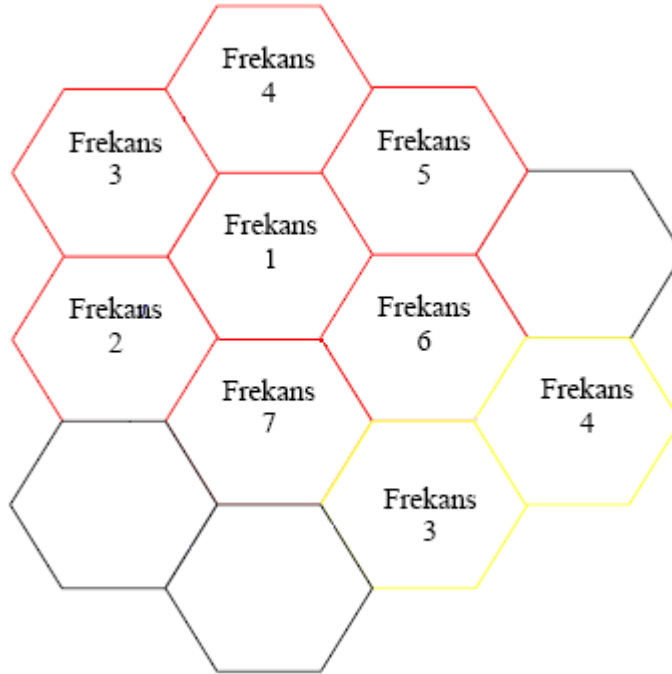
Günümüzde radyasyon üreten çeşitli kaynaklar mevcuttur. İyonlaştıran radyasyonlara en büyük örnek nükleer reaksiyonlar ve radyoaktif maddelerdir. Çeşitli elektronik cihazlarda radyasyon kaynağıdır. Bu cihazlara örnek, sağlık sektöründe kullanılan tıbbi tanıya yönelik kullanılan röntgen cihazlarıdır. Bu cihazlar X-ışınları üretirler ve canlı dokuya nüfuz, ederek canlı dokunun iç kısımlarının görüntülenmesi işleminde kullanılmaktadır. Televizyonlar bir diğer kaynaklardır. Televizyonlarda görüntü oluşturmak için üretilen elektronlar floresan maddeye çarptığında çok az da olsa bir X- ışını ortaya çıkar. Telsiz telefonlar, saç kurutma makineleri, telsizler, çamaşır makineleri, mikrodalga fırınlar, kablosuz internet, mobil telefonlar şeklinde örneklerin sayısını artırmak mümkündür [37, 64].

Elektromanyetik dalgalar ile pratik olarak çalışan bu cihazların üretilmesi ve kullanılması birçok problemi beraberinde getirmiştir. Bu problemlerden en önemlisi uyumluluk problemidir. Günümüzde aynı ortamda birçok cihaz kullanılmaktadır. Bu cihazların birbirleri ile etkileşmeden çalışabilmeleri oldukça önemlidir. Fakat daha önemli bir konu bu cihazlar ile canlıların etkileşimleridir. Günlük hayatımızda çalıştığımız ortamlarda, evlerde, dışarıda hemen hemen hayatımızın her aşamasında bu tür cihazlar bulunmaktadır. Bu cihazların çalışması esnasında oluşturdıkları elektromanyetik dalgalar aynı ortamda bulunan canlıları etkilemektedir. Günümüzde elektromanyetik dalga üreten cihazların en önemlilerinden biri GSM bazlı mobil telefon sistemleridir. GSM sistemleri, radyo frekansında çalıştıkları için bizim için önemli olan 100 MHz ile 10 GHz aralığında olan radyo frekanslarıdır.

2.4 GSM (Mobil Telefon) Sistemi

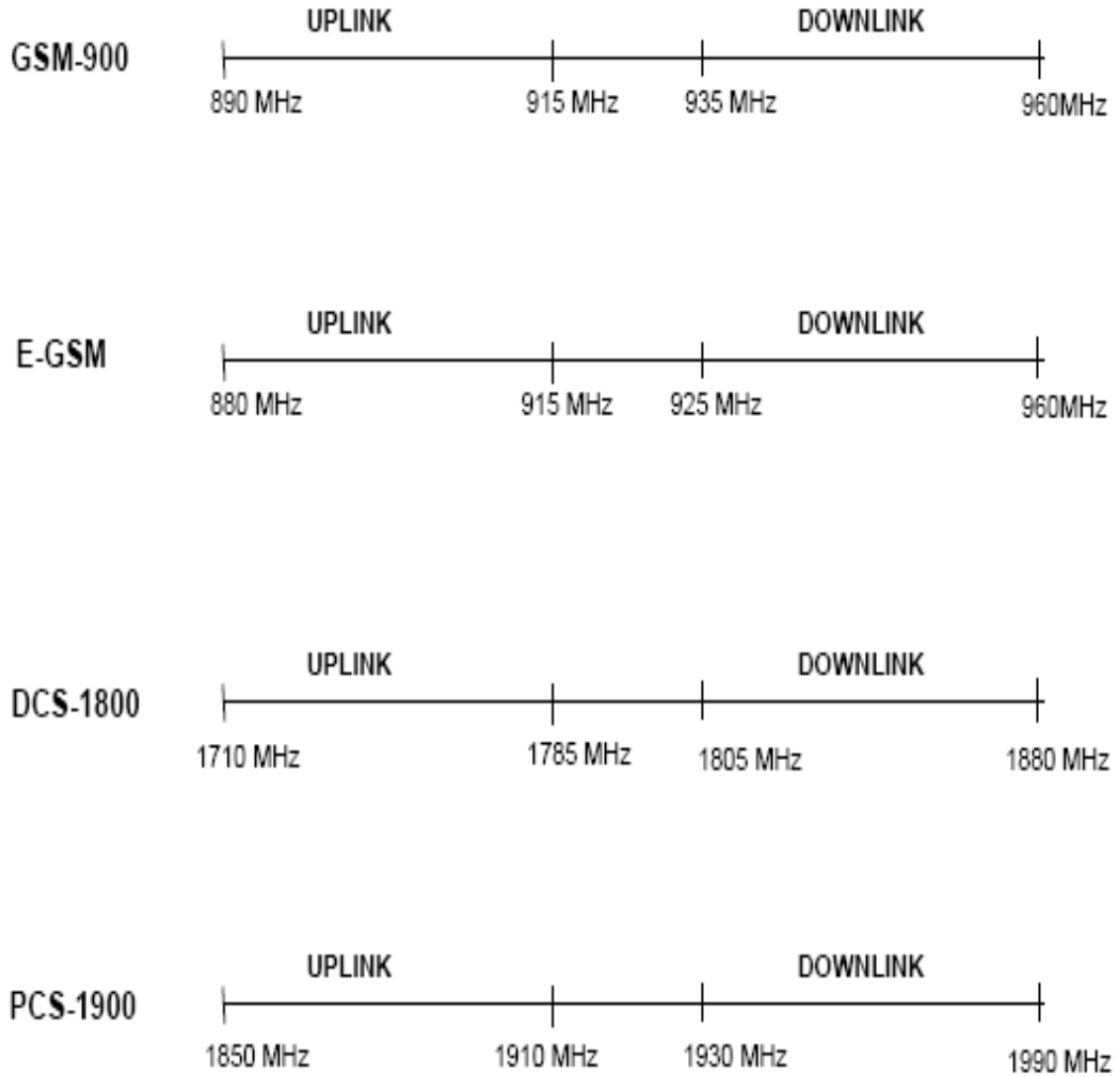
GSM sözcüğü, “Küresel Mobil İletişim Sistemi” anlamına gelen Global System For Mobile Communications tanımlamasının baş harflerinden oluşmuştur. Mobil iletişim sisteminin en yeni ve en gelişmişlerinden biri GSM sistemidir. Son yirmi yılda telekomünikasyon alanında yapılan yenilikler farklı standartlarda mobil telefon sistemlerinin kurulmasına yol açmıştır. 80’li yılların sonlarına doğru sayısal telsiz teknolojisindeki gelişmelerin en ileri ürünü olarak GSM sistemi tasarlanmıştır [37].

GSM sistemleri için sınırlayıcı faktör, kullanılacak olan radyo frekans aralığıdır ve mobil iletişim için oldukça dar bir bant tahsis edilmiştir. Şehirlerde aynı anda yapılan birçok görüşme için yeterli kapasiteyi sağlamanın tek yolu şebekenin bazı bölümlerinde aynı radyo frekanslarını tekrar kullanmaktır. Bu amaçla sistem Şekil 2.3’deki gibi bal peteği şeklinde birbirine bitişik olarak çalışan hücrelerden oluşmakta ve her hücre düşük çıkış gücü ve kısa mesafeli radyo sinyalleri ile çalışan ana alıcı-verici istasyonu ile çalışmaktadır. Bu sayede aynı frekanslar değişik hücrelerde tekrar tekrar kullanılmakta ve aynı frekans daha fazla sayıdaki telefon görüşmeleri için kullanılmaktadır. Büyük şehirlerde ve aynı anda birçok görüşme yoğunluğu taşıyan bölgelerde hücre daha küçük ve daha sık yapıda olmaktadır [37].



Şekil 2.3 Hücresel yerleşim ve frekans grupları

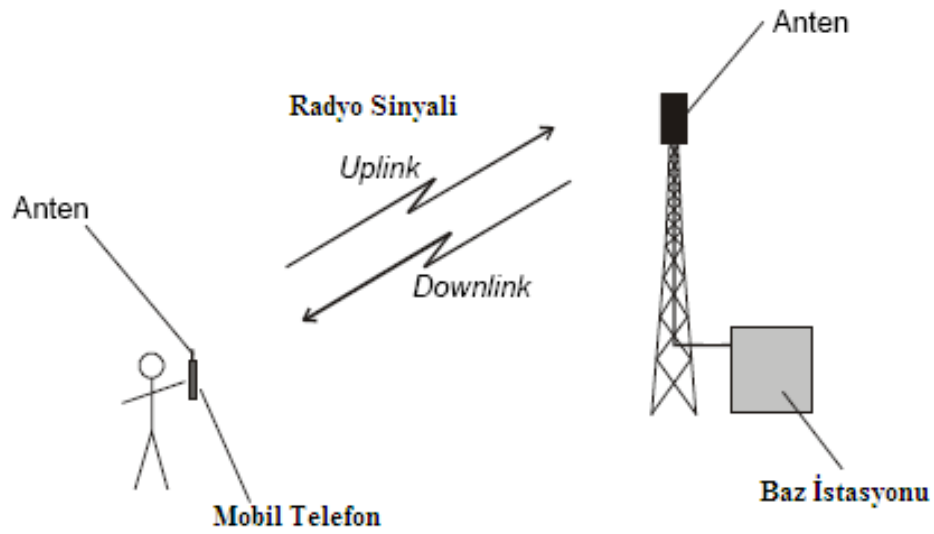
Hücresel sistemde kapasitenin kolaylıkla istendiği kadar artırılması, hücreleri daha küçük hücrelere bölüp sayılarını arttırmakla mümkün olmaktadır. Hücre arttırma durumunda önemli olan birbirine komşu olan hücrelere farklı frekans numarası vererek konuşma sırasında aynı verimi sağlamaktır. GSM sisteminin en uç birimleri, bu sistemlerin kurulmasındaki ana hedef ve konuşmaları başlatan mobil telefonlarıdır. GSM sistemindeki en uç birimler 900 MHz, 1800 MHz veya 1900 MHz frekansını kullanılmaktadır (Şekil 2.4). Mobil telefonlar GSM sistemlerinin en önemli kısmını oluşturmaktadır.



Şekil 2.4 GSM sistemlerinin çalışma frekansları

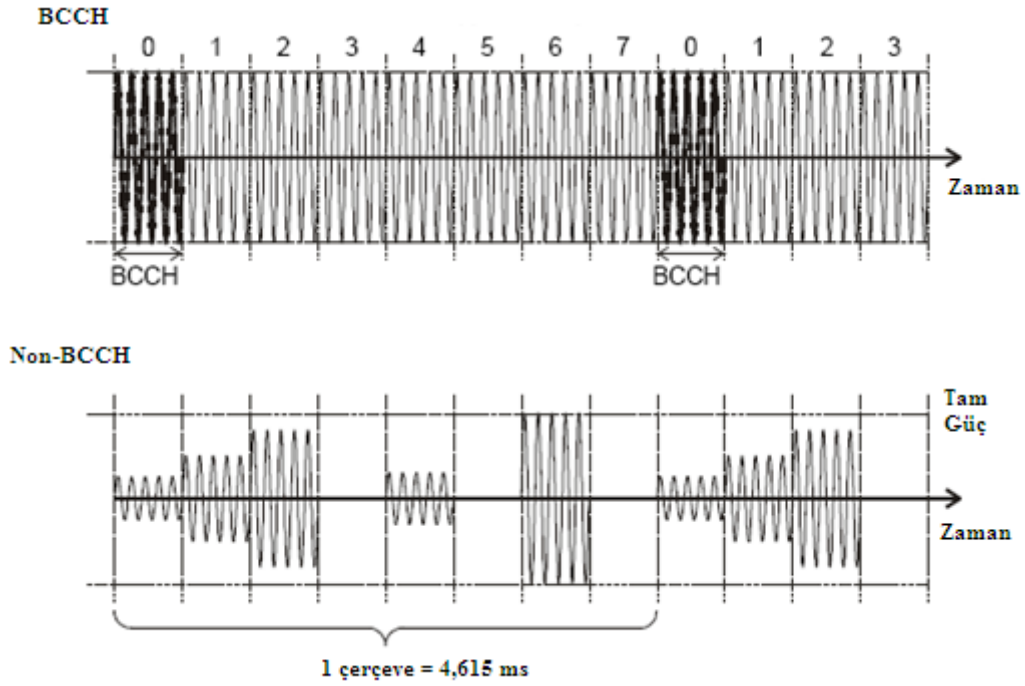
Mobil telefon, GSM şebekesinin bağlı olduğu radyo baz istasyonu ile elektromanyetik dalgalar aracılığıyla doğrudan bağlantı kurarak hizmet vermektedir. Mobil telefon açık olduğu

sürece, mobil telefon şebekesinin en yakın baz istasyonu ile devamlı irtibat halindedir. Mobil telefon şebekesi çok sayıda hücreden meydana gelmiştir. Her hücre belirli bir coğrafi alanı kapsamakta ve her hücrede, mobil telefon santrali ile bağlantı kurulmasını sağlayan bir ana alıcı-verici istasyonu ve anten bulunmaktadır. Bu coğrafi alan içindeki tüm telefon görüşmeleri bu anten ve istasyon üzerinden gerçekleşmektedir. Şekil 2.5’de basit olarak bir mobil telefon ile baz istasyonu arasındaki haberleşme sistemi gösterilmiştir. Burada mobil telefondan baz istasyonuna veri aktarımı Uplink, baz istasyonundan mobil telefona veri aktarımı Downlink olarak Şekil 2.4’de belirtilen frekanslar üzerinden gerçekleştirilmektedir [67].



Şekil 2.5 GSM sistemlerinin çalışması

Mobil telefon için 900 MHz ve 1800 MHz frekans bölgesinde ayrılan frekans bantları 35 MHz ve 75 MHz dir. Sistemde her kullanıcı için 200 kHz bant kullanılmakta ve bu da 900 MHz de 174 kanal, 1800 MHz de ise 374 kanal kapasitesi demektir. GSM baz istasyonları ile mobil telefonlar arasında haberleşmede kullanılan radyo taşıyıcı işaretleri, Zaman Bölmeli Çoklama yapılarak baz istasyonlarının kanal kapasiteleri arttırılmaktadır. Bu amaçla saniyede 217 çerçeve gönderilmektedir. Her çerçeve 8 zaman bölgesine ayrılmıştır ve her zaman bölgesi farklı bir mobil telefon tarafından kullanılmaktadır [96].



Şekil 2.6 GSM Sinyali dalga formu [96]

Zaman bölgelerinde toplam sekiz adet eş zamanlı görüşme yapılabilmektedir. Ancak 0. zaman bölgesinde kontrol amaçlı kullanılan yayın kontrol kanal (Broadcast Control Channel:BCCH) taşıyıcısı bulunmaktadır. Bu nedenle her BCCH, yedi mobil telefonun eş zamanlı görüşmesinde ortak kullanılmaktadır. Eş zamanlı yedi görüşmeden daha fazla görüşme gerekirse baz istasyonu yeni bir BCCH oluşturmaktadır. Eğer BCCH taşıyıcı işareti kullanılmaz ise (non-BCCH) bu durumda eş zamanlı sekiz görüşme yapılabilir. Bu durumda görüşme yapılan baz istasyonu ve şebeke ile ilgili bilgiler mobil telefonlara iletilemez. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi 4.615 ms'lik haber işareti 0.58 ms'ye (bir zaman bölgesine) sıkıştırılarak gönderilmektedir. BCCH kullanılmayan sistemlerde bilgi işaretinin gücü iletilirken, BCCH kullanılan sistemlerde sekiz zaman bölgesinde de tam güç iletimi yapılmaktadır. Şekil 2.6'da BCCH olan ve olmayan durumlarda iletilen sinyaller ve güç seviyeleri görülmektedir [96].

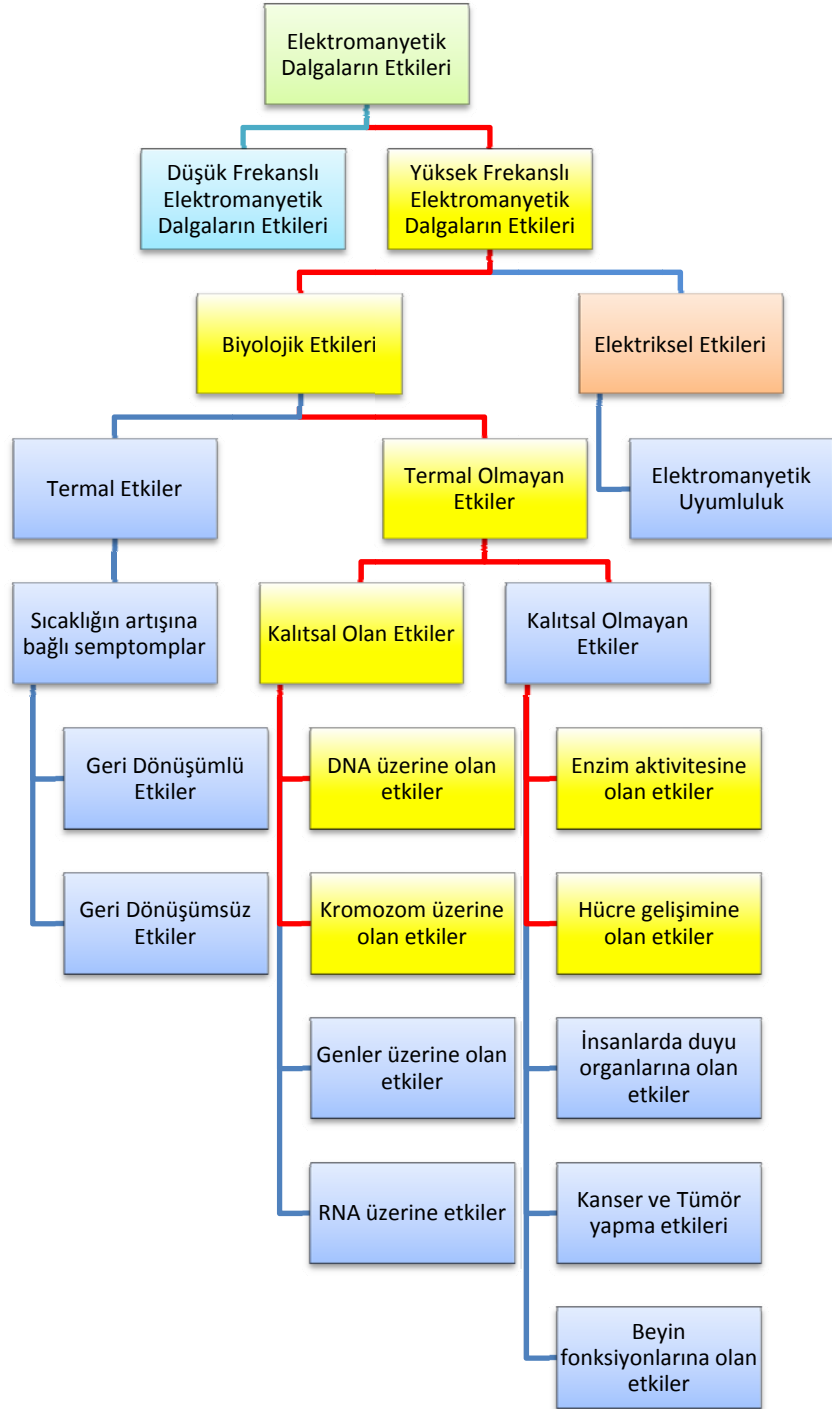
Bu nedenle baz istasyonları için izin verilen en yüksek anten gücü, 900 MHz GSM baz istasyonları için 2 W, 1800 MHz GSM baz istasyonları için 1 W'dır. Mobil telefonlarda baz istasyonu ile haberleşme sırasında, baz istasyonuna olan mesafeye göre anten gücünü ayarlayan özel düzenekler bulunmaktadır. Mobil telefonlar baz istasyonlarının tersine görüşme yapılmıyorken baz istasyonu ile haberleşme halindedir fakat herhangi bir bilgi sinyali taşımadığından güç taşımamaktadır. Fakat konuşma sırasında elektromanyetik dalganın gücü 250 mW'lara kadar çıkmaktadır [7]. Ortalama 2 W çıkış gücüne sahip 900 MHz'de çalışan bir mobil telefondan 2.2 cm ötede 400 V/m şiddetinde elektrik alan değeri olabilmektedir. Bu değer

1800 MHz ve 1W çıkış gücü ile 200 V/m'dir. Ölçülen değer, baz istasyonlarının neden olduğu etki yanında yüz kattan daha fazla olabilmektedir [70,71].

Bu tez çalışmasında günümüzde mobil telefonların kullanımları hızla arttığı için gelecek çalışmalara ışık tutması amacıyla GSM mobil telefonların yaydığı frekans üzerinde çalışılmıştır.

2.5 Elektromanyetik Dalgaların Biyolojik Etkileri

Elektromanyetik cihazların kullanımının giderek artması nedeniyle gerek canlılar gerekse diğer elektromanyetik dalga kullanan elektronik cihazlar ile etkileşimleri açısından bu konunun incelenmesi oldukça önem kazanmıştır. Elektromanyetik alanların biyolojik sistemlerle fiziksel olarak nasıl bir etkileşim gösterdiği bu konudaki araştırmaların önde gelen bir konusu olmaktadır. Bugün, aynı ortamda çalışan elektromanyetik dalga yayan cihazlar birbirini etkilemektedir [85, 86]. Aynı ortamda bulunan bu cihazlar biyolojik varlıkları da etkilemektedirler [67, 73 - 83]. Bilinmeyen durum bu etkinin tam olarak ne olduğudur. Biyolojik etkiler vücut içinde oluşan iç alanlara bağlı olduğundan bu alanların bulunması gerekmektedir [7]. Elektromanyetik dalgaya maruz kalan biyolojik yapı içerisindeki alanların bulunması için teorik ve deneysel çalışmaların ikisine de ihtiyaç duyulmaktadır. Teorik çalışmaların doğrulanması, iç alanların başka özelliklerinin anlaşılması ve teorik çalışmayla elde edilmeyen bazı verilerin elde edilmesi için deneysel çalışmalar da oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Elektromanyetik dalgaların etkileri ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar ana başlıklar halinde Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7 Elektromanyetik dalgaların etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar [1,37,38,61-63,70-90]

Elektromanyetik radyasyonların dokulara nüfuz etmesi ile radyasyonun frekansı arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır [37, 67]. Frekans arttıkça doku içine nüfuz edebilme özelliği azalmaktadır. Örneğin ışığın frekansı yaklaşık 10^{15} Hz civarındadır. Bu da oldukça küçük dalga boyu demektir. Bu dalga boyuna sahip bir radyasyon, dokulara nüfuz edememekte ancak

dokunun yüzeyine etkide bulunabilmektedir. Dokulardaki etkinin tespit edilebilmesi için dokuların içindeki alan şiddetlerinin bilinmesi gerekmektedir. Mobil telefonların etkilerinin net bir şekilde tespit edilmesi için doku içindeki 900 MHz ve 1800 MHz'deki alan şiddetleri bilinmelidir. Bu nedenle dokuların özellikleri ile aynı elektriksel özellik gösteren özel jeller'den hazırlanmış yapılar üzerinde dokuların özgül soğrulma oranı (SAR) değerleri tespit edilmektedir [61, 37, 67].

Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun, dokular üzerinde oluşturduğu elektrik alan ve manyetik alan iki şekilde etki oluşturmaktadır.

- Termal etkiler
- Termal olmayan etkiler

Termal etkiler, biyolojik doku tarafından yutulan elektromanyetik radyasyon enerjisinin hücre içerisinde ısıya dönüşmesi ve dokunun ısısının artması sonucu biyolojik dokuda meydana gelen değişim olarak ifade edilmektedir. Elektromanyetik radyasyonun elektrik ve manyetik alan vektörleri, biyolojik doku içerisindeki yüklü olan moleküllere bir kuvvet uygulayarak bu moleküllerin hareket etmesine neden olmaktadır. Belli bir frekansta (900 MHz, 1800 MHz) bu kuvvetlerin sürekli yön değiştirmesi ile moleküllerin doku içinde sürtünme ve diğer moleküllerle etkileşimi sonucu ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu ısı doku tarafından sıcaklık dengelemesi gerçekleşinceye kadar sürmektedir. İnsanlarda kan dolaşımı ile dokudaki sıcaklık artışı uzaklaştırılmaktadır. Dokuda veya insan vücudunda bu sıcaklık artışını ölçecek bir yöntem henüz tespit edilememiştir [61, 37, 67].

Termal olmayan etkiler, kesin olmamakla birlikte birçok açıdan değerlendirilmektedir. Termal olmayan etkiler, daha çok radyasyonun enerjisi sonucu meydana getirdiği etkilerdir. Bu konuda haberleşme mühendisliği, elektromanyetik, biyofizik, tıp dünyasında ve moleküler biyoloji alanlarında çok yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan bilimsel çalışmaların tekrarlanabilir olması bu konuda yapılan araştırmaların doğruluğunu onaylayacaktır. DNA üzerine etkileri, insan duyu sistemi, sinir sistemi, beyin tümörleri üzerine etkileri, bakterileri üzerine etkileri, enzim aktivitesi üzerine etkileri, protein sentezine etkileri gibi birçok konuda mobil telefonların termal olmayan etkiler, deneysel ve epidemiksel çalışmalar ile belirlenmeye çalışılmaktadır [14 - 22, 72 - 95].

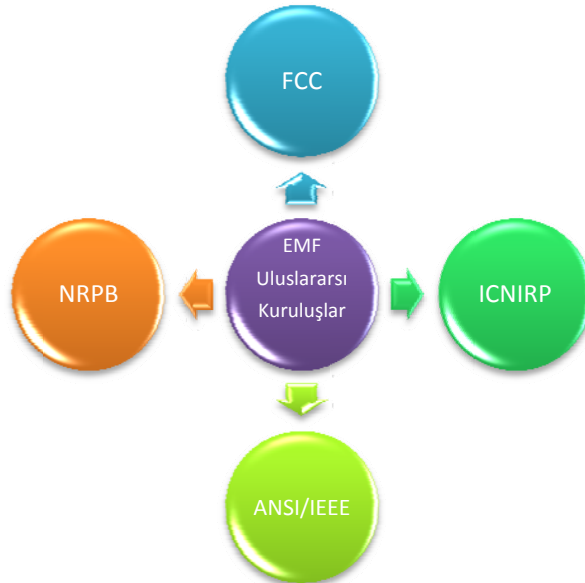
2.6 Uluslararası Kuruluşlar ve Kabul Edilen Radyasyondan Korunma Güvenlik Değerleri

Son 40 yılda yapılan elektromanyetik radyasyonun etkileri ile ilgili yoğun araştırmalar, uluslararası güvenlik sınırlarının gerekliliğini ortaya çıkartmıştır. Üretilen ve kullanılan elektromanyetik radyasyon yayan cihazların sınır değerlerinin olması ve bu sınır değerlerinin uluslararası platformda kabul edilmesi gerekmiştir.

Bu çerçevede 1974 yılında IRPA (International Radiation Protection Association; *Uluslararası Radyasyondan Koruma Kurulu*), NIR (Non-Ionizing Radiation; *İyonlaştırmayan Radyasyon Çalışma Grubunu*)'ı oluşturmuş ve 300 GHz'e kadar olan elektromanyetik radyasyonun biyolojik etkilerini incelemekle görevlendirilmiştir [61]. 1977 yılında IRPA, INIRC (International Non-Ionizing Radiation Committee; *Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyon Komitesi*)'ne dönüştürülmüştür.

IRPA/INIRC kurumu WHO (World Health Organization; *Dünya Sağlık Örgütü*)'nun çevre sağlığı birimi ile UNEP (United Nations Environment Programme; *Birleşmiş Milletler Çevre Programı*) destekleriyle yapılan bir dizi çalışma sonucu sağlık kriterleri oluşturulmuştur. Bu çalışmaya göre radyasyon, radyasyon kaynakları, ölçüm teknikleri gibi tüm gerekli bilgiler oluşturulmuştur. 1992 yılında IRPA'nın Kanada'da yapılan kongresinde ICNIRP (International Committee on Non-Ionising Radiation Protection; *Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi*) kurulmuş ve IRPA kurumunun yerini almıştır [61].

Bugün dünya çapında radyasyon limit değerlerini belirleyen çeşitli kuruluşlar bulunmaktadır. Bu kuruluşların dünya genelinde en fazla kabul görenleri Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8 Sınır değerleri belirleyen uluslararası kuruluşlar

ICNIRP, iyonlaştırmayan radyasyon konusunda çalışmalar yapmak, diğer sağlık kurullarıyla ortak çalışmak ve insan sağlığını korumak için gerekli doküman oluşturmak, öneriler hazırlamak, uluslararası standartları belirlemek ile yükümlü hükümetler üstü bir kuruluştur [61]. Bu kuruluşun dışında FCC (Federal Communications Commission; *Federal İletişim Komisyonu*), ANSI/IEEE (American National Standards Institute) *Amerikan Standartları Enstitüsü*, NRPB (National Radiological Protection Board; *Ulusal Radyasyondan Korunma Komitesi*) gibi kuruluşlar da bulunmaktadır [62].

ICNIRP güvenlik sınırlarını iki ayrı sınıfta oluşturmuştur. Bunlardan birincisi temel sınırlamalardır. Bu sınırlamalar zamanla değişen elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlara ve frekansa göre özgül soğrulma oranı (SAR; Specific Absorption Rate) ve güç yoğunluğudur. Fakat bu değerlerden sadece güç yoğunluğu ölçülebilir olmakla birlikte diğer değerlerin ölçülmesi mümkün değildir [62].

Diğer güvenlik sınıfı ise referans seviyeleridir. Bu seviyeler temel sınırlamanın sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesinde ölçülebilen büyüklüklerdir. Bu seviyede sadece ölçümler değil bilgisayar simülasyonları da kullanılabilir. Ölçülebilen büyüklükler elektrik alan, manyetik alan, güç yoğunluğu gibi değerlerdir. Ölçülen ve bilgisayar simülasyonu ile elde edilen sonuçların referans değerden küçük çıkması temel sınırlamanın sağlandığı anlamına gelir. Fakat yüksek çıkması temel sınırlamanın sağlanmadığı anlamına gelmez. Bunun için temel sınırlamanın da kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu değerler içinde GSM ve mobil telefon sistemlerinde en çok kullanılan sınır değer Özgül Soğrulma Oranı (SAR) değeridir. Dokularda ısı yutulma ile dokunun iletkenliği arasında bir ilişki vardır. SAR değeri (2.6) bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Bu bağıntıya göre hacmi V olan, iletkenliği σ olan ve yoğunluğu ρ olan bir doku içindeki elektrik alan E ile gösterilmektedir [61].

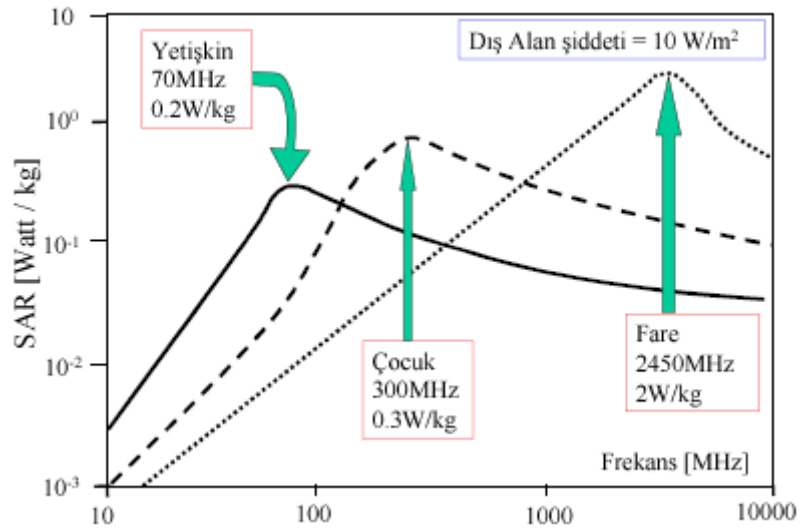
$$SAR = \int_v \frac{\sigma E^2}{\rho} dV \quad [W / kg] \quad (2.6)$$

(2.6) bağıntısına göre SAR değerinin bulunması için dokudaki elektrik alanın bulunması gerekmektedir. Fakat insanlarda doku içindeki elektrik alanı ölçmek zordur. Bu nedenle insan parametreleri ile aynı özelliklere sahip özel jeller hazırlanır. Hazırlanan bu jeller bilgisayar ortamında modellenerek SAR değerleri hesaplanmaktadır. Bu ölçümler oldukça zor ve karmaşık bir işlem süreci gerektirmektedir. Bunun nedeni dokuların elektriksel iletkenliği ve dielektrik katsayılarının frekansa göre değişmesidir. Çizelge 2.3’de insan kafatasına ait parametreler verilmiştir.

Çizelge 2.3 İnsan kafatasındaki tipik dokular ve parametreleri [37]

No	Doku	Hücre	$\rho [Kg/m^3]$	900 MHz		1800 MHz	
				ϵ_r	σ	ϵ_r	σ
1	Hava	12360	-	1.00	0.00	1.00	0.00
2	Kemik	2188	1850	8.00	0.11	8.00	0.16
3	Deri/Yağ	2318	1100	34.50	0.60	32.00	0.52
4	Adale	3490	1040	58.50	1.21	55.00	1.90
5	Beyin	4066	1030	55.00	1.23	53.00	1.70
6	Mercek	8	1050	44.50	0.80	41.50	1.29
7	Kornea	106	1010	52.00	1.85	50.00	2.32

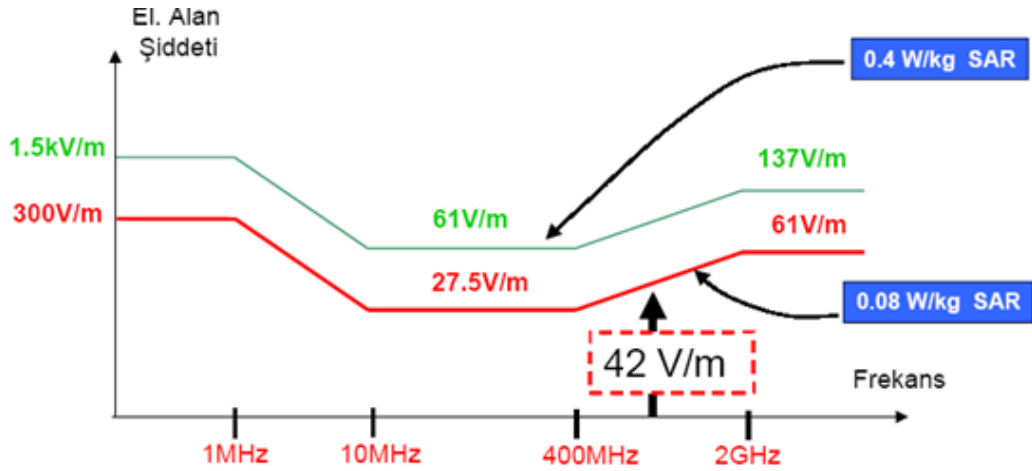
SAR değerleri iki şekilde ele alınmaktadır. Birincisi ortalama SAR değeri, ikincisi ise yerel ve tepe SAR değerleridir. Bu SAR değerleri bir bölgedeki en yüksek anlık değeri ifade etmektedir. SAR değeri insan boyutlarına, polarizasyona ve frekansa göre değişmektedir. En yüksek SAR değeri, insan boyu ile elektrik alanının paralel ve insan boyunun işaret dalga boyunun 4/10'unda rezonansa gelmesi ile elde edilmektedir [67]. Bu durumda yetişkin bir insanın rezonans frekansı 70 MHz iken çocuklarda bu değer 300 MHz, farelerde ise 2450 MHz civarında olmaktadır [67]. Bu durum Şekil 2.9'de görülmektedir.



Şekil 2.9 Frekansa göre 10W/m² altında SAR değişimi [67]

Yapılan ölçümler ve çalışmalar 30 dakika süre ile 4 Watt/kg'lık SAR değerine sahip bir radyasyona maruz bırakılan dokunun sıcaklığının bir derece arttırdığını göstermiştir[61]. Bu bir

derecelik artış denek hayvanlarında davranış bozukluğuna neden olmuştur. Bu nedenle temel sınır 4 W/kg SAR olarak kabul edilmiştir. Bu etkilerden canlıların etkilenmemesi için güvenlik sınırının konulması gerekmiştir. Bu durumda güvenlik bölgesi, işyerlerinde 4 W/kg'nin 10 kat, genel halk sağlığı için 50 kat düşük seviyede olması gerektiği tespit edilmiştir. Güvenli SAR değeri işyerleri için 0.4 W/kg, genel yerler için 0.08 W/kg olarak belirlenmiştir [61].



Şekil 2.10 Türetilmiş SAR değerleri [67]

Temel limitler; elektromanyetik etkileşim için farklı frekans bölgelerinde farklı büyüklüklerde verilmektedir.

- 1 Hz – 10 MHz arasında temel limitler, sinir sistemine etkilerin belirleyici olduğu akım yoğunluğu (J) cinsinden verilmektedir.
- 100 kHz – 10 GHz arasında temel limitler bütün vücut sıcaklığı ve ilave yerel doku sıcaklıkları artışı göz önüne alınarak, SAR cinsinden verilmektedir.
- 100 kHz ile 10 MHz arasında limitler hem akım yoğunluğu hem de SAR olarak verilmektedir.
- 10 GHz – 300 GHz arasında ise temel limitler vücutun yüzeye yakın kısımlarındaki dokuların sıcaklık artışlarına yönelik olarak güç yoğunluğu cinsinden verilmektedir [61, 67].

Frekansa göre akım yoğunluğu, SAR değerleri genel ve mesleki alanlar için ayrı ayrı Çizelge 2.4 ve 2.5’de verilmiştir.

Çizelge 2.4 Mesleki alanlar için 10 GHz'e kadar frekanslar için elektrik alan ve manyetik alan temel limitleri [61, 67].

Frekans Aralığı	Akım Yoğunluğu [mA / m ²]	Tüm vücuttaki ortalama SAR [W / kg]	Yerel (Baş – Gövde) SAR [W / kg]	Yerel (Kollarda) SAR [W / kg]
< 1 Hz	40	—	—	—
1– 4 Hz	40/ <i>f</i>	—	—	—
4 Hz–1 kHz	10	—	—	—
1–100 kHz	<i>f</i> /100	—	—	—
100 kHz–10 MHz	<i>f</i> /100	0.4	10	20
10 MHz–10 GHz	—	0.4	10	20

f: frekans (Hz)

Çizelge 2.5 Genel alanlar için 10 GHz'e kadar frekanslar için elektrik alan ve manyetik alan temel limitleri [61, 67].

Frekans Aralığı	Akım Yoğunluğu [mA / m ²]	Tüm vücuttaki ortalama SAR [W / kg]	Yerel (Baş – Gövde) SAR [W / kg]	Yerel (Kollarda) SAR [W / kg]
< 1 Hz	8	—	—	—
1–4 Hz	8/ <i>f</i>	—	—	—
4 Hz–1 kHz	2	—	—	—
1–100 kHz	<i>f</i> /500	—	—	—
100 kHz–10 MHz	<i>f</i> /500	0.08	2	4
10 MHz–10 GHz	—	0.08	2	4

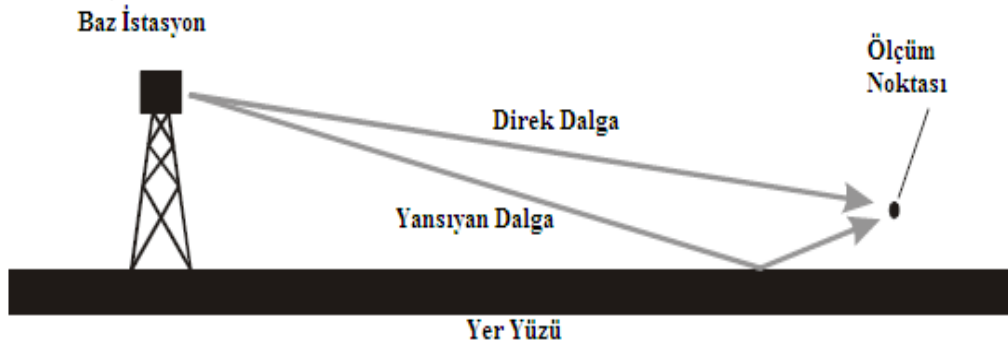
f: frekans (Hz)

Türetilmiş limitler; temel limitlerin ölçülmesinin zor olduğu durumlar için belli frekanslardaki elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti veya güç yoğunluğu değerleridir.

Türetilmiş limitler matematiksel olarak veya belirli bir frekansta yapılan deney sonuçlarının uyarlanması ile elde edilmektedir. Türetilmiş limitlerde işyerleri ve genel halk için güvenlik faktörleri arasında frekansa göre değişiklikler bulunmaktadır:

- 1 kHz'e kadar çok düşük frekanslarda 50Hz ve 60 Hz şebeke frekanslarında 10 kV/m ve 8.5 kV/m olan işyerleri limitleri genel alanlar için yarıya düşürülmüş ve 5 kV/m ile 4.2 kV/m olarak belirlenmiştir.
- 100 kHz'e kadar olan frekanslarda işyerleri ve genel alanlarda manyetik alan limitleri arasında 5 kat güvenlik payı oluşturulmuştur.
- 10 MHz ile 10 GHz arasında genel alanlar için verilen türetilmiş limitler ile işyerleri için verilen limitler arasında 2.2 kat fark oluşturulmuştur [61, 67].

Güç yoğunluğu; temel birimi " mW/cm^2 veya W/m^2 " şeklinde ifade edilen "Düzlem Dalga Gücü (DDG)" yoğunluğudur. Bu yoğunluğun izin verilen maksimum değeri, o alanda bulunan canlıların zarar göremeyeceği kadar küçük olmalıdır. Bu standartlar uluslararası kabul görmüş kuruluşlar (FCC, ICNRP, v.b.) tarafından tespit edilmiştir. Bu tespitler uzun süreli ölçümler, deneysel çalışmalar ve hesaplamalar sonucu yapılmıştır.



Şekil 2.11 Baz istasyonundan uzaktaki bir noktanın güç yoğunluğun hesaplanması [96].

Güç yoğunluğu hesaplanması basit bir şekilde yapılabilir. Hesaplama kullanılan fiziksel büyüklükler ve birimleri;

P_v	: Verici Gücü,	(Watt)
P_a	: Alıcı Gücü,	(Watt)
S	: Güç Yoğunluğu,	(W/m ²)
G_v, G_a	: Verici, Alıcı Anten Kazançları	
R	: Verici-Alıcı Uzaklığı	(Metre)
λ	: Dalga Boyu	(Metre)
f	: İşaretin Frekansı	(Hz)
A_e	: Anten Etkin Alanı	(m ²)
E	: Elektrik Alan	(V/m)
H	: Manyetik Alan	(A/m)

olmak üzere, gücü P_v olan bir vericiden R kadar uzaklıkta güç yoğunluğu,

$$S = \frac{P_v}{4\pi R^2} \text{ [W/m}^2 \text{]} \quad (2.7)$$

ile bulunmaktadır [67]. Şekil 2.8'deki gibi, verici anten kazancı G_v olan belirli bir doğrultuda ışıma yapan yönlendirici tip antenden R kadar uzakta ışımanın en fazla olduğu doğrultuda güç yoğunluğu ise,

$$S = \frac{P_v \cdot G_v}{4\pi R^2} \text{ [W/m}^2 \text{]} \quad (2.8)$$

şeklindedir. Vericiden R kadar uzaklıkta yönsüz bir anten ile çekilecek güç,

$$S = \frac{P_v \cdot G_v}{4\pi R^2} \cdot A_e \text{ [W]}, \quad A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_a \text{ [m}^2 \text{]} \quad (2.9)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Burada A_e ile belirtilen anten etkin alanı, işaretin dalga boyu ile orantılı olduğu görülmektedir. Güç yoğunluğunu Poynting Vektörü kullanarak hesaplamak için

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} \quad (2.10)$$

bağıntısı kullanılmaktadır. Elektrik alan ve manyetik alan arasındaki oran boşluğun karakteristik empedansı ile ilgilidir. $\varepsilon_o = 10^{-9}/36\pi$ ve $\mu_o = 4\pi 10^{-7}$ olmak üzere, karakteristik empedans,

$$Z = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\varepsilon_o}{\mu_o}} = 120\pi \quad (2.11)$$

ile hesaplanmakta (2.10) bağıntısı (2.11) bağıntısı ile birlikte düzenlenirse, güç yoğunluğu,

$$S = \frac{E^2}{120\pi} [\text{W/m}^2] \quad (2.12)$$

olarak elde edilmektedir.

Elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri konusunda oluşturulmuş sınır değerler frekansa göre değişiklik göstermektedir. Uluslararası kuruluşların belirlediği frekansa bağlı elektrik alan, manyetik alan şiddetleri ve güç yoğunluğu değerleri çizelgelerde verilmiştir [61].

Çizelge 2.6 ICNIRP'ya göre mesleki alanlarda frekanslara göre güvenlik değerleri

Frekans Aralığı	Elektrik Alan Şiddeti (E) (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (H) (A/m)	Güç Yoğunluğu (S) (W/m ²)
< 1 Hz	—	1.63×10^5	—
1–8 Hz	20,000	$1.63 \times 10^5 / f^2$	—
8–25 Hz	20,000	$2 \times 10^4 / f$	—
0.025–0.82 kHz	$500/f$	$20/f$	—
0.82–65 kHz	610	24.4	—
0.065–1 MHz	610	$1.6/f$	—
1–10 MHz	$610/f$	$1.6/f$	—
10–400 MHz	61	0.16	10
400–2,000 MHz	$3 f^{1/2}$	$0.008 f^{1/2}$	$f/40$
2–300 GHz	137	0.36	50

f: frekans (Hz)

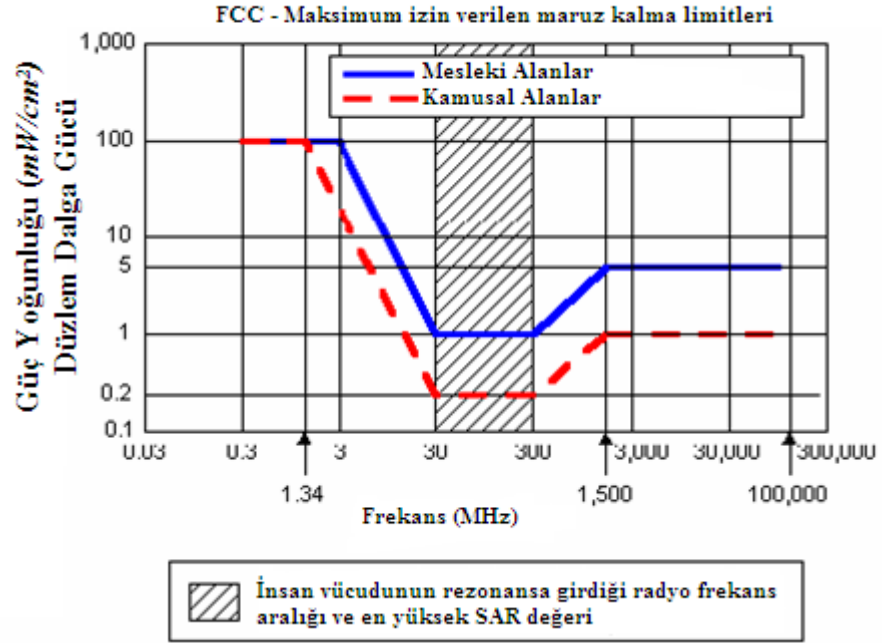
Çizelge 2.7 ICNIRP’ya göre kamusal alanlarda frekanslara göre güvenlik değerleri

Frekans Aralığı	Elektrik Alan Şiddeti (E) (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (H) (A/m)	Güç Yoğunluğu (S) (W/m ²)
< 1 Hz	—	3.2 x10 ⁴	—
1–8 Hz	10,000	3.2 x 10 ⁴ /f ²	—
8–25 Hz	10,000	4,000/f	—
0.025–0.8 kHz	250/f	4/f	—
0.8–3 kHz	250/f	5	—
3–150 kHz	87	5	—
0.15–1 MHz	87	0.73/f	—
1–10 MHz	87/f ^{1/2}	0.73/f	—
10–400 MHz	28	0.073	2
400–2000 MHz	1.375 f ^{1/2}	0.0037 f ^{1/2}	f/200
2–300 GHz	61	0.16	10

f: frekans (Hz)

Örneğin baz istasyonlarının çalışma frekanslarını içine alan 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için ICNIRP Kılavuzu’nda yer alan sınır değerler elektrik alan şiddeti için $1.375f^{1/2}$ V/m (f = frekans (MHz)); manyetik alan şiddeti için $0.0037f^{1/2}$ A/m ve elektromanyetik güç yoğunluğu için $f / 200$ W/m² ifadeleriyle verilmektedir (Çizelge 2.6 ve 2.7). Bu ifadelerle verilen sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerlerdir [61].

Bunun yanında IEEE ve FCC standartlarında yer alan güç yoğunluğu üst sınırı 300-1500 MHz frekans aralığında $f/150$ W/m², 1500-100.000 MHz frekans aralığında 10.0 W/m² olarak verilmiş ve bu ifadelerle verilen sınır değerler otuz dakikalık ölçüm sonucunda elde edilen ortalama değerlerdir [63].



Şekil 2.12 FCC tarafından 0.03 MHz - 100.000 MHz arasındaki frekanslar için belirlenen maksimum DDG (Düzlem Dalga Gücü) değerleri[63]

Şekil 2.9’da gösterilen aralıkların detaylı değerleri Çizelge 2.8 ve Çizelge 2.9’da verilmiştir.

Çizelge 2.8 FCC’ye göre mesleki alanlarda frekanslara göre güvenlik değerleri [63]

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (E) (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (H) (A/m)	Güç Yoğunluğu (S) (mW/cm ²)	Ortalama Maruz Kalma Süresi (dakika)
0.3-3.0	614	1.63	100	6
3.0-30	$1842/f$	$4.89/f$	$900/f^2$	6
30-300	61.4	0.163	1.0	6
300-1500	--	--	$f/300$	6
1500-100,000	--	--	5	6

Çizelge 2.9 FCC’ye göre kamusal alanlarda frekanslara göre güvenlik değerleri [63]

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (E) (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (H) (A/m)	Güç Yoğunluğu (S) (mW/cm²)	Ortalama Maruz Kalma Süresi (dakika)
0.3-1.34	614	1.63	100	30
1.34-30	$824/f$	$2.19/f$	$180/f^2$	30
30-300	27.5	0.073	0.2	30
300-1500	--	--	$f/1500$	30
1500-100,000	--	--	1.0	30

f: frekans (Hz)

Buna göre genel yaşam alanlarında, GSM900 ve DCS1800 sistemleri için elektrik alan ve manyetik alan kontrolsüz etkilenme için sınır değerleri Çizelge 2.10 ve 2.11’de verilmiştir.

Çizelge 2.10 900 MHz için kontrolsüz etkilenme için sınır değerleri [63]

900 MHz için sınır değerler	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti	41.25 V/m	-
Manyetik Alan Şiddeti	0.111 A/m	-

Çizelge 2.11 1800 MHz için kontrolsüz etkilenme için sınır değerleri [63]

1800 MHz için sınır değerler	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti	58.33 V/m	-
Manyetik Alan Şiddeti	0.157 A/m	-

Ayrıca GSM sistemleri için uluslararası kuruluşların kabul etikleri düzlem dalga gücü yoğunlukları Çizelge 2.12, 2.13 ve 2.14’de verilmiştir.

Çizelge 2.12 ICNIRP'nin kabul ettiği düzlem dalga gücü yoğunlukları

Şebeke	Güç Yoğunluğu
GSM 1800 Mobil telefonlar	0.9 mW/cm ²
GSM 900 Mobil telefonlar	0.45 mW/cm ²

Çizelge 2.13 ANSI/IEEE (American National Standards Institute) tarafında belirlenen RF maksimum düzlem dalga gücü yoğunluğu

Şebeke	Güç Yoğunluğu
GSM 1800 Mobil telefonlar	1.2 mW/cm ²
GSM 900 Mobil telefonlar	0.57 mW/cm ²

Çizelge 2.14 FCC (Federal Communication Commisison), 0.03 MHz-300.000 MHz arasındaki frekanslar için belirlenen maksimum düzlem dalga gücü yoğunluğu

Şebeke	Güç Yoğunluğu (Kamusal Alan)	Güç Yoğunluğu (Mesleki Alan)
GSM 1800 Mobil telefonlar	1 mW/cm ²	5 mW/cm ²
GSM 900 Mobil Telefonlar	0.5 mW/cm ²	2.5 mW/cm ²

Görüldüğü gibi elektromanyetik dalgaların etkilerini azaltmak ya da yok etmek için dünyada çeşitli ülkelerde birçok ulusal, uluslararası kuruluş ve birçok bilim adamı çalışmaktadır. Bu kuruluşların elektromanyetik dalgaların biyolojik etkilerinin en az olması için belirledikleri sınır değerlere göre birçok elektronik cihaz tasarımı yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalar elektromanyetik dalga yayan cihazların etkilerinin tespit edilmesinin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

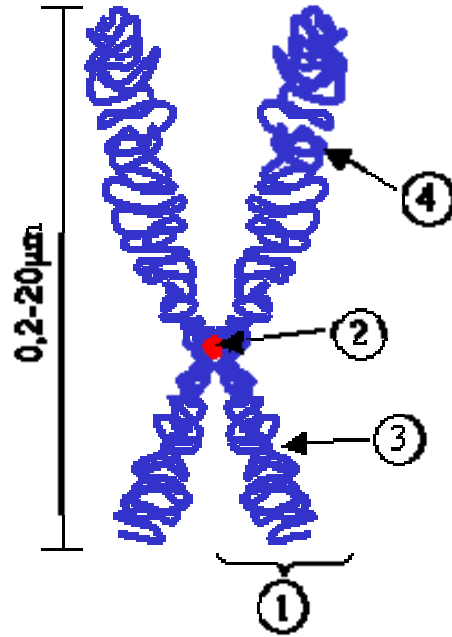
3. BİYOLOJİK KAVRAMLAR

3.1 Giriş

Elektromanyetik radyasyonun etkilerinin anlaşılması için biyolojik kavramların da iyi bir şekilde bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun mitoz bölünme ve mitotik kromozom, bakteri gelişimi, enzim aktivitesi ve DNA üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu bölümde adı geçen biyolojik terimler üzerinde açıklayıcı temel bilgiler verilmiştir.

3.2 Mitoz Bölünme ve Mitotik Kromozom

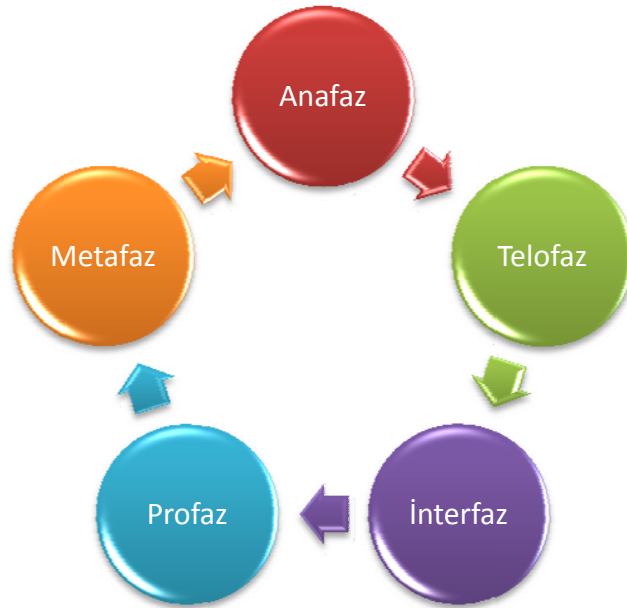
İlk defa 1840 yılında botanikçi Hofmeister tarafından *Tradescamia* bitkisinin polen ana hücrelerinde görülmüş ve 1888 yılında Valdeyer tarafından da "Kromozom" ismi verilmiştir [115]. Kromozomlar, çok düzenli olarak, kendi üstüne sarmallanmış DNA molekülleridir. Bu moleküllerin dizilmesindeki en ufak bir hata, hücrelerin bölünmesini engelleyebilmektedir. İnsanda 46 kromozoma dağılmış olan DNA'nın iki omurgasını oluşturan 3 milyar baz çifti bulunmaktadır. Her gen, yaşamın olmazsa olmaz işlevlerini yerine getirmek üzere, hücrelere gerekli komutları verir [114]. Şekil 3.1'de bir kromozomun yapısı ve kısımları görülmektedir.



Şekil 3.1 Kromozomun yapısı; (1) kromatid, (2) sentromer, (3) kısa kol, (4) uzun kol

Bitkilerde ve hayvanlarda, her tür, kendine özgü sabit sayıda kromozom içermektedir. Kromozomların sayısı mitoz bölünme ile sabit tutulmaktadır [116]. Birçok hayvan ve bitkide kromozom sayısı eşittir. Fakat kromozomlardaki kalıtım faktörleri farklılıklar göstermektedir. [116].

Her canlının büyümesi ve gelişmesi, büyük ölçüde hücrelerinin büyümesi ve çoğalmasına bağlıdır. Tek hücreli organizmalarda hücre bölünmesi üremenin tek yoludur. Eşeyli üremelerde de eşey hücrelerinin oluşumu da hücre bölünmesine bağlıdır. Birçok hayvan ve bitkide karakteristik olarak iki tip çekirdeksel bölünme olmaktadır. Bunlar mitoz ve mayoz bölünmedir. Mayoz bölünme eşeyli üreyen organizmalarda görülmektedir. Mitoz bölünme gerek bitkilerde gerekse hayvanlarda benzer bir şekilde meydana gelmektedir. Mitoz bölünme sürekli bir olay olmasına rağmen kolay açıklanması için bazı safhalara ayrılarak incelenmektedir. Hücre bölünme aşamasında interfaz ve bölünme olarak iki ayrı evrede incelenmektedir [117]. Şekil 3.2’de mitoz bölünme safhaları görülmektedir.



Şekil 3.2 Mitoz bölünme safhaları

İnterfaz; bölünme öncesi evredir. Bu evrede hücre kendini bölünme için hazırlamaktadır. Hücre DNA'sı kendini eşleyerek iki katına çıkmaktadır. ATP ve protein sentezi artmaktadır.

Bölünme evresi; çekirdeğin bölündüğü evredir. Çekirdek bölünmesi profaz, metafaz, anafaz ve telofaz olmak üzere dört safhada tamamlanmaktadır.

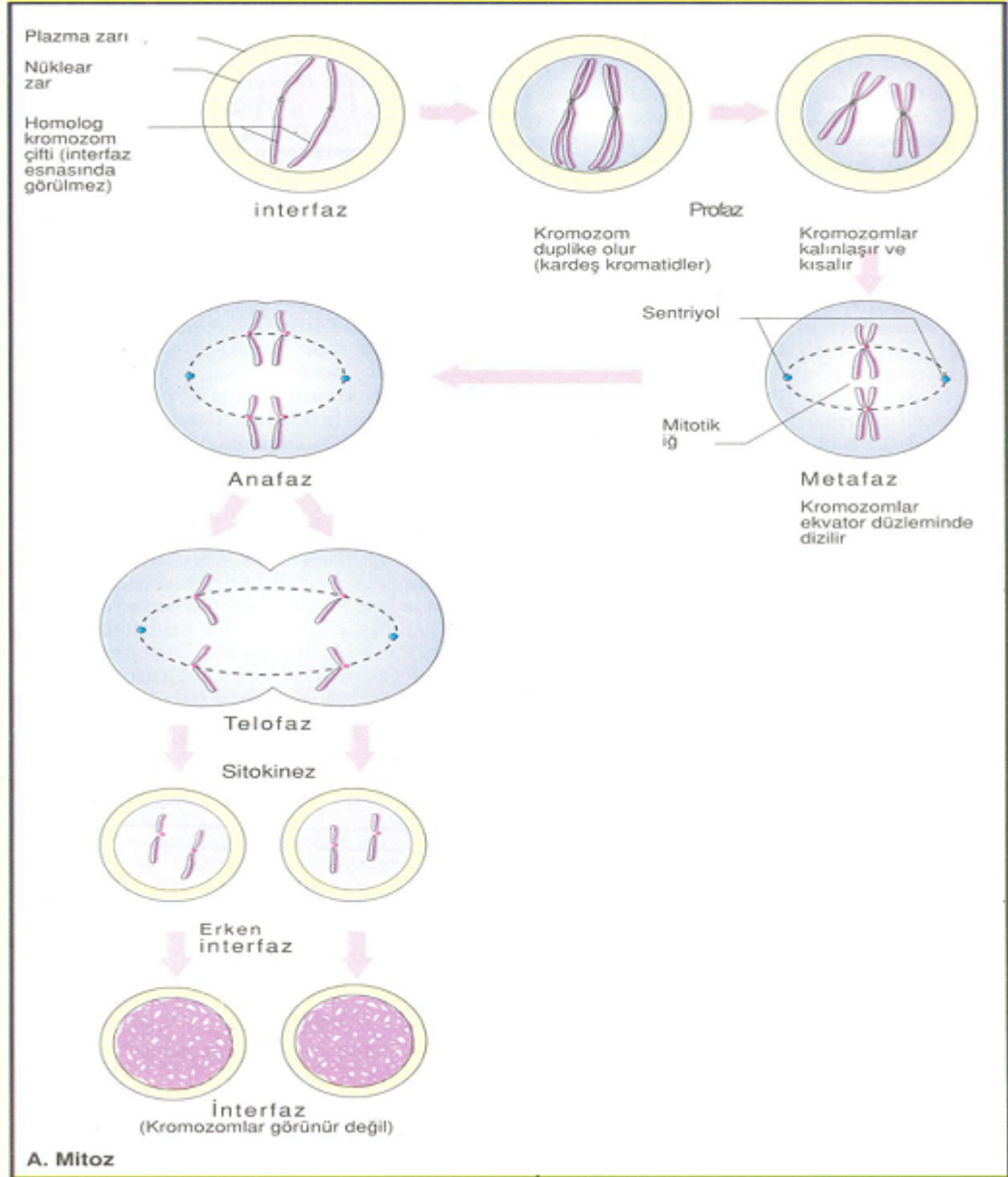
Profaz; mitoz bölünme bu faz ile başlamaktadır, kendilerini eşleyen kromozomlar bu fazda kısalıp kalınlaşmaya ve iki kromatidli bir yapı olarak belirginleşmeye başlamaktadır. Profazda kromozomların yüzlerce kez kısalması, kısa sürede karışık kutuplara çekilmesini sağlamaktadır. Her bir kromozomu oluşturan kardeş kromatid birbirleri üzerine çok sıkı bir şekilde sarılmıştır [118]. Kromozomların spiralleşmeleri ile kardeş kromatidler sentromer denilen hücre merkezindeki bölgede birbirleri ile bağlı oldukları görülür. Profaz'da çekirdek zarının bütünlüğünü kaybederek yavaş yavaş kaybolmaktadır. Profaz mitoz bölünme sürecinin en uzun aşamasını oluşturmaktadır [118].

Metafazda boyuna bölünmüş kromozomlar hücre merkezinde bir arada bulunmaktadır. Bu sırada küçük kromozomlar içe, büyük kromozomlar dışa doğru yerleşerek iğ iplikçğine bağlanırlar ve kardeş kromatidler birbirinden ayrılırlar. Bu aşamada kromozomlar en kısa ve kalın durumdadırlar. Kromozomların belirgin olarak en iyi göründükleri aşamadır [118, 119].

Anafazda, metafazda birbirinden ayrılan kardeş kromatidler farklı kutuplara çekilmeye başlamaktadır. Bu kromatidler artık bağımsız olarak bulunmaktadır. Bu bağımsız kromatidlere yavru kromozomlar denilmektedir ve bölünen hücreye eşit şekilde dağılmaktadır.

Telofaz, yavru kromozomların kutuplara ulaşmasıyla başlar. Bu safhada profazdaki olayların tersine olaylar devam etmekte ve sonunda iki yeni interfaz çekirdeği oluşturulmaktadır. Telofaz safhasında oluşan yeni iki hücre yukarıda anlatılan tüm safhaları yeniden gerçekleştirerek hücre bölünmesi devam etmektedir.

Şekil 3.3'de mitoz bölünme safhalarında kromozomun bölünmesi görülmektedir.



Şekil 3.3 İnterfaz ve Mitoz bölünme safhalarında kromozomun bölünmesi

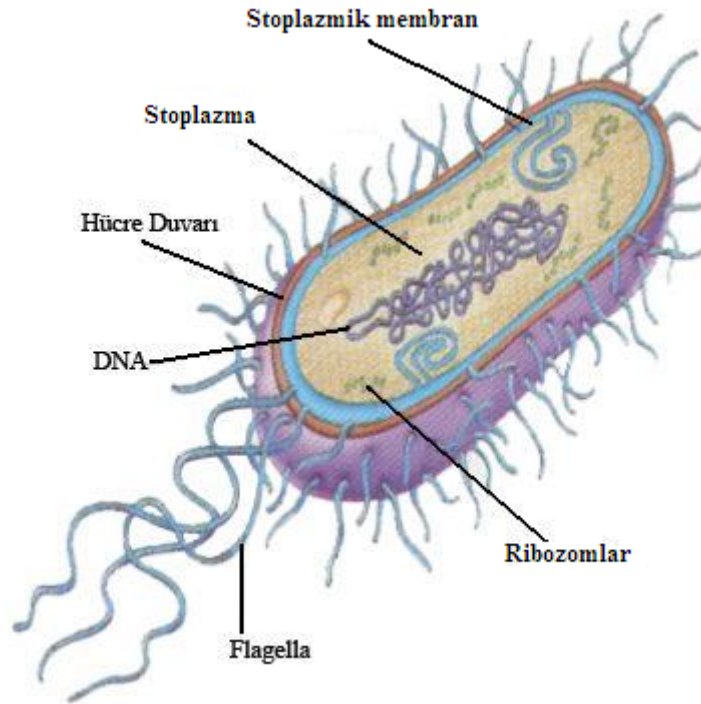
3.2 Bakteriler

Bakteriler bütün yaşamsal olayların gerçekleştiği en basit tek hücreli canlılardır. Bölünme yoluyla çoğalırlar ve başka bir canlının yardımı olmadan yaşantılarını sürdürebilmektedirler. Büyüklükleri 0.1 - 10 μm arasında değişmektedir. 3.5 milyar yıldan daha uzun bir süredir dünyada var oldukları bilinmektedir. Bakteriler hava, toprak, su ve canlı dokularında yaşamakta olup biyolojik olarak hayatın devam etmesi için çok önemli varlıklardır. Bakterilerin keşfinden önce, doğadaki bütün canlıların bitki ve hayvan kökenli olduğu düşünülmüştür. Mikroskobun keşfi ile bu canlıların dışında çıplak gözle görülemeyen

bakterilerin bulunduğu da kanıtlanmış ve bunların insan ve hayvanlarda hastalığa sebep olmalarının tespiti üzerine bakteriler üzerinde çalışmalar da artırılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda birçok çeşit bakterilerin varlığı ortaya konulmuştur. Bakteriler bitkilerden ve hayvanlardan farklı olarak hızlı çoğalan ve biyokimyasal etkileri bakımından canlılar aleminin dengesini sağlamada çok büyük önem taşıyan bir grubu oluşturmaktadırlar. Hemen hemen her yerde yaşayabilmektedirler, bu nedenle de herhangi bir tür organizmadan çok daha fazla sayıda bulunmaktadır. Bu bakteriler dünyanın en fazla sayıda bulunan üyeleri olup [98, 101] insan yaşamını da pek çok şekilde etkilemektedirler. Şekil 3.4’de bakterilerin genel yapısı görülmektedir.

Bakteriler canlılar aleminde "prokaryotlar" olarak adlandırılmaktadır ve tek hücre içinde kromozomal DNA (Deoksiribonükleik asit)’ya ilave olarak serbest bir DNA bulundurmaktadır. Bu serbest dolaşan DNA’ya plazmid adı verilmektedir. Bakteriler oldukça kompleks bir yapıya sahiptirler. İç kısımda hücre zarı bulunmakta ve hücre zarının üzerinde protein, karbonhidrat ve yağlardan oluşan bir hücre duvarı bulunmaktadır. Bazı bakterilerde hücre duvarına ek olarak şeker moleküllerinden oluşan koruyucu bir kapsül de bulunmaktadır. [98, 101].



Şekil 3.4 Bakterinin genel anatomik yapısı (www.ou.edu)

Bakteriler uygun besiyeri, sıcaklık ve çevresel koşullarda türlerine göre hızlı bir şekilde üremektedirler. Besiyeri problemi olmadıkça üreme devam etmektedir. *E. coli* bakterisi her

yirmi dakikada bir bölünerek çoğalmaktadır. Uygun koşullar sağlanırsa 48 saatte 2^{114} *E. coli* hücresi ortaya çıkmaktadır. Bölünme işlemi başlamadan önce, bakteri, bölünmeden sonraki iki hücreye yetecek kadar enzimi, organik ve inorganik maddeleri hazırlar ve biriktirir. Bu işlem sırasında toplu halde bulunan hücre çekirdeği hücre ortasında uzamaya başlar. Daha sonra mezozoma bağlanan hücre çekirdeği replikasyon (*DNA' nın çözülerek ortamdaki serbest bazları kullanıp kendinin bir kopyasını çıkarması*) işlemine başlar. Replikasyon tamamlandıktan sonra hücre duvarı içeriye doğru karşılıklı olarak bir septum oluşturur ve bu işlem sonunda iki hücreye bölünme işlemi tamamlanmış olur. Bu iki hücre de birbirinden bağımsız iki farklı hücre olarak bölünmeye devam ederler [99, 100].

Bakterilerde üreme hızı, bakteri türüne ve çevresel koşullara göre değişiklik göstermektedir. Bakterilerin üremeleri geometrik bir hızla gerçekleşmektedir. Bakteri popülasyonunda her bölünmeye generasyon denilmektedir ve her iki bölünme arasında geçen süreye de generasyon süresi denilmektedir. Bakterilerde generasyon süresi,

- a: Başlangıçtaki bakteri sayısı,
- b: Süre sonundaki bakteri sayısı,
- t: İki işlem arasında geçen süre,
- g: Generasyon süresi,
- n: Generasyon sayısı

olmak üzere,

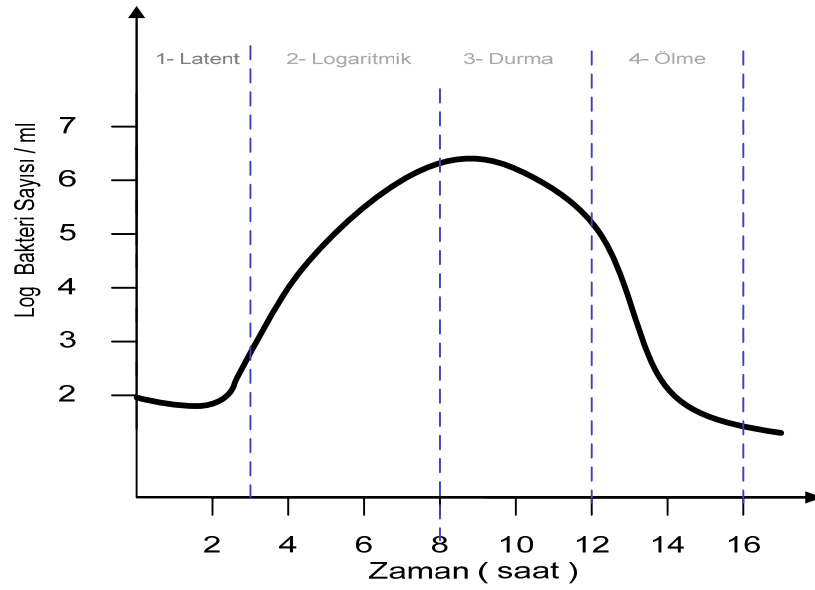
$$b = ax2^n , g = \frac{t \cdot \log 2}{\log b - \log a} \quad (3.1)$$

şeklinde generasyon süresi hesaplanabilmektedir [98, 101].

Bakteriler sıvı besiyeri ve katı besiyeri olmak üzere iki farklı ortamda gelişebilmektedir. Sıvı ortamlarda, katı ortamlara göre daha hızlı üremektedirler. Uygun sıvı besiyerine ekilmiş bakterilerin üremeleri dört evrede incelenmektedir. Bu evreler latent dönemi, logaritmik dönem, durma dönemi ve ölme dönemidir [98, 101].

- **Latent dönem:** Bu fazda yeni ortama ekilen bakterilerde üreme gerçekleşmemektedir. Bakteriler ortama adapte olmaya çalışmaktadır. Bu amaçla enzim üretimi ve metabolizmaları artmaktadır. Ortama adapte olmayan bakterilerin ölümü nedeniyle bakteri sayısında azalma görülebilmektedir. Ortama adapte olan ve yeterli enzim, organik ve inorganik maddeleri hazırlayan bakteriler üremeye başlamaktadır. Bu dönemin süresi bakteri türüne, ortama, çevresel koşullara, besiyerine, ekimin yapılması için alınan bakterilerin bulundukları evreye bağlıdır.

- **Logaritmik dönem:** Bu fazda yeterli miktarda gerekli olan maddeleri alan, sentezleyen ve latent fazını geçen bakteriler, belirli generasyon sürelerinde, belli aralıklarla bölünerek çoğalmaya başlamaktadır. *E. coli*'de bu süre 20-30 dakikadır. Bu dönemdeki bakterilerde belirli aralıklarda alınan örnekler ile bakterinin logaritmik faz eğrisi belirlenmektedir. Ortamdaki besiyerinin azalması, metabolizma atıklarının artması, çevresel koşullardaki baskının artması ile bakterilerin üreme süreçleri yavaşlar.
- **Durma dönemi:** Bu fazda, bakterilerin ürettiği sınırlı miktardaki sıvı ortamdaki başlangıç şartlarının değişmesi, ortamdaki enerji ve besinlerin azalması, toksik atıkların artması sonucu üreme yavaşlamaktadır. Bakteri popülasyonu bir süre sabit kalır ve bakteri türüne göre zaman içinde popülasyon artışı yavaşlamaya başlar. *E. coli*'de bu süreç 2–3 gün kadar olabilmektedir. Bu sürecin süresi de tamamen çevresel koşullara ve ortama bağlıdır. Bakterilerin, ortamdaki besiyerinin azalması, metabolizma atıklarının artması, çevresel koşullardaki baskının artması ile üreme süreçleri yavaşlar [98, 101].
- **Ölme dönemi:** Durma fazındaki besi ortamındaki gıda miktarının azalması, metabolizmaların yavaşlaması gibi şartlar değişmedikçe bir süre sonra bakteriler ölmeye başlarlar. Bakteri popülasyonu zaman içerisinde azalmaya başlar. Fakat bütün bakteriler ölmeyebilir. Oluşan yeni ortama adaptasyon sağlayarak yaşamasal fonksiyonlarını devam ettirebilen bakteriler bulunabilir. Bu nedenle popülasyon hiçbir zaman sıfır olmaz. Bu ölüm süreci de üreme sürecindeki gibi logaritmik olarak gerçekleşir. Şekil 3.5'de bakterilerin sıvı ortamdaki üreme evreleri ve yaşam eğrileri görülmektedir [98, 101]



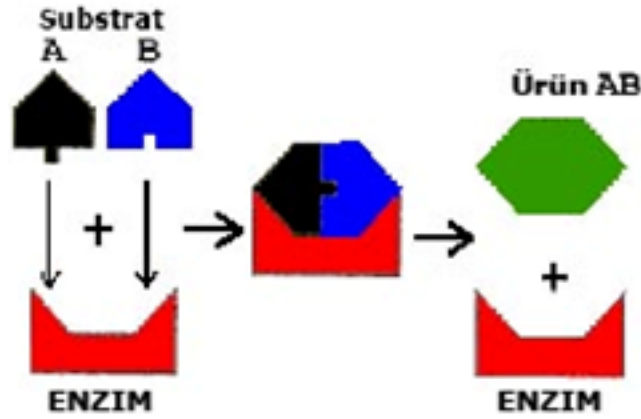
Şekil 3.5 Bakterilerin sıvı ortamda üreme eğrisi

Katı besiyerine ekilen bakterilerin gelişimi sıvı besiyeri gibi kolay olmamaktadır. Katı besiyerinde üreyen bakteriler besiyeri üzerinde koloniler üretmeye başlarlar. Koloniler oluşmaya başladıktan sonra, bakterilerin gelişimi zorlaşır. Koloninin üst kısmında kalan bakterilerin besiyerine ulaşmaları güçleşir. Koloninin altında bulunan bakterilerin bulunduğu ortamda besin miktarı azalır. Oluşan toksik atıklar, hücrelerden uzaklaştırılamadığı için toksik maddeler hücre içinde birikir. Üstteki bakterilerin basıncı ile alttaki bakteriler ölmeye başlarlar [98, 101].

3.4 Enzim ve Enzim Aktivitesi

Kelime anlamıyla enzim "maya=ferment" anlamına gelmektedir. İnsanlar çok eski zamanlardan beri enzimatik reaksiyonlardan yararlanmışlardır. Örneğin; şarap, yoğurt, ekmek, sirke, boza yapımında yine canlılar tarafından üretilen enzimlerden yararlanmışlardır [111]. Canlı hücreler tarafından sentezlenen organik bileşikler olan enzimler, hücre içerisindeki kimyasal reaksiyonlarda katalizör görevi görmektedirler. Enzimlerin katalizör etkileri olmadan gerçekleşen reaksiyonlar yaklaşık 10^{10} kat daha yavaş gerçekleşmektedir [99, 101]. Hücre içerisinde üretilen enzimlerin bir kısmı hücre dışına salgılanarak, protein, polisakkarid, lipid gibi büyük moleküllerin hidrolizinde (molekül ağırlığının en ufak parçalarına kadar ayrıştırılması işlemi) görev yapmaktadırlar. Reaksiyonun başında reaksiyona giren maddelerle geçici bileşikler oluşturan enzimler, reaksiyon bittikten sonra ayrılarak yeni reaksiyonlarda kullanılmak üzere ilk formlarına dönmektedirler. Enzimler ortamdaki kaybolmadıkları için

birkaç molekül miktarı bile birçok kimyasal reaksiyona katalizör olarak katılabilmektedir. Enzimlerin çoğu protein yapısındadır ya da protein kısmı bulundurlar ve etki ettiği bileşiğe "Substrat" (Şekil 3.6'da enzimler ile substrat arasındaki ilişki görülmektedir), saniyede etki ettiği substrat molekül sayısına "Enzimin Etkinlik Değeri=Turnover Sayısı" denilmektedir. Enzimler, aktivasyon enerjisini düşürerek, zor ve uzun sürede gerçekleşecek olan tepkimeleri çok kısa sürede, daha az enerji harcanarak yapılmasını sağlamaktadırlar [111, 112].



Şekil 3.6 Enzimin şematik modeli

Enzimlerin üretilmesinde ve yapısında oluşan çok az değişiklik bile, enzimin aktivitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Oluşan değişiklikler enzimin katalizör olarak görev yaptığı kimyasal reaksiyonların da bozulmasına neden olmaktadır. Bu bozulmalarda hücre gelişimi durabilir, bakterilerde üreme sonlanabilir hatta bakterilerin ölümüne neden olabilir. Her enzim reaksiyona giren maddelerden birisini etkilemektedir. Bu nedenle metabolizma esnasında birçok enzim reaksiyonlara girmektedir. Proteinleri etkileyen bir enzim, lipidleri etkilememektedir [111, 112].

Enzim reaksiyonları, genellikle ortamdaki ürünler azalınca yavaşlar ve durur. Bakterilerde ise böyle bir durum söz konusu değildir. Bakteriler ürettikleri enzimlerin bir kısmını hücre dışına büyük moleküllerin hidrolizasyonu amacıyla salgıladığı için enzim üretiminde duraklama olmamaktadır [111, 112].

Genetik kontrol altında bulunan enzimlerin yapısını, polipeptid zincirdeki aminoasitlerin sayısı ve dizilişi, peptit zincirinin durumu ve peptitlerin kendi üzerlerine katlanma tarzları belirler. Canlıda her enzim proteinden yapılmıştır. Bu proteinler bir gen tarafından programlandırılarak görevlendirilmiştir. Genler, sentezletmiş olduğu proteine, ne yapacağını da

şifrelemiştir. Enzimler; Apoenzim (*protein karakterinde, koloidal, ısıya dayanıksız, inaktif kısım*) ve Koenzim (*protein karakterinde olmayan, ısıya dayanıklı, düşük moleküllü inaktif organik kısım*) olmak üzere birbirlerinden farklı iki kısımdan oluşmaktadır. Buna göre enzimler, düşük molekül ağırlığına sahip organik bir moleküle (koenzim) bağlanmış proteinler (apoenzim) olarak tanımlanmaktadır. Koenzimler, enzim aktivitesi için oldukça önemlidir. Koenzimlerin yapısında, folikasit, tiamin, niasin gibi vitaminler bulunmaktadır [111, 112].

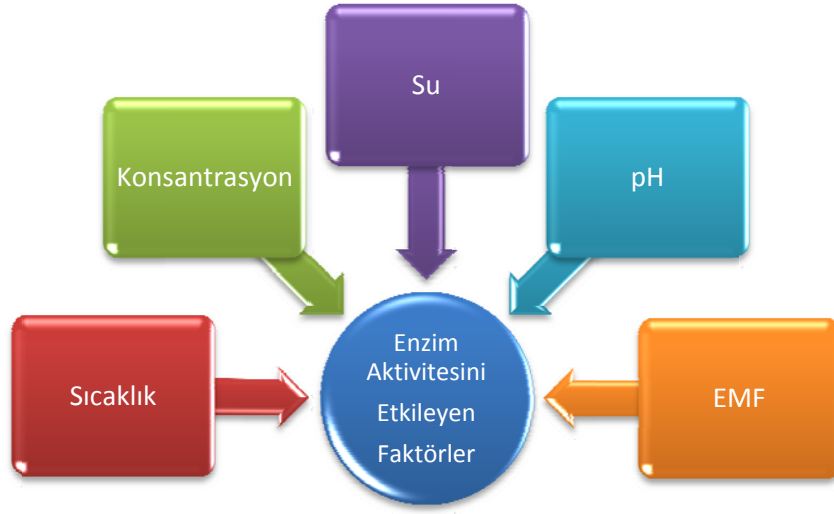
Enzimlerin temel yapı maddesi proteindir. Ayrıca bazı enzimler sadece proteinden oluşmaktadır, bunlara basit enzim denilmektedir. Proteinleri sindirici enzimlerden olan, pepsin buna örnektir. Diğer birçok enzim ise proteine ilave olarak bir koenzim ile birlikte iş görmektedir. Bunlara bileşik enzim denilmektedir. Koenzimler genellikle NAD, NADP ve B grubu vitaminlerdir. Bileşik enzimlerin protein kısmı (apoenzim) koenzim olmadan iş göremezler.

Bazı enzimlerin iş görebilmesi için aktif bölgelerinde Ca, Mg, Zn, K, Na, Fe gibi metal iyonları bulundurmaları gerekmektedir. Bu maddelere kofaktör denilmektedir. Bazı enzimler ise üretildiklerinde pasif olup, daha sonra başka maddeler tarafından aktif hale getirilirler. Mesela pepsinojen ve tripsinojen gibi protein sindirici enzimler pasiftir. Sindirim kanalında başka enzim ya da maddelerce aktifleştirilerek pepsin ve tripsin haline gelmektedirler.

Enzimler, hücrelerin stoplazmalarında serbest olarak bulunabildiği gibi ribozom, kloroplast ve mitokondri gibi organellere tutunmuş olarak da bulunmaktadır. Hücre içi sindirim enzimleri ise lizozomlarda bulunur. Hücre dışına salgılanacak enzimler ise golgide paketlenmektedir.

Enzimler etki ettikleri maddelere göre gruplandırılırlar. Hidroliz reaksiyonlarını gerçekleştiren enzimlerin genel adı hidrolaz'dır. En önemli hidrolazlar, proteinleri parçalayan pteaz ya da peptidaz, yağları parçalayan esteraz, karbonhidratları parçalayan karbohidraz olarak alt gruplara ayrılmaktadır. Fotosentez ve solunum başta olmak üzere redoks tepkimelerini katalizleyen enzimlerin genel adı oksidoredüktaz'dır. Hidrojenin dışındaki herhangi bir atom veya molekülü bir molekülden diğerine aktaranlara transferaz denilmektedir [111, 112].

Enzimler protein yapısında ve koloidal (*Koloidal, çözeltiler gibi homojen dağılım göstermekle beraber, süspansiyon gibi parçacıklardan oluşur ve sıvı içerisinde asılı dururlar*) özellikte olduklarından kimyasal reaksiyonları gerçekleştirdiklerinde bazı faktörlerin etkisi altında kalırlar [111, 112]. Bu faktörler Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



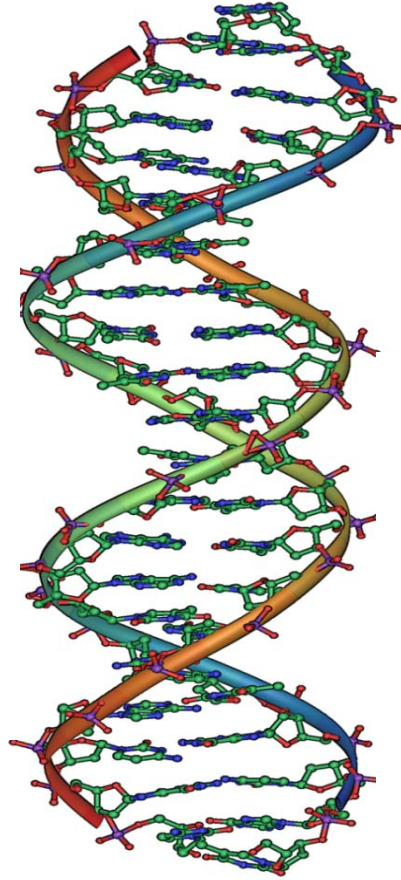
Şekil 3.7 Enzim aktivitesini etkileyen faktörler

Enzim aktivitesini etkileyen bu faktörler;

- **Sıcaklık:** Her enzimin aktif olduğu optimal bir sıcaklık seviyesi vardır. İnsanda bu sıcaklık 36,5 °C'dir. 0 °C'de enzimler pasiftir ancak yapıları bozulmaz. Canlılıkta kaybedilmeyebilir. Genel olarak enzimler 60 °C bozulurlar.
- **pH: (asitlik-bazlık oranı):** Ortamın pH değeri reaksiyonları etkilemektedir. Her reaksiyonun gerçekleşebilmesi için ortamda belli oranda [H⁺] ve [OH⁻] iyonları bulunmalıdır.
- **Substrat konsantrasyonu:** Ortamda bulunan enzim ve substrat miktarı reaksiyon hızını etkileyen etkenlerdendir. Her ikisinin miktarı belirli oranlarda artırılırsa reaksiyon hızı sürekli artar.
- **Su:** Moleküllerin birbirine çarparak reaksiyonu gerçekleştirebilmesi için hareketi sağlayacak sıvı bir ortama ihtiyaç vardır. Enzim reaksiyonunun gerçekleşebilmesi için ortamda belirli oranda su olması gerekmektedir.
- **Elektromanyetik radyasyon:** Bu tez çalışmasında yukarıda belirtilen etmenler dışında günümüzde tüm canlıların sürekli maruz kaldıkları elektromanyetik radyasyonların etkileri üzerinde durulmuştur.

3.3 Deoksiribonükleik asit (DNA)

Nükleik asitler bütün yaşamsal fonksiyonları ve kalıtsal özellikleri yöneten önemli moleküllerdir. Nükleik asitler ilk defa İsviçreli bir fizyolog Friedrich Mischer tarafından, irin içindeki beyaz kan hücrelerinde 1869 yılında tespit edilmiştir. Mischer, asit özellik gösteren bu moleküllere **nüklein** adını vermiştir. Richard Altman, asit özellik gösteren bu moleküllere 1889 yılında **nükleik asit** adını vermiştir. 1930 yılında Oswald Avery nükleik asitlerin genetik bir madde olduğunu tespit etmiştir. DNA kavramı da bu yıllarda ortaya çıkmıştır. Watson ve Crick, 1953 yılında DNA'nın çift iplikli sarmal bir yapıya sahip olduğunu tespit etmiştir (Şekil 3.8). Bugün DNA, hücrelerdeki fizyolojik, biyokimyasal ve genetik gibi birçok biyolojik olayları yöneten, bu genetik bilgileri kalıtım yolu ile gelecek nesillere aktarılmasında önemli rol oynayan makro moleküller olarak bilinmektedir. DNA'ların bu hayati özellikler taşıması ve kalıtım yolu ile gelecek nesillere genetik bilgiler taşıması bilim dünyasında DNA'nın önemini de oldukça artırmıştır [101, 104 - 107].



Şekil 3.8 DNA'nın genel yapısı (<http://mainland.cctt.org>)

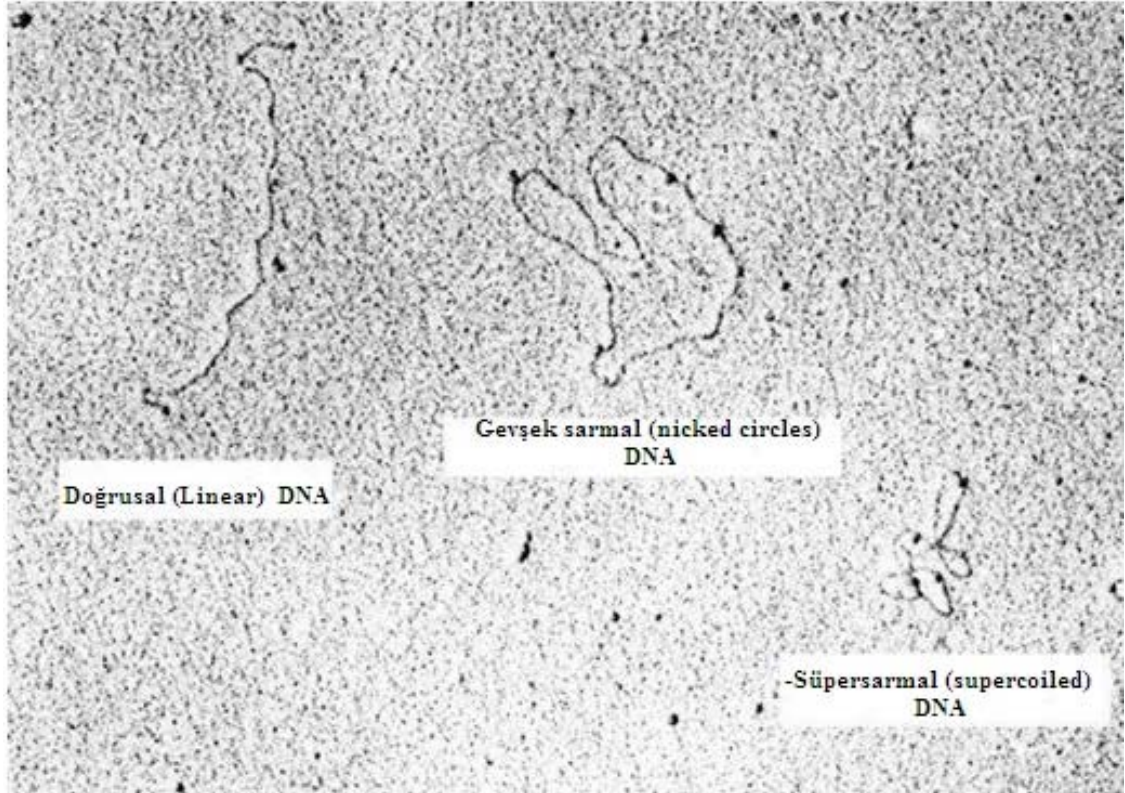
Bakterilerde DNA, hücre kuru ağırlığının yaklaşık %2-3'ünü oluşturmaktadır. *E. coli*'de DNA ağırlığı 2.6×10^8 dalton (1 dalton= $1.67 \cdot 10^{-24}$ g), uzunluğu ise 1.1-1.5 mm, $4 \cdot 10^6$ nükleotid çiftinden oluşmaktadır [99, 101, 103, 104, 107, 108]. DNA, nükleotidlerin bir araya gelmesi ile değişik sıra dizilişlerine sahiptir. Nükleotidler, azotlu baz, şeker ve fosfat grubu olmak üzere üç ayrı kısımdan oluşmaktadır. DNA'nın yapısında bulunan bazlar, 4 karbon ve 2 nitrojen atomundan oluşan tek halkalı bir yapıdadır. Bu yapının serbest uçlarına bağlanan atom veya atom gruplarına göre Sitozin (C) ve Timin (T) şeklinde iki tip pirimidin meydana gelmektedir. Ayrıca DNA yapısında Adenin (A) ve Guanin (G) şeklinde iki adet de purin bazı bulunmaktadır. DNA'nın yapısındaki diğer önemli kısım ise şekerdir. Bu şeker, pentoz ($C_5H_{10}O_4$)'dur ve 2-deoksi-D-riboz şeklinde okunur ve DNA kısaltmasının D kısmına (deoksiriboz) adını vermiştir. DNA'nın yapısında son önemli kısım ise fosfat (H_3PO_4) grubudur [98, 100, 104, 106 - 108].

Adenin, Timin, Guanin, Sitozin adlı dört azotlu bazın değişik sıralarda yan yana ve karşılıklı dizilişlerin birleşmesi ile oluşan DNA iplikleri canlıların yaşamsal faaliyetleri için tüm genetik bilgileri taşımaktadırlar. DNA bir orta eksen etrafında sarmal bir yapı şeklinde bulunmaktadır. Bu yapı DNA ipliğinin güçlü olmasını ve belirli bir konformasyonda kalmasını sağlamaktadır. DNA'daki baz sırası ve dizilişi aynı tür canlılar için aynıdır ve değişmezler. Bu nedenle türler arasında genetik farklılıklar oluşmaktadır. DNA'nın bir ipliğinde baz sırası karşı ipliğindeki sırayı da belirlemektedir. $A \leftrightarrow T$, $G \leftrightarrow C$ ile eşleşmektedir. Deneysel çalışmalarda bazen DNA'nın bu çift sarmal yapısını ayırmak gerekmektedir. Bu durumda DNA süspansiyonu 100 °C'ye kadar yavaş yavaş ısıtıldığında bazlar arasındaki karşılıklı hidrojen bağlarında çözümler meydana gelmektedir ve iki iplik birbirinden ayrılmaktadır (denatürasyon). Aynı şekilde süspansiyon yavaş yavaş tekrar soğutulursa kopan bu hidrojen bağları tekrar kurulmakta ve DNA molekülü tekrar eski halini almaktadır (renatürasyon) [99, 101].

Plazmid DNA'lar kendi kendini eşleyebilen, kromozomdan ayrı bir DNA parçasıdır. Plazmid DNA'lar hücre içinde çok çeşitli görevlerde rol alırlar ve ortam koşullarına uyum açısından önem taşıyan özelliklere sahiptirler. Çoğu plazmid, içinde bulundukları bakteriye selektif avantajlar sağlamaktadır. Plazmidler, bakteriyi bir antibiyotiğe karşı dirençli yapmak gibi özellikler sağlayan gen veya gen grupları taşımaktadırlar. Ayrıca plazmidler genetik ve mikrobiyoloji uygulamalarında bir bakteriden başka bir bakteriye gen aktarımı için de kullanılabilir. Plazmidlerin bir diğer kullanımı çok miktarda protein üretimidir. Bu durumda arzu edilen geni taşıyan plazmidi içeren bakteriler geliştirilir. Bu gibi uygulamalarda kullanılan plazmidlere vektör adı verilir ve bu plazmidler ticari olarak satılmaktadır (Bu tez çalışmasında da bu amaçla pUC18, pKK223-3 gibi ticari adları olan plazmid DNA'lar kullanılmıştır) [99, 101].

Plazmid DNA'lar farklı biçimlerde olabilirler (Şekil 3.9). Bunlar elektroforezle farklı hızlarda ayrılırlar [99, 101]. Bu farklı biçimler,

- Doğrusal (linear) DNA, bu DNA'nın iki ucu da açıktır.
- Gevşek sarmal (nicked circles) DNA, bu DNA'nın iki zinciri sağlamdır ama enzimler tarafından gevşetilmiştir.
- Süpersarmal (supercoiled) DNA, iki zincirde kesilmemiş ve kendi etrafında sarılı olmak sonucunda sıkı bir yapıya sahiptir.



Şekil 3.9 Lineer, gevşek sarmal ve süpersarmal plazmidlerin elektron mikroskobu görünümü
(www.biochem.wisc.edu)

Plazmidler, genleri ve DNA parçalarını klonlama da aracı molekül (vektör) olarak çok fazla kullanılmaktadır. Çok sayıda, ucuz ve kolay elde edilmeleri, çift iplikli, sarmal veya lineer olmaları, yapılarında özel bazı belirteçlerin (markırların) bulunması, belli uzunluktaki yabancı genleri kabul etmeleri, enfeksiyöz olmamaları, hücre içinde bağımsız replike olmaları, alıcı

hücrelere kolayca transfer edilmeleri gibi birçok avantajları nedeniyle laboratuvar ortamlarında kullanılmaktadır.

4. MATERİYAL VE METOD

4.1 Materyaller

Mitoz bölünme ve mitotik kromozom deneyi için bir kültür bitkisi olan mercimek (*Lens culinaris* Medik) tohumları kullanılmıştır. Çözeltilerin tamamı bidistile su kullanılarak hazırlanmıştır.

Plazmid DNA izolasyonunda kullanılan QIAprep Spin Midiprep Kit QIAGEN'den, Almanya, temin edilmiştir.

Agaroz jel elektroforezi sırasında DNA bantlarının molekül ağırlıkları ve konstrasyonunun tayininde kullanılan Hyper Ladder I Bioline'dan, USA;

Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi sırasında protein bantlarının molekül ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan markır Sigma'dan, USA;

E. coli 25922, ATCC'yi F.Ü. Mikrobiyoloji Lab.'dan, USA, *E. coli* JM105, F.Ü. Moleküler Tanıma Lab.'dan temin edilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmada elektromanyetik kaynak olarak Nokia 3100 GSM bazlı cep telefonu kullanılmıştır.

GSM operatörü olarak GSM 1800 frekansında yayın yapan bir operatör ayrıca modülasyonun gerçekleşmesi için de bir sinyal jeneratörü kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan diğer bütün kimyasallar BDH, Sigma, Bio-Rad ve Merck'ten sağlanmıştır.

Deneyler Fırat Üniversitesi Fen – Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünde bulunan Moleküler Tanıma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

4.1.1 Bakteri Soyları

Çalışmalarda *B. subtilis* ve *E. coli* (JM105 ve ATCC 25922) bakteri türleri kullanılmıştır.

4.1.2 Bakteriyolojik Gelişim İçin Besiyerleri ve Solüsyonlar

Yapılan tüm deneylerde kullanılan bakterilerin üremeleri için gerekli olan besiyerleri ve solüsyonlar içerdikleri kimyasallarla birlikte bu bölümde verilmiştir.

4.1.2.1 Çift Kuvvetli Yeast-Tripton (2xYT) Buyyon

Çizelge 4.1 Çift kuvvetli Yeast-Tripton (2xYT) buyyon

Kimyasallar	Miktar
Maya Ekstraktı	10 g/l
Tripton	16 g/l
NaCl	5 g/l

4.1.2.2 Çift Kuvvetli Yeast-Tripton (2xYT) Agar

Çizelge 4.2 Çift kuvvetli Yeast-Tripton (2xYT) agar

Kimyasallar	Miktar
Maya Ekstraktı	10 g/l
Tripton	16 g/l
NaCl	5 g/l
Agar	15 g/l

4.1.2.3 Minimal Agar

Çizelge 4.3 Minimal agar

Kimyasallar	Miktar
2x Minimal Tuzlar	500 ml/l
% 3.3 Agar	500 ml/l
% 20 Glukoz	10 ml/l
% 20 MgSO ₄ .7H ₂ O	1 ml/l
% 0.1 Tiamin hidroklorür	0.5 ml/l

4.1.2.4 Nutrient Buyyon

Çizelge 4.4 Nutrient buyyon

Kimyasallar	Miktar
Nutrient broth (Et peptonu 5g, Et ekstraktı 3 g)	8 g/l

4.1.2.5 Amfisilin

100 mg/ml stok solüsyonu hazırlanır (Filtre ile sterilize edilir).

4.1.3 Stok Solüsyonlar ve Tamponlar

Bu bölümde yapılan deneylerde kullanılan stok solüsyonlar ile ilgili detaylar verilmiştir.

4.1.3.1 50x TAE Tampon Çözeltisi (Tris-Asetat-EDTA)

Çizelge 4.5 50x TAE tampon çözeltisi (Tris-Asetat-EDTA)

Kimyasallar	Miktar
Trizma Base	242 g/l
Asetik Asit	57.1 ml/l
0.5 M EDTA (pH:8.0)	100 ml/l

dH₂O ile 1x TAE'ye seyreltilerek çalışma solüsyonu hazırlanır.

4.1.3.2 Agaroz Jel İçin SAB (Sample Amplification Buffer)

Çizelge 4.6 Agaroz jel için SAB (Sample Amplification Buffer)

Kimyasallar	Miktar
Sükroz	4 g/10 ml
2 M Tris.Cl	0.5 ml/10 ml
0.5 M EDTA	2 ml/10 ml
Bromfenol mavisi	4 mg/10 ml

4.1.3.3 Bis-Tris Solüsyonu

Çizelge 4.7 Bis-Tris solüsyonu

Kimyasallar	Miktar
0.02 M Bis-Tris	4.184 g/l
0.05 M KCl	3.725 g/l
pH:6.0	

4.1.3.4 SDS-PAGE İçin SAB (Sample Amplification Buffer)

Çizelge 4.8 SDS-PAGE için SAB (Sample Amplification Buffer)

Kimyasallar	Miktar
%10 SDS	1 g/10 ml
0.5 M Tris HCl (pH :6.8)	0.6 g/10 ml
% 5 Gliserol	0.5 ml/10 ml
% 25 2-Merkaptoetanol	0.25 ml/10 ml
% 0,05 Bromfenol mavisi	0.005 g/10 ml

4.1.3.5 5x Tank Tamponu

Çizelge 4.9 5x tank tamponu

Kimyasallar	Miktar
0.025 M Trizma Base	15 g/l
0.192 M Glisin	72 g/l
% 0,1 SDS	5 g/l

dH₂O ile 1x'e seyreltilerek çalışma solüsyonu hazırlanır ve 5 defa aynı tampon kullanılabilir.

4.1.3.6 Protein Boyama Solüsyonu

Çizelge 4.10 Protein boyama solüsyonu

Kimyasallar
% 0.1 Coomassie Brilliant Mavisi
% 40 Metanol
% 10 Glasiyal Asetik Asit

4.1.3.7 Boya Uzaklaştırıcı (Destaining) Solüsyon

Çizelge 4.11 Boya uzaklaştırıcı (destaining) solüsyon

Kimyasallar
% 5 Metanol
% 7 Asetik Asit

4.1.4 DNA Örneği

Plasmodium vivax Belem soyundan laktat dehidrogenaz (*pvLDH*) enzimi kodlayan gen pKK223-3 vektörüne klonlanmış ve protein *E. coli*'de aktif olarak ifade edilmiştir. Bu tez çalışmasında yapılan bütün aktivite çalışmalarında *P.vivax* LDH örneği kalıp olarak kullanılmıştır [120].

4.1.5 Plazmidler (Vektörler)

Bu tez çalışmasında ticari olarak satılan *pUC18*, *pKK223-3*, *pET 5a* ve *pET 41a* plazmidleri kullanılmıştır.

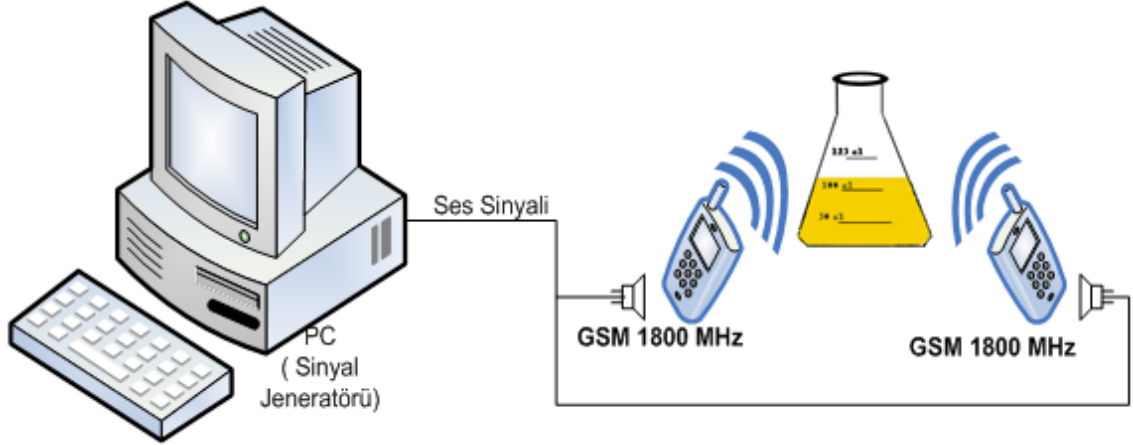
4.2 Metotlar

4.2.1 Mobil Telefon Deney Düzeneği

Elektromanyetik dalgaların biyolojik etkilerinin tespit edilmesinde Şekil 4.1'deki gibi bir deney düzeneği kurulmuştur. Deneyde GSM 1800 MHz de çalışan anten çıkış gücü 1 mW olan cep telefonu kullanılmıştır. Mobil telefonlarla görüşme yaptırılmıştır. Bunun nedeni mobil telefonların DTX (Discontinuous Transmission) şeklinde çalışmasıdır. DTX sistemler, sadece görüşme esnasında veri iletimi sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler diğer zamanlarda (görüşmenin gerçekleşmediği durumlarda) veri iletimi olmadığı için alıcı taraf bir şey duymaz (veri iletimi gerçekleşmez). Bu nedenle deneyde, görüşme esnasında modülasyonun gerçekleşmesi için bilgi işareti gönderilmiştir. 4.6 ms'lik bu bilgi işareti 0.58 ms'ye sıkıştırılarak mobil telefon yardımı ile gönderilmektedir. Mobil telefon ve baz istasyonları her 4.6 ms'de bir 0.58 ms'lik bir darbe (yani 217 darbe/saniye = 217 Hz) göndermektedir. Bu şekilde enerji transferi de gerçekleşmiş olmaktadır.

Deneyde kullanılan mobil telefonun, kulak çevresinde kullanım sırasında, 2.2 cm uzaklıkta oluşturduğu SAR değeri 0,76 W/kg'dır [121].

Oluşturulan mobil telefon deney düzeneğinde kullanılan mobil telefonların antenleri, radyasyona maruz bırakılacak biyolojik maddelere doğru olacak şekilde, hazırlanmış özel yerlere yerleştirilmiştir. Sinyal jeneratörü mobil telefonun ses girişine bağlanmıştır. Daha sonra mobil telefonların veri iletimi sırasında oluşturdukları ısının, ortam sıcaklığını değiştirmemesi ve sıcaklığın sürekli sabit kalması için deney düzeneği etüv içerisine yerleştirilmiştir. Etüv içerisine yerleştirilen mobil telefonlara sinyal jeneratörü olarak kullanılan bilgisayar yardımı ile rastgele üretilen sinyaller uygulanmış ve veri iletiminin gerçekleşmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.1 Deney düzeneğinin gösterimi

4.2.2 Spektrofotometre ile Optik Dansite (OD) Ölçümü

Spektrofotometre, optik tekniğe dayalı olarak çalışan bir cihazdır. Bu cihaz, istenilen dalga boyuna sahip bir ışık oluşturur ve ışığı özel olarak hazırlanmış bir küvet içine konulmuş örnekten geçirir ve örnekten geçen ışığın şiddetini ölçer.

Işık kaynağı olarak yüksek basınçlı hidrojen lambası, döteryum lambası veya halojen lamba kullanılır. Küvet olarak da cam, kuartz v.b maddelerden yapılmış ışık geçirgenlik özelliği yüksek özel malzemeler kullanılır.

Ölçüm yapılacak örnek bu özel hazırlanmış olan küvetlere konulur. Daha sonra spektrofotometre cihazının içinde özel hazırlanmış odaya yerleştirilir. Cihaz çalışmaya başladığında ışık kaynağından ölçüm yapılacak moleküllere göre ayarlanmış dalga boyunda ışık odaya odaklanır, oda içinde bulunan küvetin içinden geçen bu ışık, hassas algılayıcılar tarafından algılanır. Örnek içindeki molekül miktarı algılayıcıya ulaşacak ışık miktarını değiştirecektir. Algılayıcının algıladığı ışık miktarına göre Optik Dansite (OD) değeri verir [102].

Bu tez çalışmasında spektrofotometre, bir solüsyondaki çözünmüş maddelerin derişimlerinin ve saflık derecelerinin belirlenmesi, biyokimyasal reaksiyonların kinetiğinin ölçülmesi, enzim aktivitesinin ölçülmesi ve bakteri sayısının ölçülmesi amacıyla kullanılmıştır.

4.2.3 Ultrasonikasyon

İnsan duyma sınırının üzerindeki frekanslarda (18 kHz ve üzeri) ultrasonik ses dalgaları sıvı bir ortamdaki hücrelere uygulandığında hücre duvarlarında parçalanmaya yol açar. Bu yöntemle hücrelerdeki su moleküllerinin kinetiğini arttırır, basınç farklılıkları nedeniyle çok sayıda hava kabarcıkları oluşturur ve bir süre sonra patlayarak ortamdaki bakteri hücrelerini de parçalar. Bu işlem sırasında, moleküllerin sürtünmesinden dolayı çok yüksek bir ısı açığa çıkmaktadır. Bu ısı aktif olan proteini inaktif duruma geçirebilir. Bu nedenle parçalama işlemi sırasında bu ısıyı yok etmek amacıyla parçalanacak olan bakteriler buz kabı içinde tutularak veya belirli aralıklarla sonikasyon işlemine tabi tutularak (1 dakika sonikasyon, 5 dakika bekleme, 1 dakika tekrar sonikasyon gibi) soğutma yapılması gerekir [102].

Bu tez çalışmasında ultrasonikasyon işlemi, enzim aktivitesinin ölçülmesi aşamasında, bakterilerin hücre duvarlarının parçalanmasında kullanılmıştır.

4.2.4 Santrifüjleme

Bir sıvı içerisindeki partikülleri çökerterek sıvı ile partikülün ayrılması amacıyla kullanılan cihazlardır. Bu cihazlar ile örnek, yüksek hızlarla döndürülerek, sıvı içindeki partiküllere merkezkaç kuvvetinin uygulanması sağlanır. Merkez kaç kuvvetine maruz kalan partiküller bu kuvvetin etkisi ile örneğin bulunduğu tüp içinde dibe çöker, sıvı kısım ise tüpün üstünde kalır. Bu işlem sonucunda tüpün dibine çöken kısmına *pelet*, üstte kalan kısmına *süper natant* adı verilir. Santrifüjleme işleminde döndürme hızı partikülün boyutuna göre değişir. Büyük partiküller için düşük hızlar yeterli olurken, küçük partiküller için çok yüksek hızlar gerekmektedir [102].

Bu tez çalışmasında santrifüjleme enzim aktivitesinin ölçülmesi aşamasında, bakterilerin çökertilmesi aşamasında kullanılmıştır.

4.2.5 UV Transilluminatör

Elektroforez sonrası elde edilen jellerin görüntülenmesi için kullanılmaktadır. Jel'de göç eden moleküllerin oluşturdukları bantların görüntülenmesi için jele eklenen etidyum bromür UV ışık altında net bir şekilde gözlemlenir. UV ışığa direk olarak bakılması gözlemlere zarar verebilmektedir. Bu nedenle bu jeller transilluminatör ile gözlemlenir. Cihazın örnek için bir tepsisi bulunmaktadır. Örnek jel bu tepsi üzerine yerleştirilir ve cihazın kapalı bölmesine

aktarılır. UV ışık tepsinin altında örnek jele uygulanır ve cihazın üst kısmında bulunan özel kamera ile görüntü bilgisayar aktarılır. Bilgisayara aktarılan bu görüntüler özel bir program ile incelenmektedir [102].

Bu tez çalışmasında UV transilluminatör, DNA elektroforezi sonrası jelin görüntülenmesi için kullanılmıştır.

4.2.6 Vorteksleme

Bir solüsyon içerisinde dibe çöken çökeltinin tekrar solüsyona karıştırılmasını sağlayan 0-40 Hz arasında ayarlanabilen titreşim üreten bir cihazdır. Solüsyonun ve çökeltinin bulunduğu tüp, cihazın titreşim modülüne değiştirilerek titreşmesi sağlanır. Bu şekilde, titreşen tüpün içindeki solüsyon ile dibe çöken çökeltinin birbiriyle karışması sağlanmış olur [102].

Bu tez çalışmasında vorteksleme işlemi, enzim aktivitesinin ölçülmesi aşamasında kullanılmıştır.

4.2.7 Elektroforez

Yüklü taneciğin belirli bir iyonize ortamda belirli bir elektrik alana maruz bırakılması işlemidir. Elektrik alanda kalan yüklü bir tanecik, yüküne, elektrik alan şiddetine ve ortama bağlı olarak anoda veya katoda doğru hareket ederler. Elektroforez bu prensibe göre yüklü olan protein, nükleik asit veya sonradan yüklenmiş diğer biyolojik partiküllerin belirli bir pH değerinde, iyonize olarak özel hazırlanmış ve belirli boyutlardaki partiküllerin geçebileceği ortamda elektrik alana maruz bırakılma işlemidir. Elektroforez sırasında pozitif yüklü partiküller katoda (negatif kutuba) doğru, negatif yüklü partiküller anoda (pozitif kutuba) doğru hareket eder. Elektroforez sonucunda önemli olan partikülün göç oranıdır [97, 102].

Biyolojik makromoleküllerin büyük bir kısmının yüklü olması bu moleküllerin elektroforez yöntemiyle ayrılabilmesini sağlamaktadır. Elektroforez sırasında ortam olarak özel hazırlanmış jeller kullanılır. Jeller çeşitli derecelerde büyüklüğün esas alındığı makromoleküllerin göçünü engelleyen bir matriks (elek) oluştururlar. Jel matriksi nispeten hareketsizdir ve ayrılacak olan moleküller ile etkileşmezler. Bu jeldeki büyük moleküller jel içerisinde daha fazla sürtünmeye maruz kalacağından göç, küçük moleküllerden daha yavaş gerçekleşecektir. Böylece ayrılma işlemi gerçekleştirilmiş olacaktır. Burada kullanılan jel konsantrasyonu oldukça önemlidir. Jel konsantrasyonu yoğunlaştıkça moleküllerin göç hızı yavaşlayacaktır ve dolayısıyla daha küçük moleküllerin ayrılmasını sağlamış olacaktır. Bu nedenle ayrılacak olan moleküllerin boyutları jel konsantrasyonunun belirlenmesinde önemlidir.

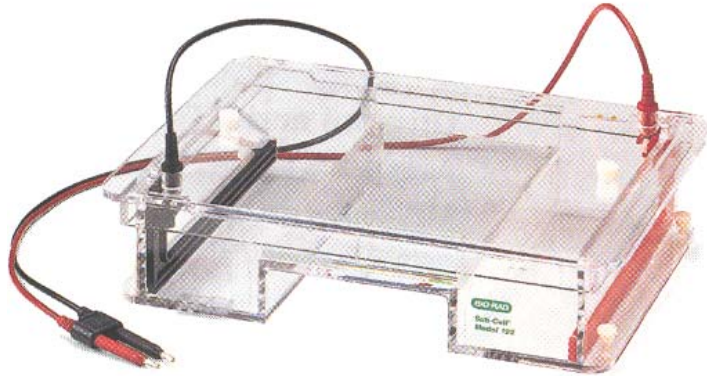
Jeller aynı zamanda ayırma sırasında ve ayırmadan sonra moleküllerin difüzyonunu en aza indirir. Böylece moleküller uygun boyar maddelerle boyanarak görüntülenebilir veya makromoleküllerin saflaştırılması ile daha ileri işlemlere tabi tutulabilir [97, 100, 102].

4.2.7.1 Agaroz Jel Elektroforezi

DNA moleküllerinin analizinde çok çeşitli yöntemler kullanılmakla beraber tüm laboratuvarlarda rutin olarak yararlanılan en basit yöntemlerden biri agaroz jel elektroforezidir [102]. Yöntemin avantajları basit ve hızlı olması, ayrıca diğer yöntemlerle yeterli düzeyde ayıramayan DNA fragmentlerinin ayrılabilmesini sağlamasıdır [122]. UV ışığı altında fluoresan etki gösteren etidyum bromür boyasının kullanımı ile 1 ng kadar az konsantrasyondaki DNA'nın bile jel üzerindeki yerini belirlemek mümkündür [123].

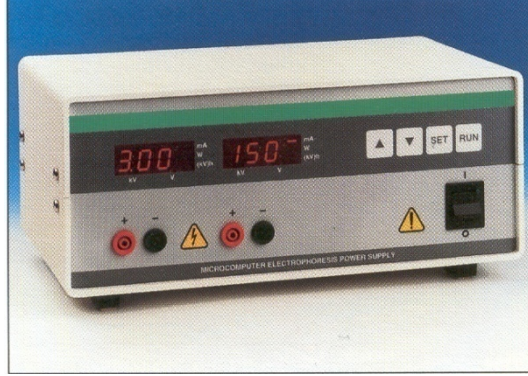
Agaroz jel elektroforezi için kullanılan sistem şunları içerir:

- Şekil 4.2'de elektroforezin gerçekleşeceği tank görülmektedir.



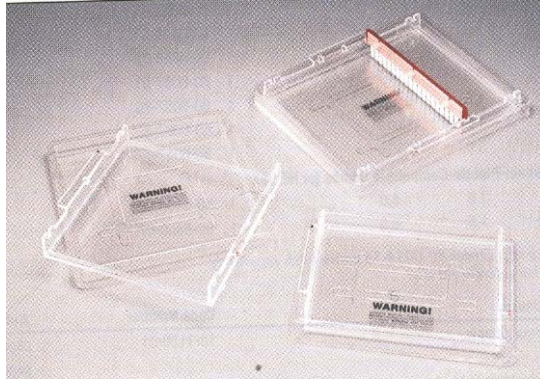
Şekil 4.2 Elektroforez tankı

- Elektroforezin gerçekleşmesi için uygun akımı sağlayan güç kaynağı Şekil 4.3'de görülmektedir. Elektroforez tankında bulunan çözeltinin iyonik kuvveti azaldığında veya kullanılan jelin kalınlığı arttığında sabit akımı sağlayarak yüklü moleküllerin hareketinin belli bir hızda olması sağlanır. Düşük voltajda, lineer DNA fragmentlerinin göç oranı uygulanan voltajla orantılıdır. Bununla birlikte elektriksel alan gücü artırılırsa büyük fragmentlerin göçü küçük fragmentlerinkine kıyasla oransal olarak artar. DNA fragmentlerinin maksimum ayrılmasını sağlamak için jeller 5 V 'dan daha az gerilimde koşturulmalıdır [122].



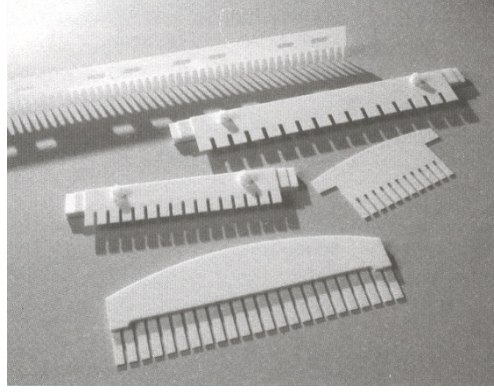
Şekil 4.3 Güç kaynağı

- Saydam plastikten oluşan ve çeşitli büyüklükleri mevcut olan jel dökme tepsileri Şekil 4.4’de görülmektedir.



Şekil 4.4 Elektroforez tepsileri

- Hazırlanan jellerde analiz yapılacak jelde örnek kuyularını oluşturmak için kullanılan taraklar Şekil 4.5’de görülmektedir.

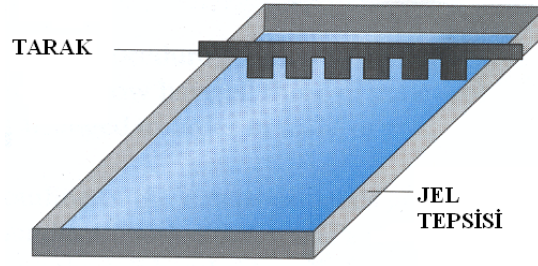


Şekil 4.5 Elektroforez tarakları

a) Etidyum Bromür ile Boyanan AgaroZ Jel Elektroforezi - DNA

Elektroforezde kullanılan agaroZ jelin hazırlanması ve kullanılması bir dizi işlem ile gerçekleşir. Bu işlemler,

- Kullanılacak jelin büyüklüğüne ve istenen konsantrasyona göre tartılan agaroZ TBE veya TAE tampon içerisinde kaynatma yolu ile (mikrodalga, otoklavlama veya ateş üzerinde) çözdürülür.
- DNA'nın jelde görünür hale gelebilmesi için elle tutabilecek sıcaklığa geldiğinde elektroforez sonrası DNA'nın görüntülenmesini kolaylaştırmak için final konsantrasyonu 0.5 µg/ml olan etidyum bromür ilave edilir. Etidyum bromürün DNA bağları arasına bağlanarak 300 veya 360 nm'de ışığı absorblaması sonucu fluoresan etki göstermesi ile DNA görüntülenmesi gerçekleşmiş olur. Bu etki DNA konsantrasyonuna bağlı olarak kuvvetli veya zayıf olabilir. Etidyum bromür agaroZ jele katılır veya jel içine yüklemeden önce DNA örneklerine eklenir. Bekletilirse; DNA, etidyum bromüre bağlanarak kütlesi, sertliği ve dolayısıyla hareketi (hızı) değişir [120].
- Kuyuları oluşturacak tarak, Şekil 4.6'daki gibi jelin döküleceği tepsiye yerleştirilir.



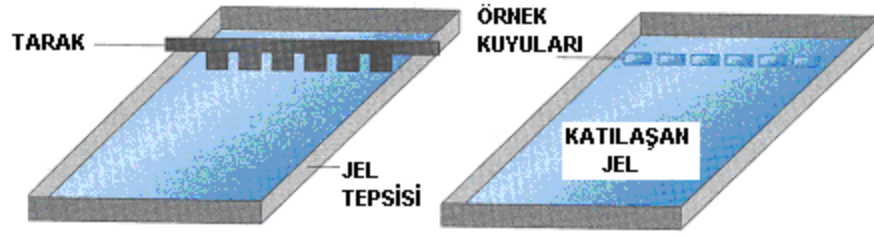
Şekil 4.6 Tarakların yerleştirilmesi

- Jel tepsisine, sızıntı olmamasına dikkat edilerek, agaroz jel, tarağın en az üçte birini (yaklaşık olarak 6 mm) kapatacak şekilde Şekil 4.7’deki gibi dökülür [102, 126]. Jel dökülürken eğer agaroz tamamen erimemişse agaroz granülleri akım sırasında kaya parçası gibi hareket edecek ve DNA bantları saydam düz bant gibi görünmekten ziyade agaroz granülleri civarında “V” şekline dönüşecektir [124].



Şekil 4.7 Jelin tepsiye dökülmesi

- Jel döküldükten sonra oda sıcaklığında donması beklenir. Eğer acele ise buzdolabında katılaştırılır.
- Agaroz jel katılaştıktan (donduktan) sonra kuyuların diplerini delmemeye özen göstererek Şekil 4.8’deki gibi tarak çıkarılır. Jelde sıra halinde kuyular oluşur. Bu kuyular örnek kuyuları olarak adlandırılır [126].



Şekil 4.8 Katılaştan jelden tarağın çıkarılması

Tarak çıkarılırken jel tamamen katılaştırmış olmalıdır, aksi halde kuyuların biçimi uygunsuz olur ve bantlar bozulur [124].

- Hazırlanan agaroz jel elektroforez tankına alınır [102].

Bu tez çalışmasında bütün analitik amaçlı elektroforez çalışmalarında etidyum bromür ile boyanan agaroz jel kullanılmıştır. Elektroforez sonrası DNA bantları, 254-312 nm dalga boyunda UV (ultraviyole) transilluminatöründe görüntülenmiştir.

4.2.7.2 Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel (SDS-PAGE)

SDS-Page, denatüre edici maddeler (sodyum dodesil sülfat v.b.) kullanılarak proteinlerin poliakrilamid jelde ayrılmasını sağlayan bir elektroforez yöntemidir. Proteinler, denatürasyona uğrayarak üç boyutlu yapıdan lineer yapıya dönüşerek akrilamid jelde ayrılırlar. Proteinler normal şartlarda negatif ve pozitif yüklü bulunabilmektedir. Bu nedenle elektroforez esnasında proteinlerin bu yük farklılıklarından dolayı ayırım molekül büyüklüğüne göre yapılamayacaktır. Denatüre edici şartlarda proteinlerin ayırımını yapmak için genellikle %1 oranında sodyum dodesil sülfat (SDS), jel komponentine, elektroforez tamponuna ve örneğe katılır. SDS negatif yük taşıdığından dolayı proteinlere yüksek oranda negatif yük kazandırır. Bu şekilde karışım içerisindeki tüm protein molekülleri eşit yük miktarına sahip olurlar ve elektroforez ile yapılan ayırım yük farklılığına göre değil molekül büyüklüğüne göre yapılmış olur.

Bu çalışma, SDS-PAGE, BIO-RAD Mini-PROTEAN® 3 Cell jel elektroforez sistemi kullanılarak yapılmıştır. Proteinleri ayırmak için kullanılan jel aşağıdaki gibi hazırlanmıştır [125].

Ayırma jeli (% 12)

Çizelge 4.12 Ayırma jeli (% 12)

Kimyasallar	Miktar
dH ₂ O	3.35 ml
1.5 M Tris HCl (pH:8.8)	2.5 ml
% 10 SDS	100 µl
% 30 Akrilamid/ Bis	4 ml
% 10 Amonyum persülfat	75 µl
TEMED	15 µl

Yükleme jeli (% 4)

Çizelge 4.13 Yükleme jeli (% 4)

Kimyasallar	Miktar
dH ₂ O	6.1 ml
0.5 M Tris HCl (pH:6.8)	2.5 ml
% 10 SDS	100 µl
% 30 Akrilamid/ Bis	1.3 ml
% 10 Amonyum persülfat	60 µl
TEMED	12 µl

Örnekler jele yüklenmeden önce eşit miktarda SDS-PAGE SAB boyası ilave edilerek 5 dakika kaynatılır. Elektroforez için 1x Tank tamponu kullanılır ve bromfenol mavisi, jelin sonuna gelinceye kadar 20 mA’de akım uygulanır. Elektroforez sonrası jel, 37°C’de 1 saat süreyle boyanır ve sonrasında protein bantları görünür hale gelinceye kadar boya uzaklaştırıcı (Destaining) solüsyon ile yıkanır. Jeller, fotoğrafları alındıktan sonra jel kurutma sistemi ile kurutularak saklanır.

SDS-PAGE metodu, aynı zamanda hücre ekstraktlarının genel analizini yapmak için kullanılmıştır. Bunun için 500 µl hücre kültürü 13.000 rpm’de 5 dakika santrifüj edilerek pelet 50 µl dH₂O ile çözülür. Eşit hacimde SDS-PAGE SAB boyasının ilavesinden sonra 5 dakika kaynatılır ve elektroforez işlemi yapılır [125].

5. DENEYSEL SONUÇLAR

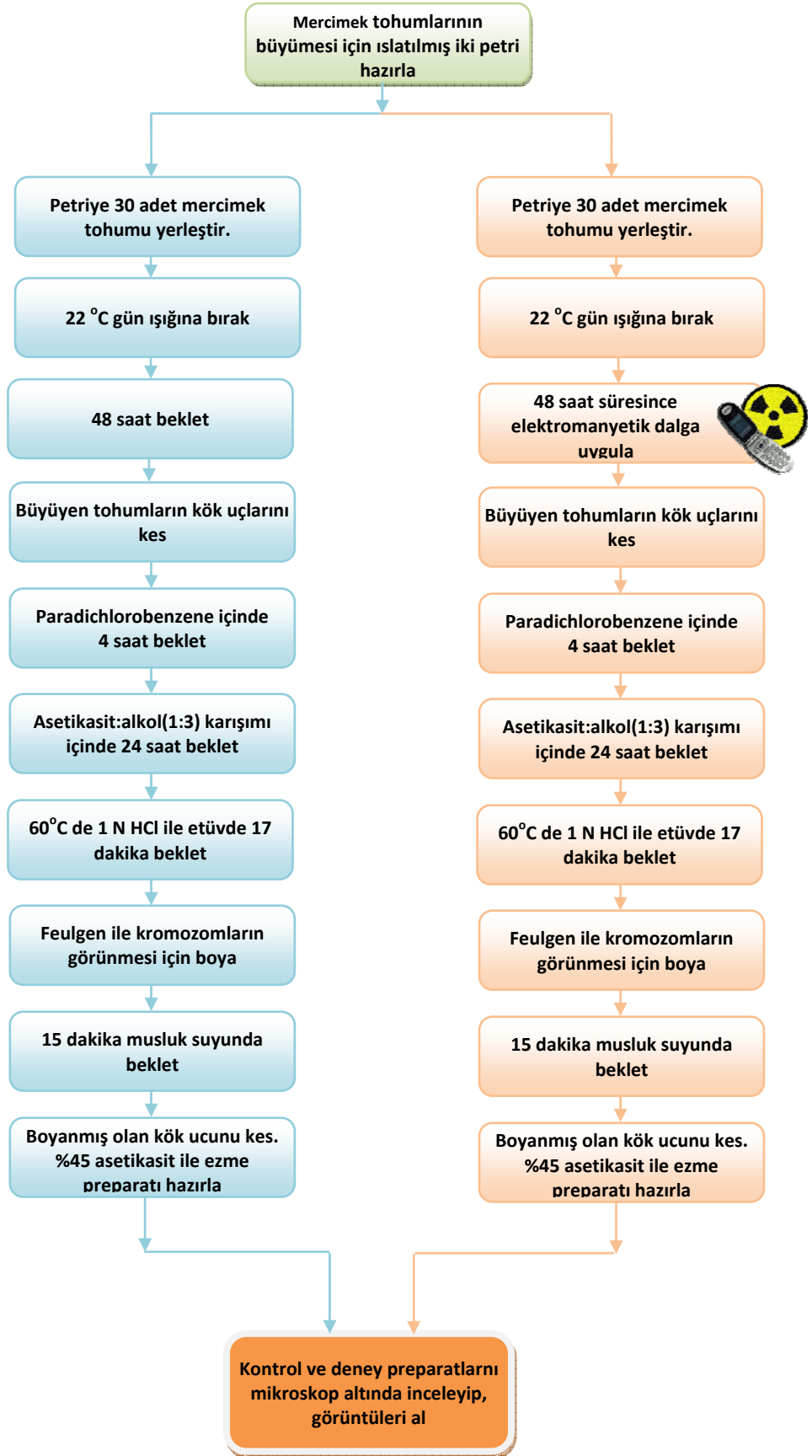
5.1 Giriş

Bu bölümde; mobil telefonların yaymış olduğu elektromanyetik radyasyonun kromozomların yapısına, bakteri gelişimine, enzim aktivitesine ve DNA üzerine etkilerini belirleyebilmek amacıyla üçüncü bölümde belirtilen metotlar ve materyaller çerçevesinde laboratuvar ortamında yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları verilmiştir.

5.2 Mobil Telefonların Yayıdığı Elektromanyetik Radyasyonun Mitoz Bölünme, Mitotik Kromozomlar Üzerine Etkileri

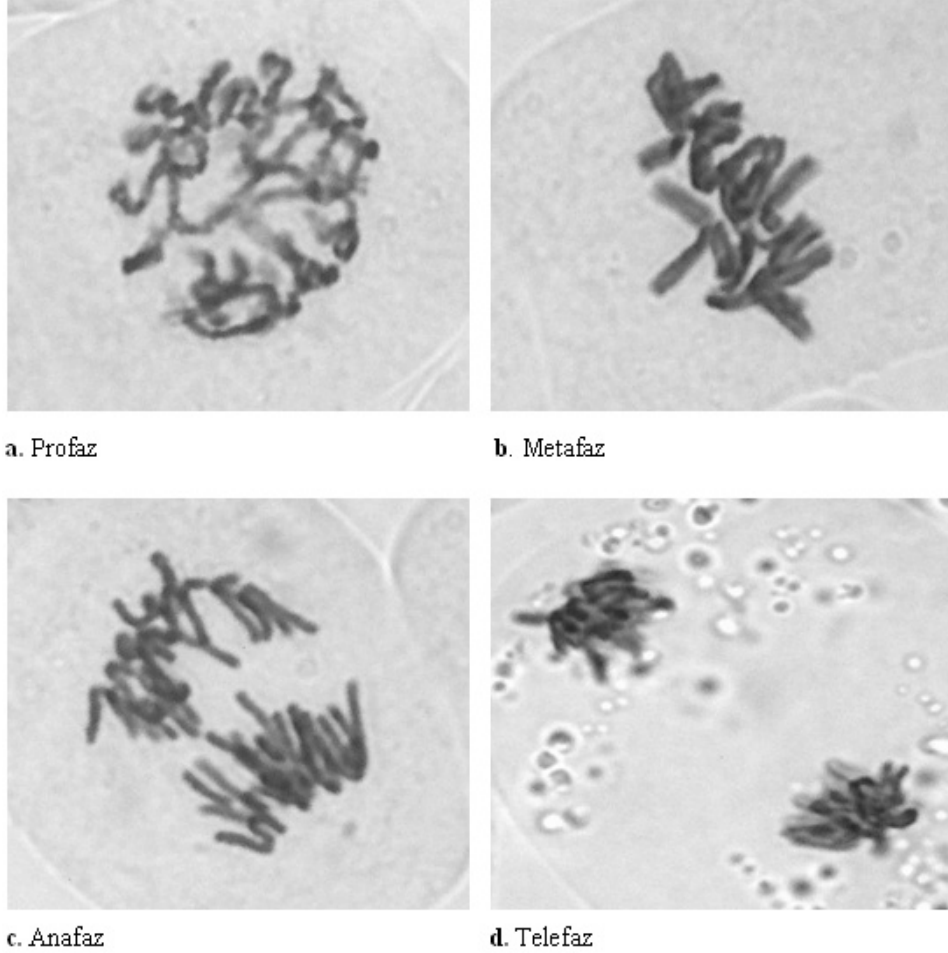
Kullanımı gittikçe artan elektromanyetik dalga yayan cihazların mitotik kromozomlar üzerine etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla *Lens culinaris Medik* (mercimek) tohumları kullanılmıştır. Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun tohumların çimlenmesi ve köklerinin büyümesi aşamasındaki ve hücrelerin mitoz bölünmesi esnasında hücre içerisindeki kromozomlara etkileri araştırılmış ve bu etkileri tespit etmek amacıyla deneyler yapılmıştır.

Mercimek tohumları, musluk suyu ile ıslatılan çift katlı filtre kağıtları üzerine her biri 11 cm'lik petriler içerisine 30'ar adet ekilmiştir. İki ayrı petriye yerleştirilen mercimek tohumları kontrol ve deney olmak üzere iki ayrı gruba ayrılmıştır. Kontrol grubu 22 °C'de gün ışığında herhangi bir elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmamıştır, deney grubu 22°C günışığında elektromanyetik dalgaya 48 saat süreyle maruz bırakılmıştır. Elektromanyetik dalgaların, kromozom üzerine etkilerini tespit edebilmek için elektromanyetik dalgaya maruz bırakılan mercimek tohumlarının kök uçları öncelikle kesilmiş, kesilen kök uçları paradichlorobenzene içinde 4 saat bekletilmiştir. Paradichlorobenzene içinde 4 saat bekletilen kök uçları, 24 saat asetikasit:alkol (1:3) içerisinde bekletilerek fiksasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kök uçları 60 °C'de 1 N HCl ile etüvde 17 dakika hidroliz edilmiş ve Feulgen reaktifi ile 1 saat boyanmıştır. 15 dakika musluk suyunda bekletilen kök uçlarının uç kısımlarındaki koyu boyanan 1-2 mm'lik büyüme meristemleri kesilmiş ve %45'lik asetikasit ortamında ezme preparatı yapılmıştır [98]. Elde edilen preparat mikroskop altında incelenmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Deneyin uygulama şeması Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 Bitki kök ucu hücreleri üzerindeki mitotik etkileri deneyi akış şeması

Mitotik gözlemler sonucunda mercimek hücrelerinde meydana gelen normal mitoz bölünme safhaları Şekil 5.2’de verilmiştir.



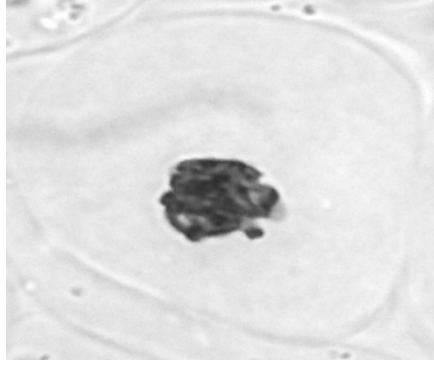
Şekil 5.2 Mercimek hücrelerinin normal mitoz bölünme safhaları (Mikroskop büyütmesi 10µm)

48 saat süresince mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz bırakılan mercimek tohumlarından dormansi halindeki 2000 adet hücrenin %8.85’inde, çimlenme halindeki hücrelerin %14.1’inde bölünme görülmüştür. Bölünme olan hücrelerden anormal olan hücrelerin fazlara göre dağılımı Çizelge 5.1’de verilmiştir.

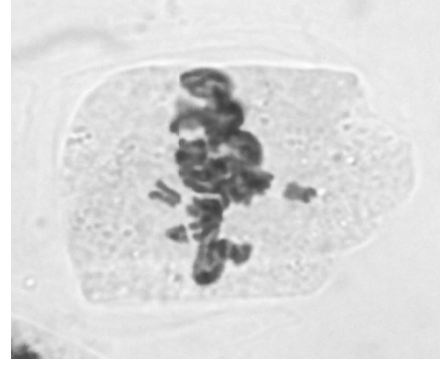
Mitotik gözlemler sonucunda mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz kalan mercimek hücrelerinde kontrol grubuna ait normal mitoz bölünme safhaları Şekil 5.2’de verilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar tek tek değerlendirilmiş ve anormal bölünen hücrelerin tüm hücreler arasındaki oranı, kontrol ve deney grupları için ayrı ayrı incelenmiş sonuçlar ve standart hata Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Mitoz bölünme ve mitotik kromozom deney sonuçları

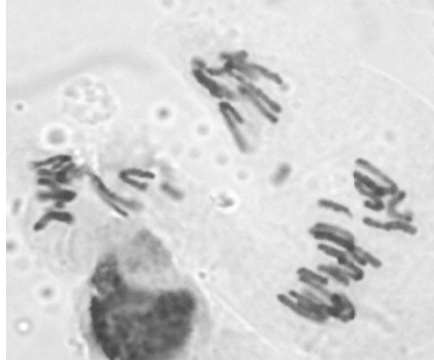
Uygulama	Sayılan Hücre	Mitotik İndeks (%)	Normal Bölünen Hücre	Anormal Bölünen Hücre Sayısı							
				c-mitoz (%)	Metafazda Ayrı (%)	Anafazda Kalgın (%)	Anafaz Köprü (%)	Multipolar Anafaz (%)	Telofaz Köprü (%)	Telofaz Kalgın (%)	Multipolar Anafaz (%)
Dormansi halindeki tohum	2000	8.85	177	2.6	0.56	1.13	0.56	0.56	-	0.56	0.56
Çimlenme halindeki tohum	2000	14.1	281	1.8	1.07	0.71	-	0.35	0.35	-	0.56
Kontrol	2000	10.35	207	0.96	0.95	0.97	0.48	0.48	-	0.48	0.48



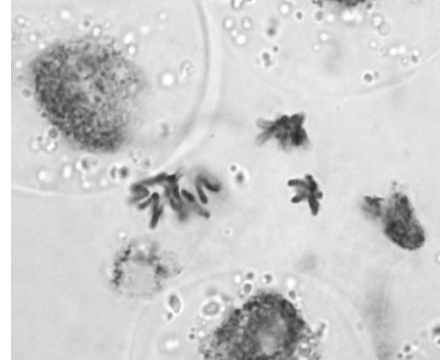
a. Mikronükleus



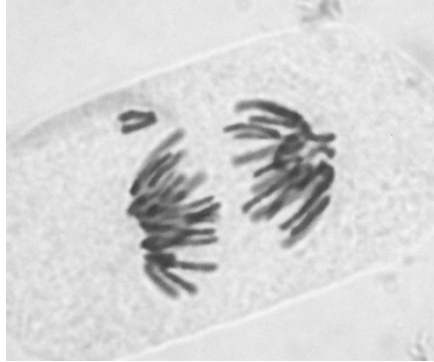
b. c-mitoz



c. Metafazda ayrı kalmış kromozom



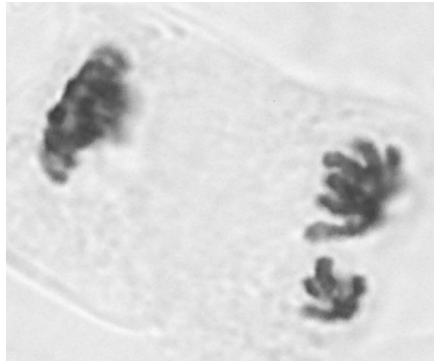
d. Anafaz kalgın kromozom



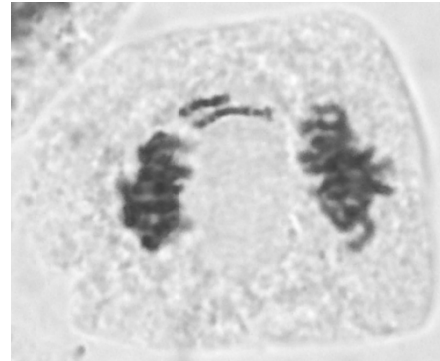
e. Multipolar anafaz



f. Telofazda köprü kromozom



g. Telofaz kalgın kromozom



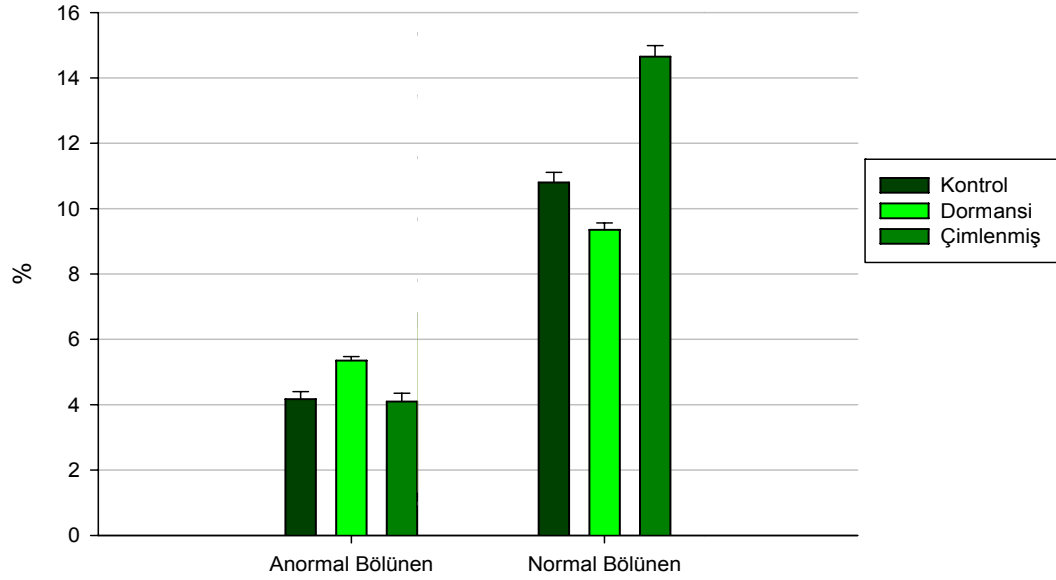
h. Multipolar telofaz

Şekil 5.3 Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların neden olduğu mitotik anormallikler
(Mikroskop büyütmesi 10µm)

Çizelge 5.2 Anormal bölünen hücrelerin bölünen hücelere oranları

	Oran	Kontrol(%)	Dormansi(%)	Çimlenmiş(%)
Anormal Bölünen / Toplam Bölünen		4.17±0.23	5.35±0.12	4.10±0.25
Bölünen / Toplam		10.80±0.31	9.35±0.21	14.65±0.34
Bölünme Olmayan / Toplam		89.20±0.19	90.65±0.90	85.35±0.41

Çizelge 5.2'deki değerler grafiksel olarak Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



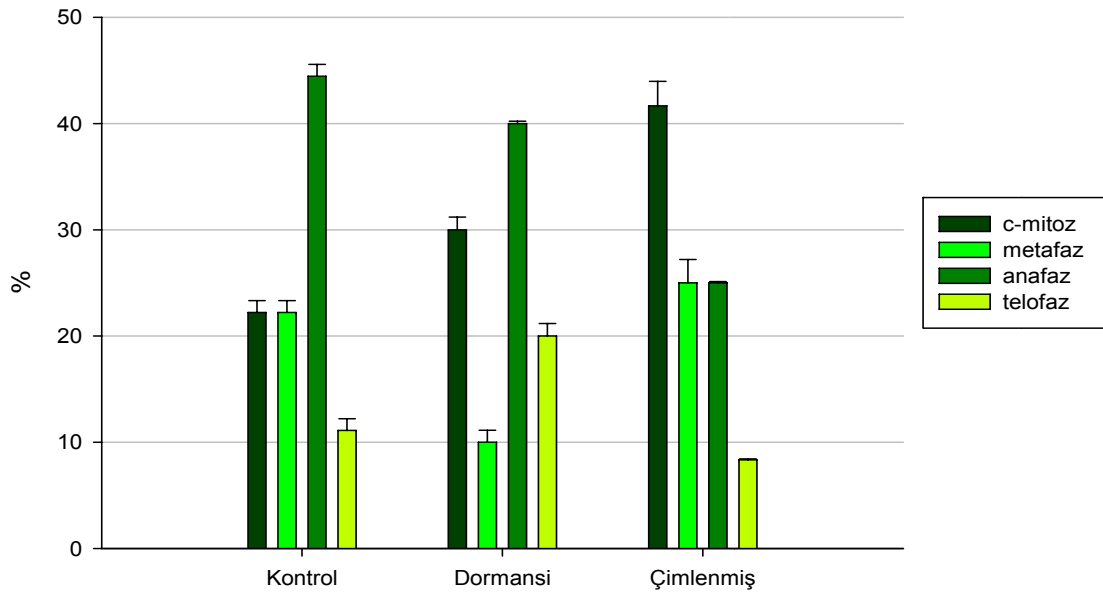
Şekil 5.4 Kontrol ve deney grubu için toplam anormal bölünen hücreler

Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz kalan mercimeklerin gelişme evresindeki anormal hücreler ve standart hata; c-mitoz, metofaz, anafaz ve telofaz evrelerine göre Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Anormal bölünen hücrelerin fazlara dağılımları

	c-mitoz(%)	Metafaz(%)	Anafazda(%)	Telofaz(%)
Kontrol	22.22±1.12	22.22±1.11	44.44±2.40	11.11±1.10
Dormansi	30.00±1.19	10.00±1.13	40.00±1.23	20.00±1.18
Çimlenmiş	41.67±2.30	25.00±2.20	25.00±1.12	8.33±0.18

Çizelge 5.3’de verilen değerler grafiksel olarak Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



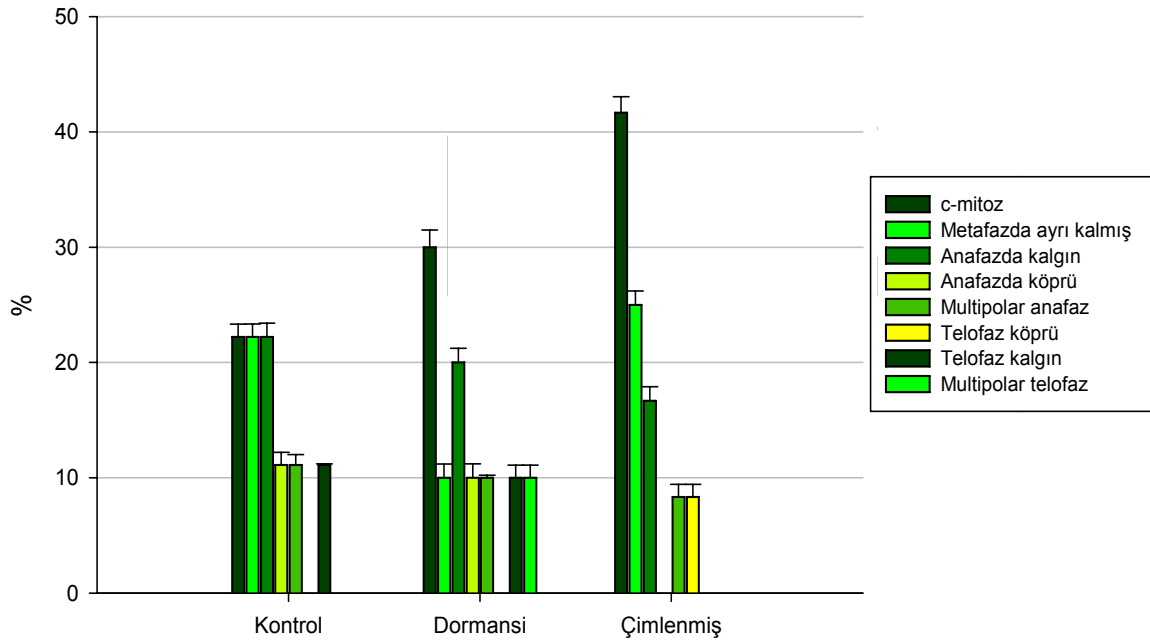
Şekil 5.5 Kontrol ve deney grubu için anormal bölünen hücre dağılımı

Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz kalan mercimek tohumlarında gelişme evrelerine göre tespit edilen anormallikler ve standart hata Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Fazlara göre anormallikler ve oranları

Bölünme Evreleri	Kontrol(%)	Dormansi(%)	Çimlenmiş(%)
c-mitoz	22.22±1.12	30.00±1.49	41.67±1.40
Metafazda Ayrı Kalmış	22.22±1.13	10.00±1.20	25.00±1.20
Anafaz Kalgın	22.22±1.18	20.00±1.23	16.67±1.23
Anafaz Köprü	11.11±1.10	10.00±1.21	0.00
Multipolar Anafaz	11.11±0.90	10.00±0.22	8.33±1.10
Telofaz Köprü	0.00	0.00	8.33±1.10
Telofaz Kalgın	11.11±0.10	10.00±1.10	0.00
Multipolar Telofaz	0.00	10.00±1.10	0.00

Çizelge 5.4’de verilen değerler grafiksel olarak Şekil 5.6’da verilmiştir.



Şekil 5.6 Gelişme evrelerine göre anormal bölünen hücrelerin oranları

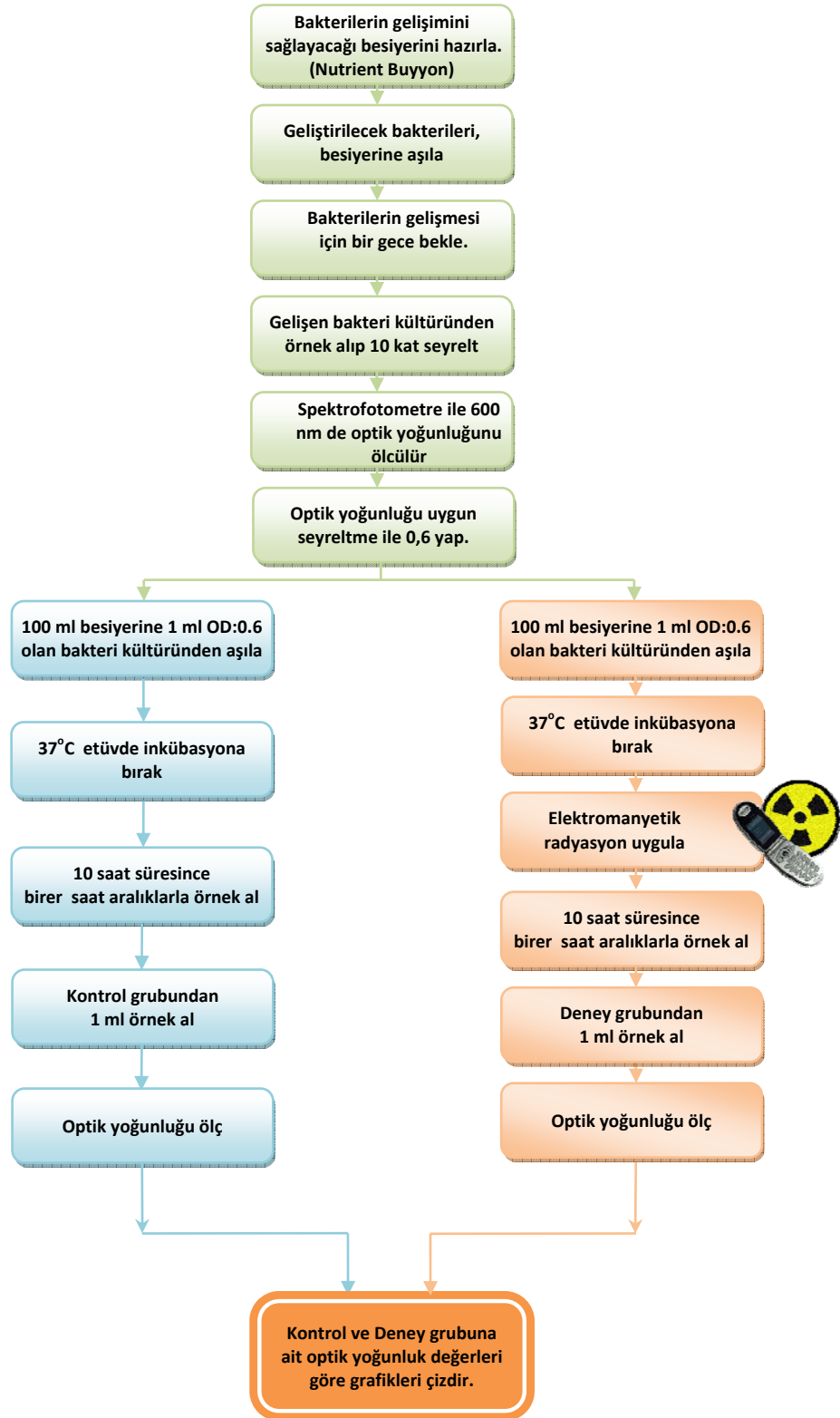
Yapılan deneylerde canlıların yaşamasal faaliyetlerinde önemli bir rol oynayan kromozomların, mobil telefonların yaymış olduğu elektromanyetik radyasyondan etkilendiği ve gelişim evrelerinde metafazda, c-mitoz, metafazda ayrı kalmış, anafazda köprü, multipolar anafazda anormal gelişen hücreler tespit edilmiştir.

5.3 Mobil Telefonların Yaydığı Elektromanyetik Radyasyonun Bakteri Gelişimi Üzerine Etkileri

Biyolojik yaşamın en kalabalık nüfusuna sahip olan bakteriler, yaşamsal faaliyetlerin tamamında rol almaktadırlar. Biyolojik yaşamın bu önemli üyelerinin günlük hayatta kullanılan mobil telefonların yaydığı radyasyondan etkilenip etkilenmediğinin araştırılması, bakteri popülasyonuna ne gibi etkilerinin olduğunu tespit etmek amacıyla deneyler yapılmıştır.

Yapılan deneylerde mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların bakteri gelişimi üzerine etkilerini araştırmak için *E. coli* ve *B. subtilis* bakterileri kullanılmıştır.

Öncelikle bakteri gelişimine olan etkilerin ortaya konulabilmesi için uygun besi yerlerinde bakterilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ilk önce *E. coli*'nin gelişimini sürdüreceği besiyeri hazırlanmıştır. Besiyeri olarak Bölüm 3'de belirtilen Nutrient Buyyon kullanılmıştır. Daha sonra bakteri kültürü, besiyerine aşılanarak bakterilerin yoğunlaşması sağlanmıştır. Bir gece önceden 37 °C'deki inkübatöre bırakılan bakteri kültüründen 10 kat seyreltilerek (1ml bakteri + 9 ml besiyeri) spektrofotometrede 600 nm dalga boyunda OD'si ölçülmüştür. Ölçüm sonucu OD₆₀₀= 0.24 olarak tespit edilmiştir. 10 kat seyreltilme ile 0.24 olan OD gerçekte 2,4'dür. Bakterilerin logaritmik faza gelme aşamasındaki OD'leri 0.6 civarındadır [99, 101]. Logaritmik faz Bölüm 3.2'de belirtildiği gibi bakterilerin gelişimlerinin en hızlı olduğu bölgedir. Bu nedenle kullanılan bakterilerin de OD sinin 0,6 olması için; 25 ml bakteri kültürü + 75 ml Nutrient Buyyon karışımı oluşturulmuştur. Daha sonra deney için kullanılmak üzere 200 ml besiyerine elde edilen bakteri kültüründen aşılama yapılarak bakteri ekimi gerçekleştirilmiştir. Erlendeki 200 ml'lik karışım iki adet 100 ml'lik erlene eşit olarak bölünmüştür. Başlangıç değerlerinin tespiti için OD₆₀₀ için 100 ml'lik tüpten 1 ml alınan örnekler spektrofotometre küvetine alınarak spektrofotometrede ölçüm yapılmıştır. Daha sonra 100 ml'lik erlenden birincisi 37 °C'de çalkalayıcı etüvde 1800 MHz'de mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmıştır, ikinci 100 ml'lik erlen ise 37 °C de başka bir etüvde kontrol amaçlı tutulmuştur. Deney süresince bu iki grup erlenden birer saat aralıklarla 10 saat süresince örnekler alınmıştır. Alınan örnekler bekletilmeden OD₆₀₀'de spektrofotometrede ölçülmüş ve ölçüm sonuçları kayıt edilmiştir. Bu deneyler *E. coli*, *B. subtilis* için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Deneyin akış şeması Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7 Bakteri deneyi akış şeması

Yapılan deneylerin doğruluğunun yüksek olması amacıyla deneylerde kullanılan bakteri kültürleri her deney için yenilenmiştir. Saf bakteri kültürü elde etmek için seyreltme yöntemi ve sürme metodu kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen koloniler büyük çoğunlukla saf kültür halindedir [99, 101]. Bakteri kültürünü yenilemek için 99 ml Nutrient Buyyona, 1 ml *E. coli* aşılanmıştır. Aşılanan bu 100 ml'lik buyyon 37 °C'de çalkalayıcı etüvde bir gece bekletilmiştir (Over Night: ON). Geliştirilen bu bakteri kültürü deneylerde kullanılmıştır. Bu işlem, bakteri gelişimi deneylerinden önce tekrarlanarak sürekli yeni bakteriler ile çalışılmıştır. Bu şekilde mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun bakteri gelişimi üzerine etkileri doğru bir şekilde tespit edilmeye çalışılmıştır. Bakterilerin yaşam eğrisi Bölüm 3'de Şekil 3.2'de verilmiştir.

Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun bakteri gelişimi üzerine etkilerinin araştırılması için gerçekleştirilen deneylerin tekrarlanabilir olduğunu göstermek ve sonuçların tutarlı olup olmadığını belirlemek için deneyler üç defa tekrar edilmiş ve elde edilen sonuçlar verilmiştir.

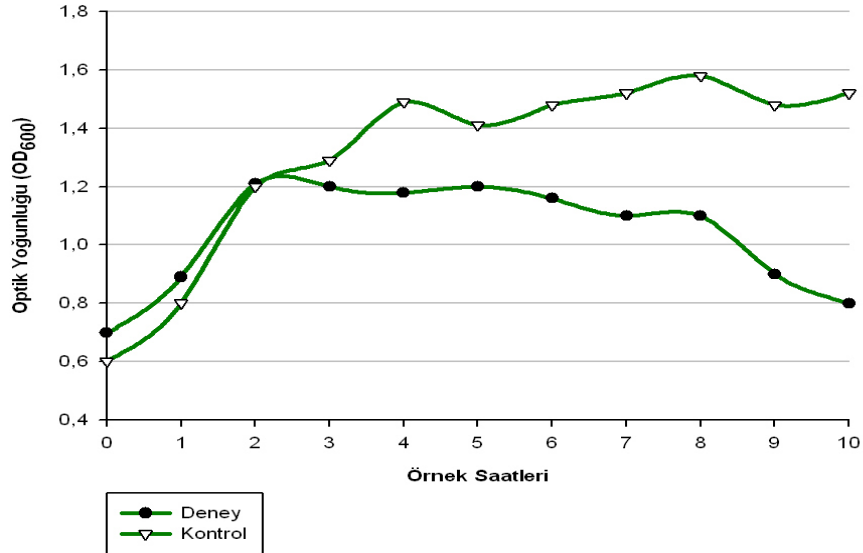
Deney sonuçları, Bölüm 3'de belirtilen *E. coli* ve *B. subtilis* bakterilerine ait ayrı çizelgelerde verilmiştir. Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun *E. coli*'nin gelişimi üzerine etkilerini araştırmak için yapılan deneysel çalışmaların sonuçları her bir deney için ayrı verilmiş ve en son olarak ortalaması verilmiştir.

İlk yapılan deneysel çalışmaya ait sonuçlar Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5 *E. coli* deneyinin 1. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD₆₀₀ sonuçları

KONTROL GRUBU				DENEY GRUBU			
Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)	Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)
0. saat	0.6	-	-	0. saat	0.65	-	-
1. saat	1.15	-	-	1. saat	0.95	-	-
2. saat	1.63	-	-	2. saat	1.25	-	-
3. saat	2.04	-	-	3. saat	1.23	-	-
4. saat	2.13	-	-	4. saat	1.14	-	-
5. saat	2.5	10 ⁻¹	100/900	5. saat	1.01	10 ⁻¹	100/900
6. saat	2.39	10 ⁻¹	100/900	6. saat	0.96	10 ⁻¹	100/900
7. saat	2.34	10 ⁻¹	100/900	7. saat	0.88	10 ⁻¹	100/900
8. saat	2.3	10 ⁻¹	100/900	8. saat	0.8	10 ⁻¹	100/900
9. saat	2.29	10 ⁻¹	100/900	9. saat	0.76	10 ⁻¹	100/900
10. saat	2.3	10 ⁻¹	100/900	10. saat	0.8	10 ⁻¹	100/900

Çizelge 5.5’de verilen değerlerin daha iyi anlaşılması ve değerlendirilmesi için sonuçlar Şekil 5.8’de grafiksel olarak verilmiştir.



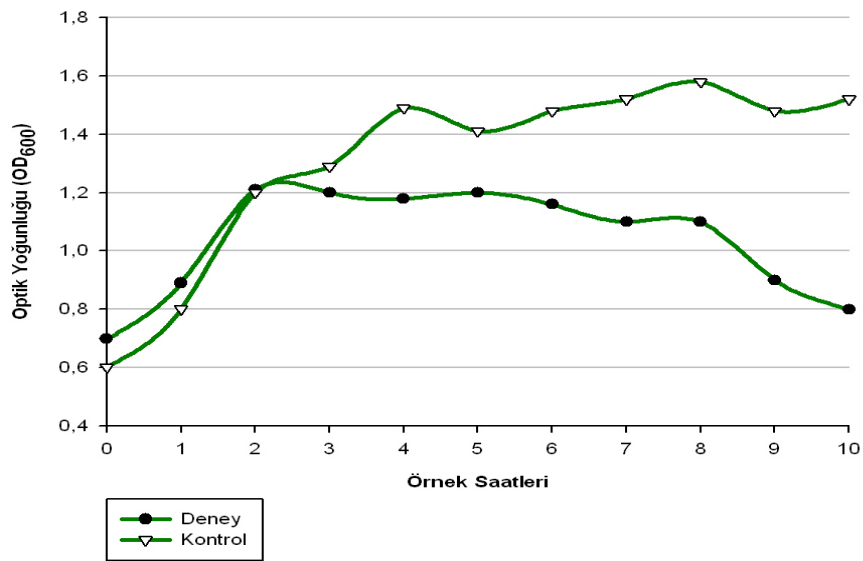
Şekil 5.8 *E. coli*’ye ait 1. tekrar deney sonuçları

Yapılan deneysel çalışmaların tekrarlanabilirliğini ve elde edilen deneysel sonuçların doğruluğunu göstermek için bu deney tekrar yapılmıştır ve ikinci tekrar sonuçları Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6 *E. coli* deneyinin 2. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD₆₀₀ sonuçları

KONTROL GRUBU				DENEY GRUBU			
Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)	Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)
0. saat	0.602	-	-	0. saat	0.70	-	-
1. saat	0.8	-	-	1. saat	0.89	-	-
2. saat	1.2	-	-	2. saat	1.21	-	-
3. saat	1.29	-	-	3. saat	1.20	-	-
4. saat	1.49	-	-	4. saat	1.18	-	-
5. saat	1.41	10 ⁻¹	100/900	5. saat	1.20	10 ⁻¹	100/900
6. saat	1.48	10 ⁻¹	100/900	6. saat	1.16	10 ⁻¹	100/900
7. saat	1.52	10 ⁻¹	100/900	7. saat	1.10	10 ⁻¹	100/900
8. saat	1.58	10 ⁻¹	100/900	8. saat	1.10	10 ⁻¹	100/900
9. saat	1.48	10 ⁻¹	100/900	9. saat	0.90	10 ⁻¹	100/900
10. saat	1.52	10 ⁻¹	100/900	10. saat	0.80	10 ⁻¹	100/900

Çizelge 5.6’da verilen değerlerin grafiksel gösterimi Şekil 5.9’da verilmiştir.



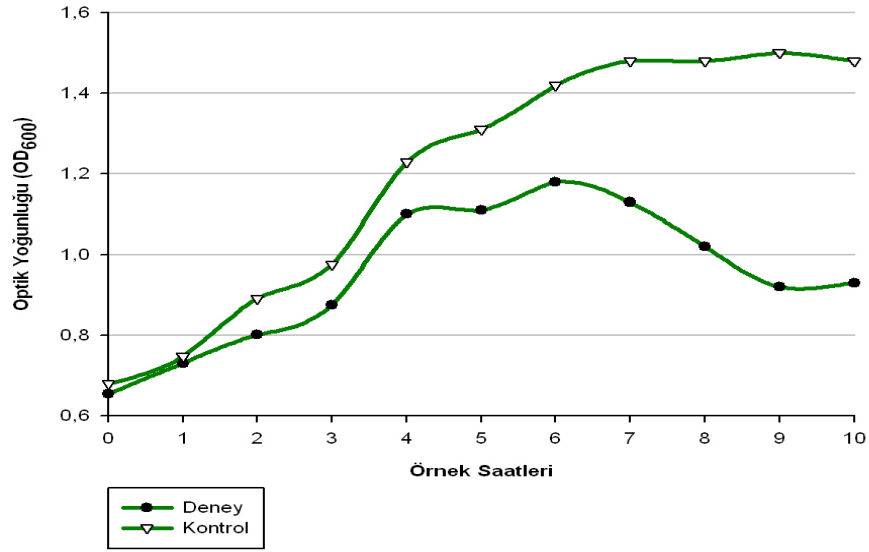
Şekil 5.9 *E. coli*’ye ait 2. tekrar deney sonuçları

Yapılan deneylerde Çizelge 5.7’de 3. tekrar deneyine ait sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 5.7 *E. coli* deneyinin 3. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD₆₀₀ sonuçları

KONTROL GRUBU				DENEY GRUBU			
Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)	Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)
0. saat	0.68	-	-	0. saat	0.654	-	-
1. saat	0.747	-	-	1. saat	0.73	-	-
2. saat	0.891	-	-	2. saat	0.801	-	-
3. saat	0.975	-	-	3. saat	0.875	-	-
4. saat	1.23	-	-	4. saat	1.1	-	-
5. saat	1.31	10 ⁻¹	100/900	5. saat	1.11	10 ⁻¹	100/900
6. saat	1.42	10 ⁻¹	100/900	6. saat	1.18	10 ⁻¹	100/900
7. saat	1.48	10 ⁻¹	100/900	7. saat	1.13	10 ⁻¹	100/900
8. saat	1.48	10 ⁻¹	100/900	8. saat	1.02	10 ⁻¹	100/900
9. saat	1.5	10 ⁻¹	100/900	9. saat	0.92	10 ⁻¹	100/900
10. saat	1.48	10 ⁻¹	100/900	10. saat	0.93	10 ⁻¹	100/900

Çizelge 5.7’de mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmış olan *E. coli*’ye ait 3.tekrar deneysel sonuçlar verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü üzere 5. saat’ten sonra daha hassas ölçüm yapabilmek, spektrofotometrenin ölçtüğü değerlerdeki hata miktarını azaltmak için 10⁻¹ oranında seyreltme yapılmıştır.



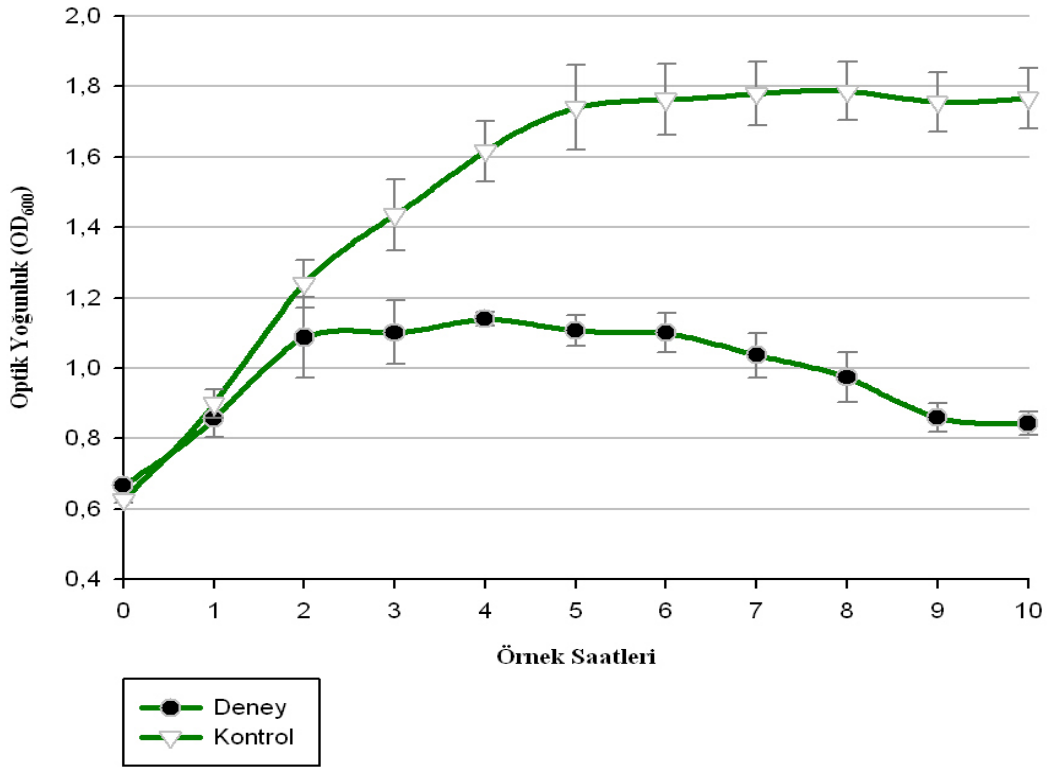
Şekil 5.10 *E. coli*'ye ait 3. tekrar deney sonuçları

Latent dönemindeki bakterilerin gelişimi, bakterilerin bulunduğu ortama adaptasyon sırasında yüksek oranda bakteri ölümlerinden dolayı zaman zaman azalmalar görülebilmektedir. Bakterilerin latent dönemindeki ortama adaptasyon sürecindeki bakteri ölümlerinin yanlış yorumlanmaması için bakteriler logaritmik faza geldikten sonraki sonuçlar yorumlanmıştır.

Çizelge 5.8 *E. coli* için deney ve kontrol grubu ortalama OD₆₀₀ sonuçları

KONTROL GRUBU				DENEY GRUBU			
Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)	Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)
0. saat	0.627±0.0083	-	-	0. saat	0,6673±0.0121	-	-
1. saat	0.899±0.0401	-	-	1. saat	0,8567±0.0519	-	-
2. saat	1.240±0.0681	-	-	2. saat	1,0870±0.1134	-	-
3. saat	1.435±0.1003	-	-	3. saat	1,1017±0.0898	-	-
4. saat	1.617±0.0849	-	-	4. saat	1,1400±0.0182	-	-
5. saat	1.740±0.1211	10 ⁻¹	100/900	5. saat	1,1067±0.0433	10 ⁻¹	100/900
6. saat	1.763±0.0997	10 ⁻¹	100/900	6. saat	1,1000±0.0555	10 ⁻¹	100/900
7. saat	1.780±0.0890	10 ⁻¹	100/900	7. saat	1,0367±0.0623	10 ⁻¹	100/900
8. saat	1.787±0.0820	10 ⁻¹	100/900	8. saat	0,9733±0.0709	10 ⁻¹	100/900
9. saat	1.757±0.0847	10 ⁻¹	100/900	9. saat	0,8600±0.0398	10 ⁻¹	100/900
10. saat	1.767±0.0848	10 ⁻¹	100/900	10. saat	0,8433±0.0342	10 ⁻¹	100/900

E. coli'ye ait deney sonuçlarındanda görüldüğü gibi bakteriler logaritmik faza geldikten sonra deneye başlanmıştır. Çizelge 5.8'deki değerler ve standart hata Şekil 5.11'de grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 5.11 *E. coli*'ye ait ortalama deney sonuçları

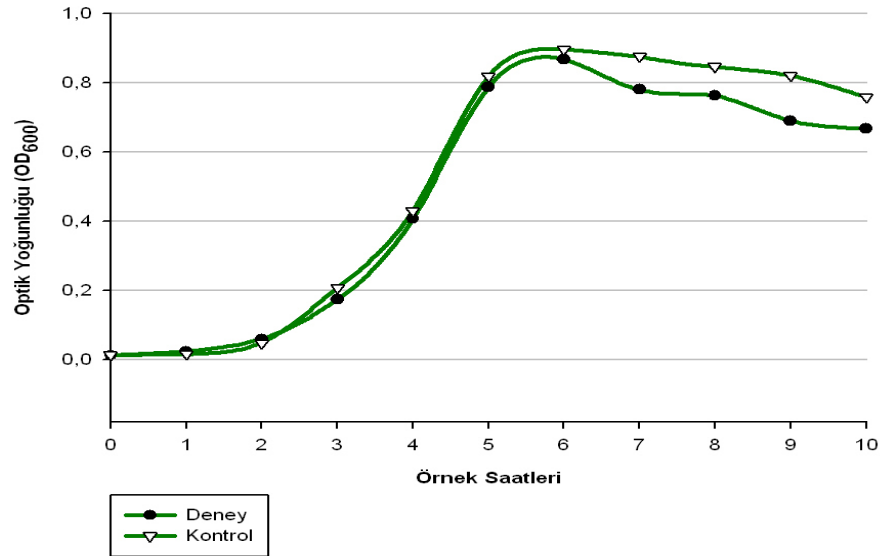
E. coli ile yapılan tüm deneylerde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Mobil telefonların yaymış olduğu elektromanyetik radyasyonun etkilerinin incelenmesi için *E. coli*'den sonra aynı deneyler *B. subtilis* için tekrarlanmıştır.

Çizelge 5.9'da mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmış olan *B. subtilis* ait sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 5.9 *B. subtilis* deneyinin 1. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD₆₀₀ sonuçları

KONTROL GRUBU				DENEY GRUBU			
Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)	Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)
0. saat	0.013	-	-	0. saat	0.013	-	-
1. saat	0.016	-	-	1. saat	0.024	-	-
2. saat	0.048	-	-	2. saat	0.059	-	-
3. saat	0.208	-	-	3. saat	0.174	-	-
4. saat	0.43	-	-	4. saat	0.407	-	-
5. saat	0.819	-	-	5. saat	0.788	-	-
6. saat	0.897	-	-	6. saat	0.868	-	-
7. saat	0.876	-	-	7. saat	0.78	-	-
8. saat	0.846	-	-	8. saat	0.763	-	-
9. saat	0.821	-	-	8. saat	0.69	-	-
10 saat	0.759	-	-	10. saat	0.667	-	-

Çizelge 5.9’da verilen *B. subtilis* için deney sonuçları grafiksel olarak Şekil 5.12’de görülmektedir.



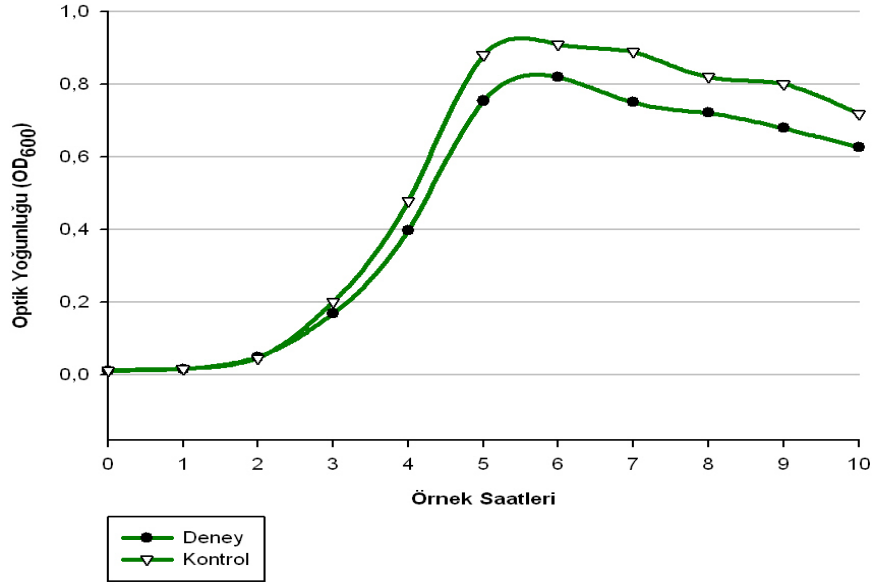
Şekil 5.12 *B. subtilis*’e ait 1. tekrar deney sonuçları

Çizelge 5.9’da görüldüğü gibi *B. subtilis* popülasyonu *E. coli* kadar yoğunlaşmamıştır. *B. subtilis* spektrofotometrenin ölçme hatası yapacağı kadar yoğun olmadığı için herhangi bir seyreltmeye ihtiyaç duyulmamıştır. Spektrofotometre ile *B. subtilis*’in optik yoğunluğu, alınan örnekler seyreltilmeden doğrudan küvetlere yerleştirilerek gerçekleştirilmiştir. *B. subtilis* için deneyler tekrar edilmiş ve deney sonuçları Çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.10 *B. subtilis* deneyinin 2. tekrarı için deney ve kontrol grubu OD₆₀₀ sonuçları

KONTROL GRUBU				DENEY GRUBU			
Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derce	Oranı (µl)	Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oranı (µl)
0. saat	0.012	-	-	0. saat	0.011	-	-
1. saat	0.017	-	-	1. saat	0.016	-	-
2. saat	0.046	-	-	2. saat	0.048	-	-
3. saat	0.201	-	-	3. saat	0.169	-	-
4. saat	0.478	-	-	4. saat	0.398	-	-
5. saat	0.880	-	-	5. saat	0.754	-	-
6. saat	0.910	-	-	6. saat	0.820	-	-
7. saat	0.890	-	-	7. saat	0.751	-	-
8. saat	0.820	-	-	8. saat	0.721	-	-
9. saat	0.801	-	-	8. saat	0.679	-	-
10 saat	0.719	-	-	10. saat	0.627	-	-

Çizelge 5.10’da verilen değerler Şekil 5.13’de grafiksel olarak gösterilmiştir.



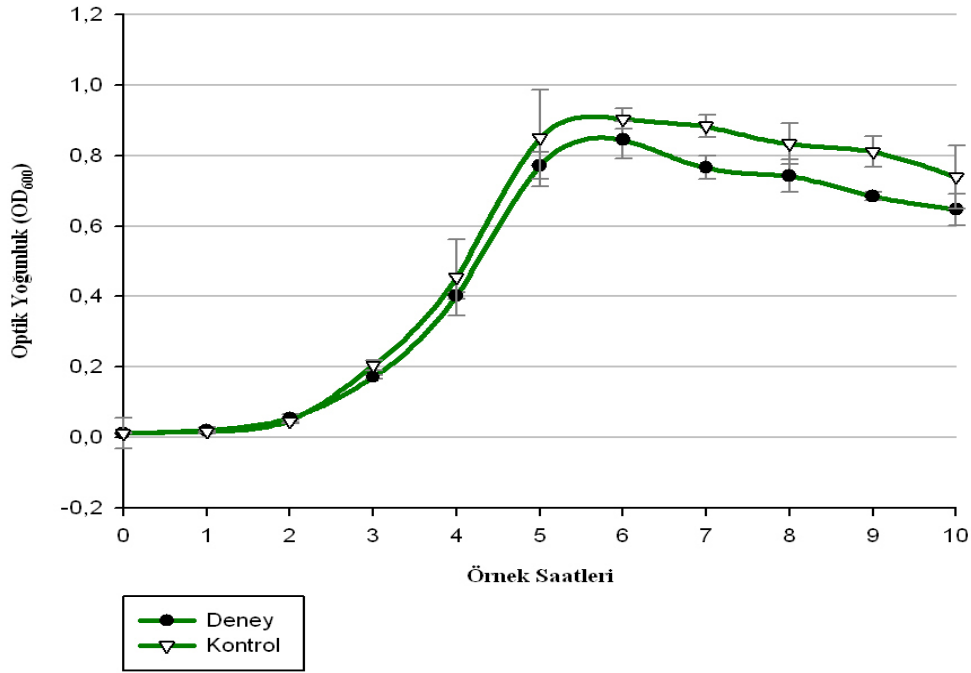
Şekil 5.13 *B. subtilis*'e ait 2. tekrar deney sonuçları

B. subtilis için yapılan deneylerin ortalama değerleri ve standart hata Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11 *B. subtilis* deneyinin deney ve kontrol grubu ortalama OD₆₀₀ sonuçları

KONTROL GRUBU				DENEY GRUBU			
Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oran (µl)	Örnek Saatler	OD ₆₀₀ Ölçüm Sonuçları	Seyreltme Derece	Oran (µl)
0. saat	0.0125±0.0011	-	-	0. saat	0.0120±0.0022	-	-
1. saat	0.0165±0.0011	-	-	1. saat	0.0200±0.0089	-	-
2. saat	0.0470±0.0022	-	-	2. saat	0.05350±0.0122	-	-
3. saat	0.2045±0.0078	-	-	3. saat	0.1715±0.0055	-	-
4. saat	0.4540±0.0536	-	-	4. saat	0.4025±0.0100	-	-
5. saat	0.8495±0.0682	-	-	5. saat	0.7710±0.0380	-	-
6. saat	0.9035±0.0145	-	-	6. saat	0.8440±0.0536	-	-
7. saat	0.8830±0.0156	-	-	7. saat	0.7655±0.0324	-	-
8. saat	0.8330±0.0290	-	-	8. saat	0.7420±0.0469	-	-
9. saat	0.8110±0.0223	-	-	8. saat	0.6845±0.0122	-	-
10 saat	0.7390±0.0447	-	-	10. saat	0.6470±0.0447	-	-

B. subtilis için yapılan deneylerin ortalama OD₆₀₀ değerleri Şekil 5.14’de gösterilmiştir.



Şekil 5.14 *B. subtilis*’e ait ortalama deney sonuçları

Yapılan deneyler ile mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun bakterilerin gelişmesi üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlardan görüldüğü gibi *E. coli* ile *B. subtilis*’in mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyondan farklı oranlarda etkilendiği tespit edilmiştir.

5.4 Mobil Telefonların Yaydığı Elektromanyetik Radyasyonun Enzim Aktivitesine Etkileri

Enzimler, biyolojik katalizör olmaları nedeniyle canlılarda oldukça önemli yaşam etkenlerinden biridir. Enzimler biyolojik varlıklardaki kimyasal tepkimelerde katalizör görevi yaparak kimyasal tepkimenin hızlı gerçekleşmesini sağlarlar ve tepkime sonunda tekrar eski haline gelirler. Enzimlerin biyolojik olaylardaki bu önemli görevi nedeniyle yaşamsal fonksiyonların devamı için oldukça önemlidir [109]. Enzimlerin varlıkları, etkinlikleri, mekanizmalarını belirleyebilmek için enzim aktivitelerinin ölçülmesi gerekmektedir. Biyolojik varlıklarda günümüze kadar birçok enzim tespit edilmiş ve bu enzimlere ait aktivite tespit yöntemleri geliştirilmiştir [102]. Enzim aktivitesinin tespiti belirli zaman aralığı içinde, enzimin katalizör görevi gördüğü reaksiyon sonucunda ortamda oluşan ürünün oluşma hızı veya substratın kullanım hızıdır.

Bu etkileri araştırmak için Laktak dehidrogenaz (*LDH*) enziminin üretilmesi ve kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle ticari bir vektör olan *PKK223-3* vektörü, transformasyon yöntemi ile bakterinin plazmid DNA'sına aktarılmış olan ticari *E. coli* kullanılmıştır. *PKK223-3* vektörünün aktarılması ile birlikte normalde *E. coli*'de bulunmayan *LDH* enzimini üreten geni de *E. coli*'nin plazmid DNA'sına aktarılmıştır. Ayrıca bu aktarılan *PKK223-3* vektörü ile *E. coli* ampfilin antibiyotiğine karşı direnç kazanmasını da sağlamıştır.

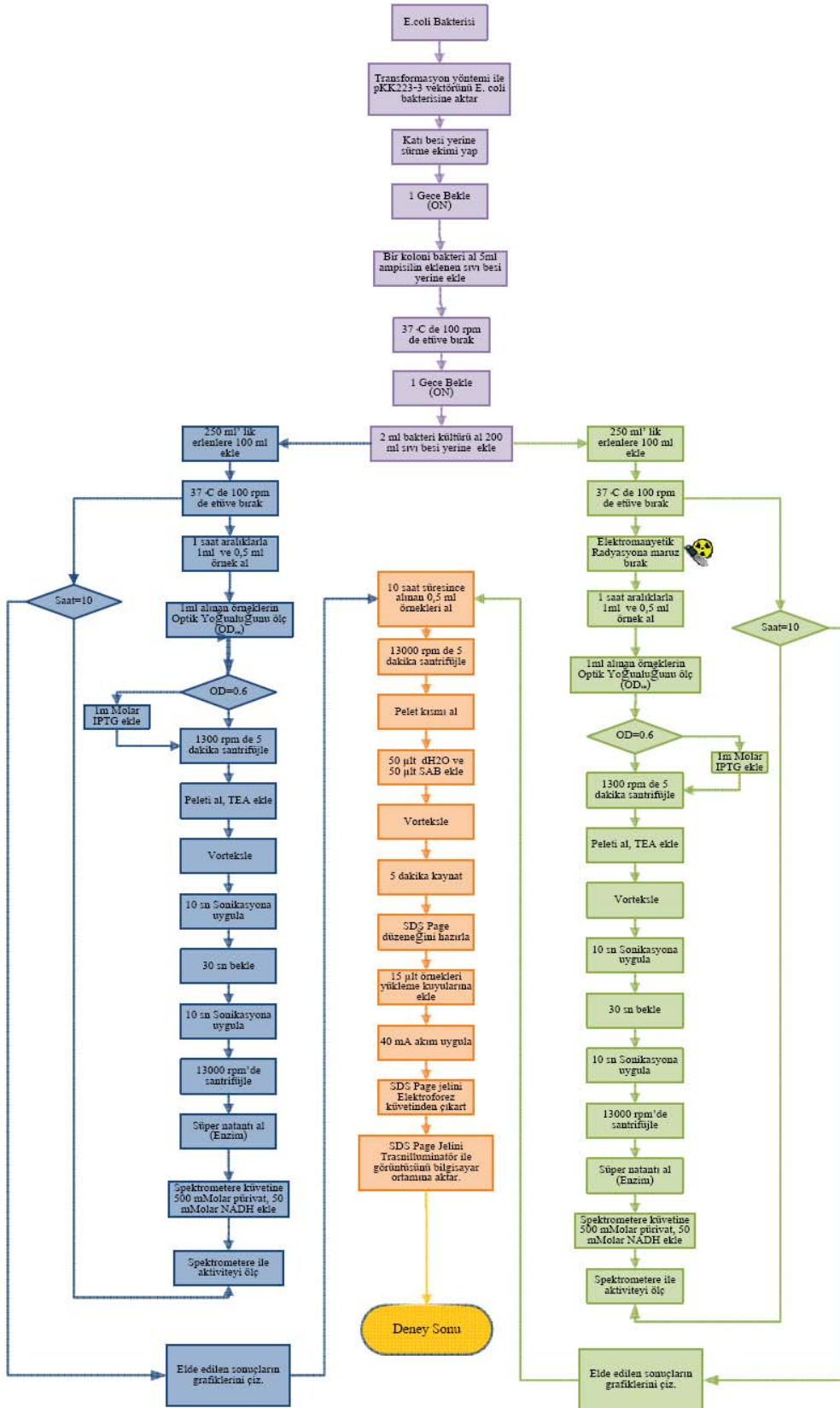
Elde edilen bu bakteriden kültür elde etmek için hazırlanan minimal agar besiyeri, petrilere dökülmüştür. Daha sonra öze yardımı ile bu petrilere sürme ekimi yapılmış ve bir gece bekletilmiştir. Ertesi gün bir gece bekletilmiş olan petrilere ekilen bakterilerden bir koloni, içine 100 µg /ml. ampisilin ilave edilmiş 5 ml 2xYT buyyona alınmıştır. Besiyerine ampisilin ilave edilmesindeki amaç, *E. coli*'nin ampisilin antibiyotiğine karşı direnç kazanmasını sağlamaktır. Ampsiline karşı direnç kazanan *E. coli*'nin bulunduğu besiyerine (2xYT Buyyon), deneyde kullanacağımız *E. coli*'den başka yabancı bakteri üremesini engellemek amacıyla 100 µg/ml ampisilin antibiyotiği eklenmiştir. Bakterilerin gelişmesini sağlamak için çalkalayıcı etüvde 1 gece 37 °C'de 100 rpm'de bekletilmiştir. Bir gece bekletilen ve geliştirilen bakteri kültüründen 2 ml bakteri kültürü alınmış ve 200 ml 2xYT-buyyona aşılanmıştır. Aşılanan besiyerleri daha sonra 100'er ml'lik 2 ayrı gruba ayrılmış ve 250 ml'lik erlenlere bırakılmıştır. Birinci erlen kontrol grubu olarak çalkalayıcı etüve 37 °C'de 100 rpm de inkübasyona bırakılmıştır. İkinci grup ise hazırlanan mobil telefon düzeneği ile birlikte 37 °C'de 100 rpm de çalkalayıcı etüve konulmuş ve sürekli mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz bırakılmıştır. Bu iki bakteri grubundan birer saat aralıklarla 1 ml spektrofotometre ile OD ölçümü için, 1ml enzim aktivitesi için ve 0,5 ml SDS-PAGE için örnekler ependorf tüplere konmuş ve işlem yapılınca kadar buzdolabında korunmuştur. 10 saat süresince bu işlem tekrar edilerek örnekler alınmıştır.

Alınan örneklerin spektrofotometre ile OD'si ölçülerek bakterinin log faza gelip gelmediği kontrol edilmiştir (Log faz= $OD_{600} \approx 0.6$). $OD_{600} = 0.6$ olunca erlenlere 1m Molar IPTG (Isopropil-B-D-thiogaltopiranosid) eklenerek bakterilerin protein üretimi teşvik edilmiştir. Alınan bu örnekler daha sonra enzim aktivitesinin ölçülmesi ve SDS-PAGE için kullanılmıştır. Enzim aktivitesinin ölçülmesi için her saat alınan örnekler teker teker sırasıyla. 13000 rpm'de 5 dakika santrifüjlenerek besiyeri içinde bulunan bakteriler merkez kaç kuvveti ile ependorf tüplerin dibine çöktürölmüştür. Daha sonra tüp içindeki süpernatant dökölmüş ve ependorf tüp içinde sadece pelet bırakılmıştır (Tüpün içinde dibe çöken kısma pelet, sıvı kısma ise süpernatant denir). Ependorf tüplerdeki peletlere tampon olarak TEA eklenmiş ve vortekslenmiştir. Daha sonra bakteri hücrelerindeki proteinleri serbest bırakmak için hücre duvarının parçalanması işlemi gerçekteştirilmiştir. Bu işlem için TEA eklenmiş bakteriler 10 sn

sonikasyona tabi tutulmuş 30 sn bekletilmiş ve tekrar 10 sn sonikasyon işlemine tabi tutulmuştur. Sonikasyon işlemi sırasında, cihazın üretmiş olduğu ses dalgalarının etkisi ile hareket eden hücreler birbirleri ile çarpışmakta ve sürtünmeden dolayı bakterilerin bulunduğu ortam aşırı ısınmaktadır. Sıcaklık artışı ise aktif olan proteini inaktif duruma getirmektedir. Bu nedenle sıcaklık artışı istenmeyen bir durumdur. Sıcaklık artışını engellemek için sonikasyon işlemi sırasında ependorf tüpler soğutulmuş (buz haznesi içinde tutulmuş) ve sonikasyon işlemi esnasında 30 sn beklenilmiştir. Sonikasyon işlemi sonunda tüp içerisinde bulunan bakterilerin hücre duvarları parçalanmış ve bakteri artıkları ve proteinler TEA içine dağılmıştır. Ependorf tüp içinde bulunan bakteri artıkları ile proteinleri ayırmak için tüpler 13000 rpm’de 10 dakika sentrifüjlenmiştir. Enzim aktivitesinin ölçümü için süpernatant alınmış ve pelet atılmıştır. Son durumda elimizde saf proteinler bulunmaktadır. UNICAM UV-Visible spektrofotometre kullanılarak NADH’nın NAD^+ ’ye çevrilmesi ile 340 nm’deki absorbans değişim oranı takip edilerek LDH aktivitesi tayini yapılmıştır.

Bütün reaksiyonlar 50 mM KCl içeren 20 mM Bis-Tris solüsyonu, pH: 6.0 ile 25 °C’de gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon için 500 mM pürivat ve 50 mM NADH kullanılmıştır. 1 ml’lik spektrofotometre küvetine enzim ve NADH solüsyonları bırakılmış ve en son pürivat ilavesi ile küvet içerisinde reaksiyon başlatılmıştır. Spektrofotometrenin, spektro küvetinde gerçekleşen bu reaksiyonu ölçmesi sağlanmıştır. Bu işlemler her saat alınan deney ve kontrol grupları için yapılmıştır. Deneyin akış diyagramı Şekil 4.4’de verilmiştir.

Enzim aktivitesinin ölçülmesi deneyi 3 defa tekrar edilmiştir.



Şekil 5.15 Enzim aktivitesi deneyi akış şeması

5.4.1 Enzim Aktivitesi Deney Sonuçları

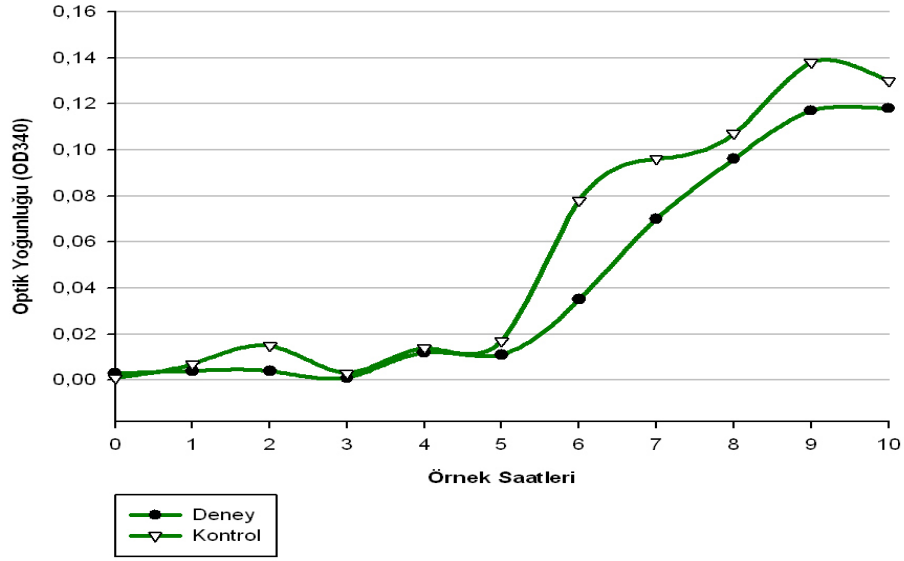
Deney toplam 10 saat sürmüştür. 10 saat süresince her saat başı hem deney hemde kontrol grubundan örnekler alınmıştır. Saat başı alınan örneklerin optik yoğunluğu 340 nanometre dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede ölçülmüş, deney ve kontrol grubu örneklerinin ölçüm sonuçları Çizelge 5.11, 5.12, 5.13’de verilmiştir.

Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun enzim aktivitesi üzerine etkilerini görebilmek amacıyla deneyler üç defa tekrar edilmiştir. Yapılan tüm deney sonuçları ayrı ayrı değerlendirilmiş ve en son olarak da ortalama değerleri verilmiştir (Çizelge 5.14).

Çizelge 5.12’de birinci deneye ait OD₃₄₀ değerleri deney ve kontrol grubu için verilmiştir. Verilen sayısal değerler grafiksel olarak çizilmiş ve Şekil 5.16’da gösterilmiştir. Bu işlem tekrar deneyleri için de gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.12 LDH enzim aktivitesinin spektrofotometre 1. ölçüm sonuçları

KONTROL GRUBU		DENEY GRUBU	
Örnek Saatler	OD ₃₄₀ Ölçüm Sonuçları	Örnek Saatler	OD ₃₄₀ Ölçüm Sonuçları
0. saat	0.001	0. saat	0.003
1. saat	0.007	1. saat	0.004
2. saat	0.015	2. saat	0.004
3. saat	0.003	3. saat	0.001
4. saat	0.014	4. saat	0.012
5. saat	0.017	5. saat	0.011
6. saat	0.078	6. saat	0.035
7. saat	0.096	7. saat	0.07
8. saat	0.107	8. saat	0.096
9. saat	0.138	8. saat	0.117
10 saat	0.13	10. saat	0.118

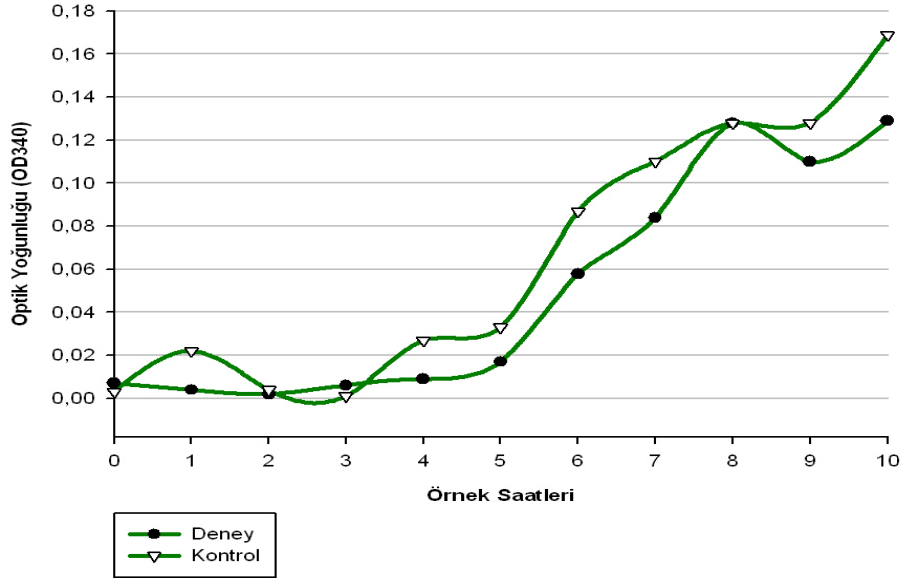


Şekil 5.16 LDH enzim aktivitesinin 1. ölçüm sonuçları

Enzim aktivitesi deneyi 2. kez tekrar edilmiş ve 2. tekrar deneyine ait OD₃₄₀ ölçüm sonuçları Çizelge 5.13’de verilmiş ve grafiksel olarak da Şekil 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.13 LDH enzim aktivitesinin spektrofotometre 2. ölçüm sonuçları

KONTROL GRUBU		DENEY GRUBU	
Örnek Saatler	OD ₃₄₀ Ölçüm Sonuçları	Örnek Saatler	OD ₃₄₀ Ölçüm Sonuçları
0. saat	0.003	0. saat	0.007
1. saat	0.022	1. saat	0.004
2. saat	0.004	2. saat	0.002
3. saat	0.001	3. saat	0.006
4. saat	0.027	4. saat	0.009
5. saat	0.033	5. saat	0.017
6. saat	0.087	6. saat	0.058
7. saat	0.11	7. saat	0.084
8. saat	0.128	8. saat	0.128
9. saat	0.128	8. saat	0.11
10 saat	0.169	10. saat	0.129

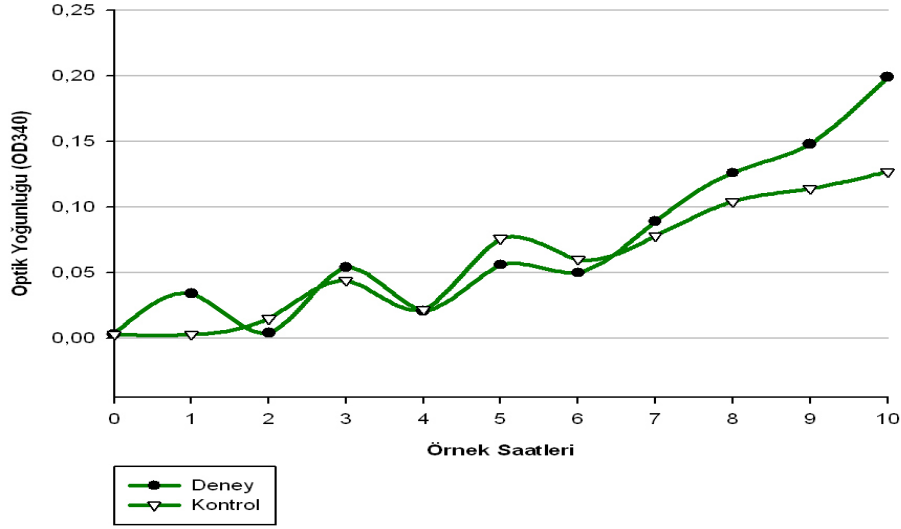


Şekil 5.17 LDH enzim aktivitesinin 2. tekrar sonuçları

Enzim aktivitesi deneyi 3. kez tekrar edilmiş ve 3. tekrar deneyine ait OD₃₄₀ ölçüm sonuçları Çizelge 5.14’de verilmiş ve grafiksel olarak da Şekil 5.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.14 LDH enzim aktivitesinin spektrofotometre 3. ölçüm sonuçları

KONTROL GRUBU		DENEY GRUBU	
Örnek Saatler	OD ₃₄₀ Ölçüm Sonuçları	Örnek Saatler	OD ₃₄₀ Ölçüm Sonuçları
0. saat	0,003	0. saat	0,003
1. saat	0,006	1. saat	0,003
2. saat	0,004	2. saat	0,0015
3. saat	0,026	3. saat	0,013
4. saat	0,052	4. saat	0,041
5. saat	0,076	5. saat	0,056
6. saat	0,072	6. saat	0,07
7. saat	0,089	7. saat	0,078
8. saat	0,126	8. saat	0,104
9. saat	0,148	8. saat	0,114
10 saat	0,199	10. saat	0,127

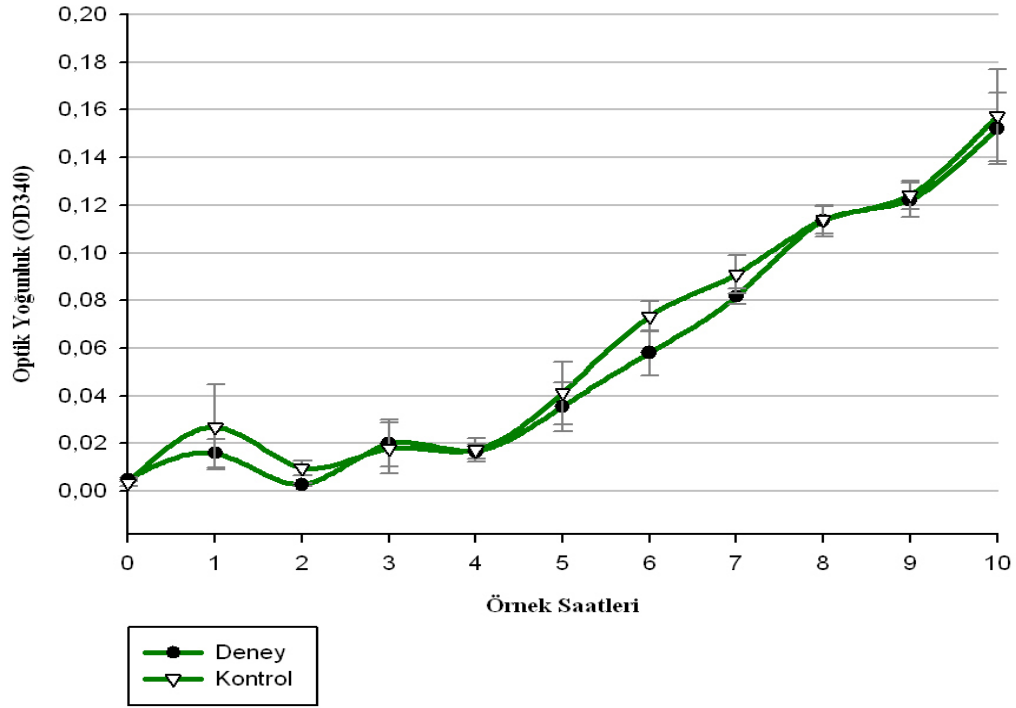


Şekil 5.18 LDH enzim aktivitesinin 3. tekrar sonuçları

Yapılan mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun enzim aktivitesi üzerine etkisi deneyi üçkez tekrar edildikten sonra ortalama değerleri alınarak OD₃₄₀ ölçüm sonuçları Çizelge 5.15’de verilmiş ve Şekil 5.19’da grafiksel olarak çizdirilmiştir.

Çizelge 5.15 LDH enzim aktivitesinin spektrofotometre ortalama ölçüm sonuçları

KONTROL GRUBU		DENEY GRUBU	
Örnek Saatler	OD ₃₄₀ Ölçüm Sonuçları	Örnek Saatler	OD ₃₄₀ Ölçüm Sonuçları
0. saat	0.0035±0.00133	0. saat	0.0050±0.00952
1. saat	0.0270±0.01782	1. saat	0.0160±0.00605
2. saat	0.0098±0.00321	2. saat	0.0028±0.00618
3. saat	0.0180±0.01070	3. saat	0.0200±0.00984
4. saat	0.0173±0.00487	4. saat	0.0168±0.00309
5. saat	0.0413±0.01321	5. saat	0.0355±0.01028
6. saat	0.0733±0.00622	6. saat	0.0580±0.00937
7. saat	0.0910±0.00794	7. saat	0.0818±0.00337
8. saat	0.1138±0.00570	8. saat	0.1135±0.00657
9. saat	0.1243±0.00580	8. saat	0.1223±0.00717
10 saat	0.1575±0.01928	10. saat	0.1523±0.01507



Şekil 5.19 LDH enzim aktivitesinin ortalama sonuçları

Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun, total protein ve LDH'a etkilerini görebilmek için deneyden saat başı alınan örneklerle SDS-PAGE (Sodyum Dodesil Süfat Poliakrilamid Jel Elektroforezi) yapılmıştır.

Deney ve kontrol grubundan saat başı alınan örnekler SDS-PAGE için hazırlanmıştır. Öncelikle ependorf tüplerde bulunan örnekler 13000 rpm'de 5 dakika santrifüjlenerek besiyeri içinde bulunan bakteriler çöktürülmüştür. Santrifüjlenen tüplerden, süpernatant atılmış ve pelet alınmıştır. Elde edilen pelete 50 µl dH₂O eklenerek peletin çözülmesi sağlanmış ve daha sonra 50 µl SAB (Sample Amplification Buffer) ilave edilmiştir. Daha sonra elde edilen karışımın homojen olması için ependorf içinde bulunan karışım vortekslenmiş ve 5 dakika süresince kaynatılmıştır. Kaynama süresince, SDS-PAGE için yükleme jeli ve ayırma jelleri hazırlanmış, oluşturulan yükleme kuyularına kaynatılan karışımdan 15 µl yüklenmiş ve 40 mA akım ile SDS-PAGE yapılmıştır. SDS-PAGE'de kuyulara yüklenecek maddelerin yükleme düzeni Şekil 5.20'de verilmiştir.

KONTROL GRUBU SDS-PAGE YERLEŞİM DÜZENİ

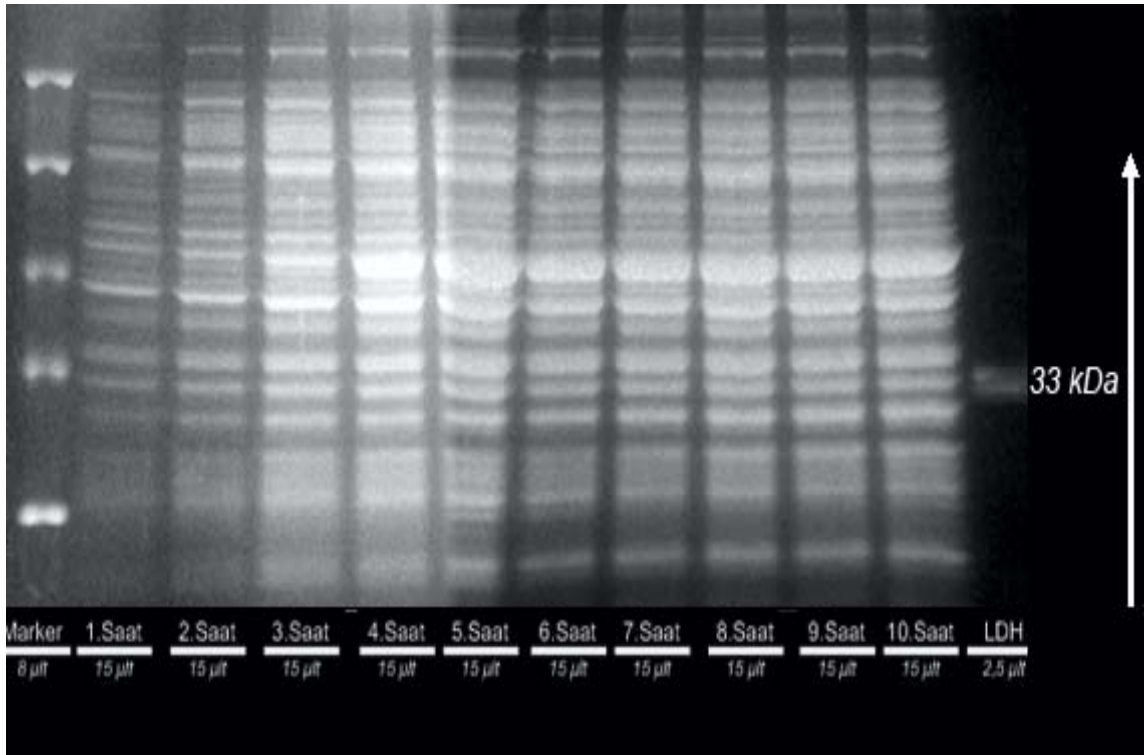
Marker	1.Saat	2.Saat	3.Saat	4.Saat	5.Saat	6.Saat	7.Saat	8.Saat	9.Saat	10.Saat	LDH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

DENEY GRUBU SDS-PAGE YERLEŞİM DÜZENİ

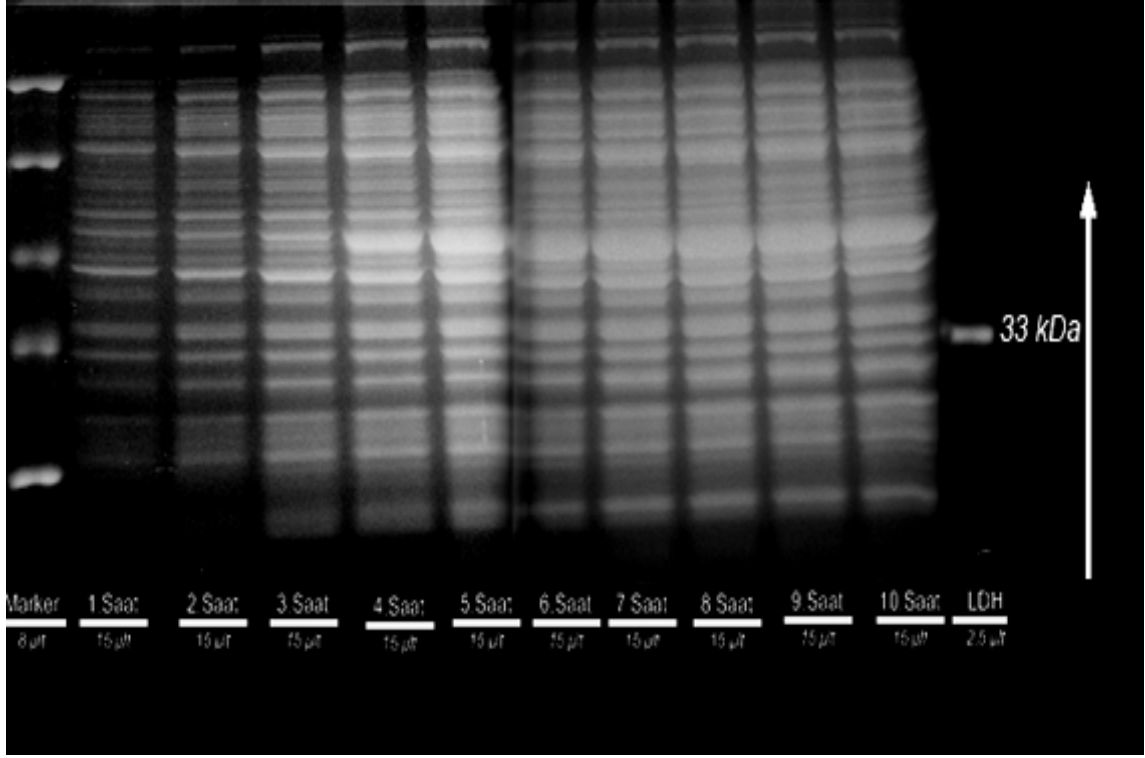
Marker	1.Saat	2.Saat	3.Saat	4.Saat	5.Saat	6.Saat	7.Saat	8.Saat	9.Saat	10.Saat	LDH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Şekil 5.20 SDS-PAGE düzeni, kontrol grubu ve deney grubu SDS-PAGE yerleşimi aynı şekilde yapılmıştır.(1) Markır; (2-11) Saat başı alınan örnekler; (12) saf LDH enzimi

Örnekler Şekil 5.20'deki düzende yerleştirildikten sonra SDS-PAGE işlemi başlatılmıştır. Elde edilen jel görüntülerinin, fotoğrafları UV transilluminator ile çekilmiş ve kontrol grubu SDS -PAGE görüntüsü Şekil 5.21'de, deney grubu SDS-PAGE görüntüsü Şekil 5.22'de verilmiştir.



Şekil 5.21 Enzim aktivite deneyi, kontrol grubu SDS-PAGE jel görüntüsü



Şekil 5.22 Enzim aktivite deneyi, deney grubu SDS-PAGE jel görüntüsü

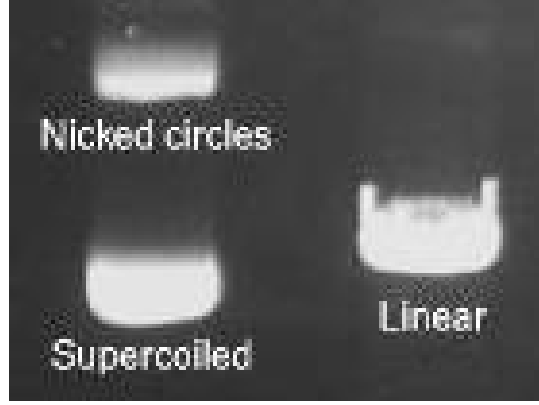
Grafikler incelendiğinde, enzim aktivitesinin belirgin bir şekilde etkilenmediği görülmüştür. Bu sonuçlar SDS-PAGE jel görüntüleriyle de desteklenmiştir.

5.5 Mobil Telefonların Yayıdığı Elektromanyetik Radyasyonun DNA Üzerine Etkileri

DNA molekülünün bir bölümü olan her bir 'gen' canlı hücredeki belli bir özelliği kontrol eder. Canlının vücut şekli, her organına ait iş bölümü ve bu organların çalışma düzenleri, hücre içinde üretilmesi gereken proteinlerin genetik kodları, üretilecek proteinlerin miktar kontrolleri, kalıtsal özellikler gibi canlının hayatını devam ettirmesi için gereken tüm özellikler DNA üzerinde kodlanmıştır [100]. DNA'nın canlı yaşamında bu kadar önemli olması DNA'ya zarar veren etkilerin araştırılması gereğini doğurmuştur. Bu nedenle bu çalışmada mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun DNA üzerine etkileri araştırılmıştır.

DNA'nın genomik ya da plazmid DNA olmasına göre jeldeki görünümü farklılık göstermektedir. Genomik DNA keskin bir bant ile bu bandın aşağı ve yukarı kısmına doğru biraz yayılan bir görüntü verir [102]. Plazmid DNA'sının jeldeki görüntüsünde ise genellikle DNA'nın üç farklı biçimi gözlenir; bunlar süpersarmal biçim (supercoiled), gevşek sarmal biçim (nicked circles) ve doğrusal biçim (linear) dir (Şekil 5.23). Bu üç formun molekül ağırlıkları aynı olmasına rağmen jeldeki göçleri farklıdır. Bu farklılık temelde agaroz

konsantrasyonuna bağılı olmakla beraber uygulanan akıma, tamponun iyonik kuvvetine ve supercoiled'in yoğunluğuna da bağılıdır [127]. Bazı koşullarda supercoiled, linear'dan daha hızlı göç ederken diğer bazı koşullarda tersi olabilir. Optimize olmuş koşullarda genellikle supercoiled, diğer formlara göre daha hızlı hareket eder.



Şekil 5.23 Plazmid DNA formlarının agaroz jel boyunca göçü

DNA'nın görüntülenmesi için eklenen etidyum bromür (EtBr) konsantrasyonu artırıldığı zaman DNA'ya daha fazla boya bağlandığı için supercoiled maksimum düzeyde görünür hale geçer. Uygulamalarda genellikle 0.1-0.5 µg/ml EtBr konsantrasyonu kullanılır [122].

Bu tez çalışmasında *E. coli* pUC 18 plazmid DNA'sı üzerinde çalışılmıştır. Ticari olarak alınan bu bakteriden kültür elde etmek için hazırlanan 2xYT agar besiyeri, petrilere dökülmüştür. Daha sonra öze yardımı ile bu petrilere sürme ekimi yapılmış ve bir gece bekletilmiştir. Ertesi gün bir gece bekletilmiş olan petrilere ekilen bakterilerden bir koloni, içine 100 µg/ml ampsilin ilave edilmiş 2xYT brotha alınmış ve 37 °C'de 150 rpm'de inkübasyon için çalkalamalı etüvde bir gece bırakılmıştır. Bir gece bekleyen plazmid DNA içeren *E. coli*. 1.4 ml kültür, 1.5 ml'lik mikrosantrifüj tüpüne alınır ve DNA QIAprep® Midiprep kiti, QIAGEN, kullanılarak izole edilir [125].

50 ml kültür ile hazırlanan Midiprep sonucunda elde edilen izole edilmiş DNA'nın, saflığını ve miktar tayinini yapmak için elde edilen izole DNA konsantrasyonu spektrofotometre ile ölçülmüştür. Bu ölçüm işlemi için 100 µl DNA, 900 µl saf su ile birlikte quartz spektroküvetine bırakılmış ve OD₂₆₀ ile OD₂₈₀'de ölçüm yapılmıştır. Daha sonra elde edilen DNA'lara 12 saat süresince elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmış ve her saat başı bir örnek alınarak buzdolabında korunmuş 12 saat sonunda bu örnekler alınarak agaroz jel elektroforez işlemine tabi tutulmuş ve jel görüntüleri elde edilmiştir.

(5.1) ve (5.2)'de miktar tespiti ve saflık ölçümü için gerekli formüller verilmiştir.

$$\text{Miktar tayini} = A_{260} \times \text{Sulandırma Katsayısı} \times 50 \mu\text{g/l} \quad (5.1)$$

$$\text{Saflık} = A_{260}/A_{280} \geq 1,8 \rightarrow \text{Saf}, A_{260}/A_{280} < 1,8 \rightarrow \text{Saf Değil} \quad (5.2)$$

Deneyden elde edilen OD değerlerine göre miktar tayini ve saflık ölçümü, (5.1) ve (5.2) ye göre hesaplanmış ve Çizelge 5.16'de sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 5.16 Midiprep sonucu elde edilen DNA saflık değeri ve miktarı

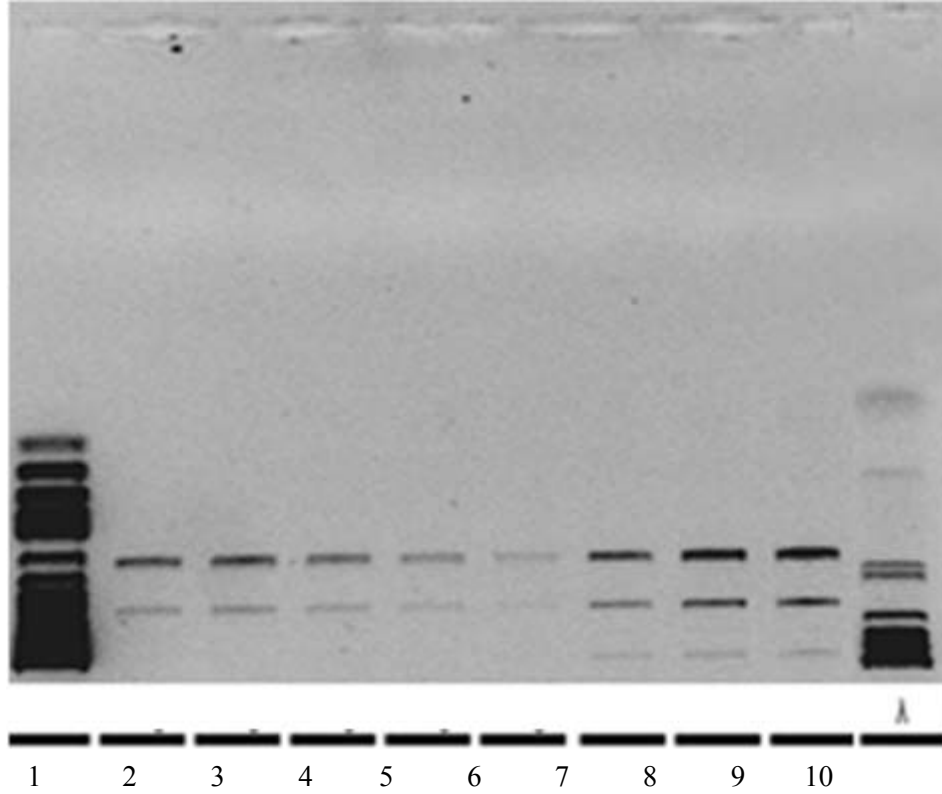
1. ERLER	
Miktar	$A_{260} : 0.585$ $0.585 \times 10 \times 50 = 292.5 \mu\text{g/l}$ $A_{280} : 0.293$
Saflık	$\frac{A_{260}}{A_{280}} = \frac{0.585}{0.293} = 1.99$

Çizelge 5.16'ya göre deneylerde kullanılacak olan DNA'nın istenildiği gibi saf olduğu tespit edilmiştir. Midiprep sonrası elde edilen DNA, kontrol amacıyla elektroforez yöntemi ile jel görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen jelin ön görüntüsü ile deneye başlamadan önce DNA formlarının hangilerinin var olduğu tespit edilmiştir.

Marker	10 ngr	20 ngr	30 ngr	40 ngr	50 ngr				λ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Şekil 5.24 Ön görüntü elektroforez düzeni (1) Markır; (2) 10 ng Midiprep DNA; (3) 20 ng Midiprep DNA; (4) 30 ng Midiprep DNA; (5) 40 ng Midiprep DNA; (6) 50 ng Midiprep DNA; (7-9) ticari pUC18; (10) lambda markırı

Jelde hazırlanan kuyulara örnekler Şekil 5.24'deki düzende yerleştirilmiş ve elektroforez görüntüsü Şekil 5.25'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 5.25 Midiprep sonrası izole DNA jel görüntüsü (1)Markır; (2) 50 ngr Midiprep DNA; (3) 40 ngr Midiprep DNA; (4) 30 ng Midiprep DNA; (5) 20 ngr Midiprep DNA; (6) 10 ngr Midiprep DNA; (7-9) ticari pUC18; (10) lambda markırı

Şekil 5.25’de görüldüğü gibi örneklerde DNA’nın iki formu, ticari *pUC18*’de ise DNA’nın üç formu da görülmüştür.

Bu elde edilen sonuçlardan sonra tüplerde bulunan örneklerden 12x30 µl DNA örneği alınarak 12 adet PCR tüpüne bırakılmıştır. Ayrıca stokta bulunan *pUC18*, *pKK223-3*, *pET41a*, *pET5a* ile bu PCR tüpleri daha sonra özel hazırlanan mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalga düzeneğine yerleştirilmiş ve 37°C’de 12 saat süresince bu elektromanyetik radyasyona maruz bırakılmıştır. Deneyin başlangıcında bir PCR tüpü buzdolabına alınmış ve daha sonra her saat başı bir PCR tüpü radyasyon düzeneğinden alınarak buzdolabında saklanmıştır.

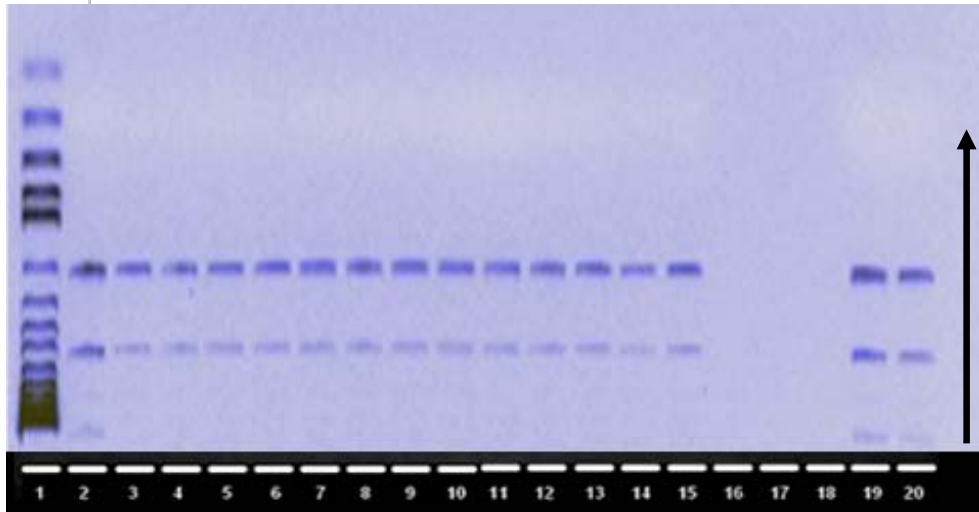
12 saat süresi sonunda buzdolabına alınan PCR tüpleri daha sonra agaroz jel elektroforezi işlemine tabi tutulmuştur. Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun DNA üzerine etkilerini tespit için elektroforez sonrası elde edilen jel görüntüleri incelenmiştir.

SDS-PAGE için kuyularına bırakılacak örnek miktarları, mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz kalan örneklerden; $6\mu\text{l } dH_2O + 2 SAB + 2\mu\text{l } DNA = 50 ng$, Ticari *pUC18*'den; $6,3\mu\text{l } dH_2O + 2 SAB + 1,7\mu\text{l } Ticari pUC18 = 50 ng$ olarak 50 μl hacimde örnekler elektroforez için hazırlanan jeldeki örnek kuyularına Şekil 5.26'deki düzende yüklenmiştir.

Hyper Ladder Marker	<i>pUC18</i> Ticari	<i>pUC18</i> midiprep	1. saat	2. saat	3. saat	4. saat	5. saat	6. saat	7. saat	8. saat	9. saat	10. saat	11. saat	12. saat	Boş	<i>pET41a</i> kontrol	<i>pET41a</i> EMF	<i>pUC18</i> Ticari	<i>pUC18</i> Ticari EMF
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

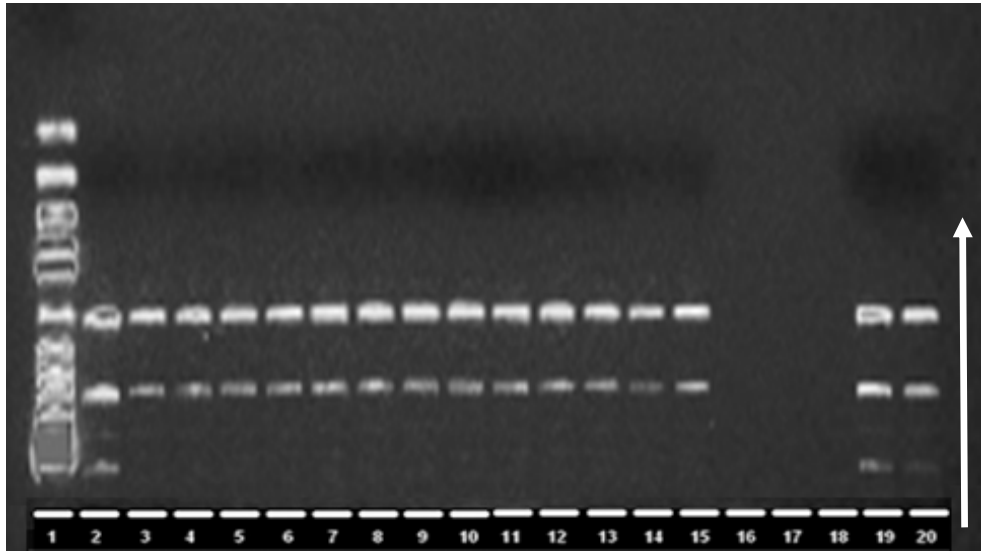
Şekil 5.26 DNA elektroforez düzeni; (1)Markır(HyperLadder); (2)Ticari olarak satılan *pUC18*; (3)Midiprep sonrası elde edilen *pUC18*; (4-15)elektromanyetik radyasyona maruz kalan midiprep sonrası *pUC18*; (17)*pET41a* geni;(18) elektromanyetik radyasyona maruz kalan *pET41a*; (19)*pUC18* Ticari;(20) elektromanyetik radyasyona maruz kalan *pUC18*

Bu deney üç defa tekrar edilmiştir. Birinci tekrar elektroforez işleminden sonra elde edilen jel görüntüsü Şekil 5.27'de verilmiştir.



Şekil 5.27 Birinci tekrar deney sonuçları DNA elektroforezi jel görüntüsü; (1)Markır(HyperLadder); (2)Ticari olarak satılan *pUC18*; (3)Midiprep sonrası elde edilen *pUC18*; (4-15)elektromanyetik radyasyona maruz kalan midiprep sonrası *pUC18*; (17)*pET41a* vektörü;(18) elektromanyetik radyasyona maruz kalan *pET41a*; (19)*pUC18* Ticari;(20) elektromanyetik radyasyona maruz kalan *pUC18*

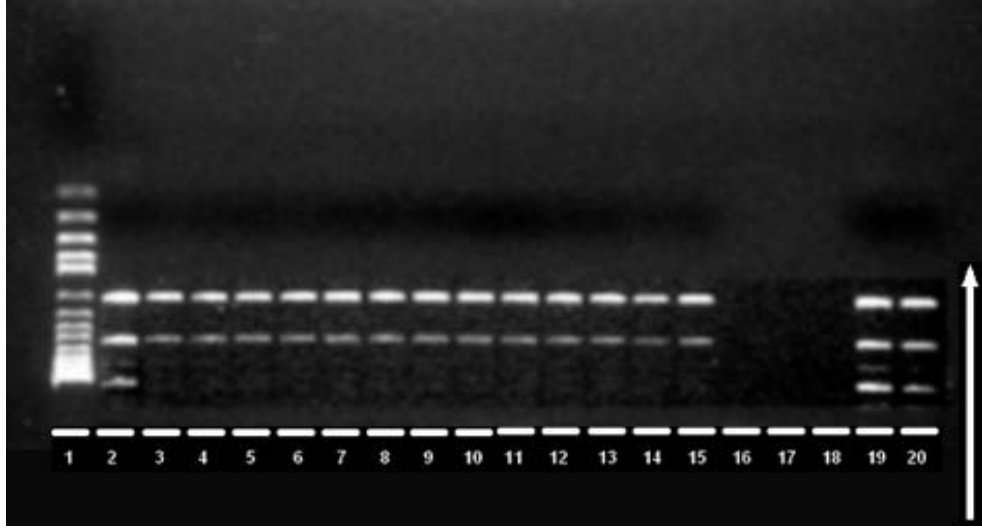
Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun DNA üzerindeki etkileri tespit etmek için yukarıda anlatılan deney tekrar edilmiştir. Tekrar edilen deneyde bir önceki agaroz jel elektroforez görüntüsündeki DNA bantlarından daha belirgin olarak görünmesi için örnek konsantrasyonu arttırılmıştır. Bunun için, mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz kalan örneklerden $4\mu\text{l } dH_2O + 2\text{ SAB} + 4\mu\text{l DNA} = 50\text{ ng}$, $pUC18$ 'den; $4,6\mu\text{l } dH_2O + 2\text{ SAB} + 3,4\mu\text{l Ticari } pUC18 = 50\text{ ng}$ kullanılmıştır. Yeni oluşturulan yoğunluktaki örnekler tekrar Şekil 5.26'deki düzende agaroz jel elektroforezi ile elektroforez işlemine tabi tutulmuş ve görüntüler tekrar elde edilmiştir. Elde edilen jel görüntüsü Şekil 5.28'de verilmiştir.



Şekil 5.28 İkinci tekrar deney sonuçları DNA elektroforezi jel görüntüsü;

(1)Markır(HyperLadder); (2)Ticari olarak satılan pUC18; (3)Midiprep sonrası elde edilen pUC18; (4-15)elektromanyetik radyasyona maruz kalan midiprep sonrası pUC18; (17)pET41a geni;(18) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pET41a; (19)pUC18 Ticari;(20) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pUC18

Deney üçüncü defa tekrar edilmiş elde edilen sonuçlara ait agaroz jel elektroforez görüntüsü Şekil 5.29'da verilmiştir.



Şekil 5.29 Üçüncü tekrar deney sonuçları DNA elektroforezi jel görüntüsü;
(1)Markır(HyperLadder); (2)Ticari olarak satılan pUC18; (3)Midiprep sonrası elde edilen pUC18; (4-15)elektromanyetik radyasyona maruz kalan midiprep sonrası pUC18; (17)pET41a geni;(18) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pET41a; (19)pUC18 Ticari;(20) elektromanyetik radyasyona maruz kalan pUC18

Tekrar yapılan deneylerin tümünde elde edilen sonuçların hepsinin bir biri ile tutarlı olduğu, jel görüntülerinin de birbirlerine çok benzer oldukları tespit edilmiştir.

6. TARTIŞMA

Günümüzde teknolojinin girmediği hiçbir alan kalmamıştır. Teknolojinin bu kadar yaygınlaşması ve vazgeçilmez olması belirli riskleri de beraberinde getirmiştir. Hayatımızın her aşamasına giren bu teknolojik cihazları kullanırken belirli riskleri de kabul etmemiz gerekmektedir. Örneğin, yaşamın ve teknolojinin temelini oluşturan elektrik o kadar faydalı bir teknolojik gelişme iken elektriğe çarpılma, yangın, elektrik alanının biyolojik etkileri, manyetik alanının biyolojik etkileri gibi belirli riskleri de beraberinde getirmiştir. Aynı şekilde ilaçlar, otomobiller, uçaklar, bilgisayarlar, internet, mobil telefonlar ile bu örnekleri arttırmak mümkündür. Burada önemli olan nokta, bu teknolojik gelişmelerin beraberinde getirmiş olduğu risklerin ne olduklarının bilinmesi ve kabul edilebilir düzeyde olmasıdır. Teknolojinin getirdiği bu riskler iyi bir şekilde tespit edilirse alınacak önlemler ile riskler azaltılabilir veya ortadan kaldırılabılır.

Günümüzde gelişen teknolojiye bağlı olarak mobil telefon sistemlerinin yaygınlaşması, mobil telefonların beraberinde getirmiş olduğu risklerin belirlenmesini gerektirmiştir. Bu amaçla geniş bir alanda birçok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Bu tez çalışmasında da, teknolojinin hızına bağlı olarak kullanım oranı hızla artan mobil telefonların yaymış olduğu elektromanyetik radyasyonun etkilerini tespit edebilmek amacıyla deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar mobil telefonların kromozom üzerine etkilerinin tespiti, bakteri gelişimi, enzim aktivitesi ve plazmid DNA'nın yapısına etkileridir. Yapılan deneylere ait sonuçlar Bölüm 5'de detayları ile verilmiştir. Elde edilen bu deneysel sonuçlar bu bölümde ayrı ayrı tartışılmıştır.

6.1 Mobil Telefonların Yayıdığı Elektromanyetik Radyasyonun Bitki Kök Ucu Hücreleri Üzerindeki Mitotik Etkileri

Mobil telefonların yaymış olduğu radyasyonun, bitki kök ucu hücreleri üzerindeki mitotik etkileri konusunda literatürde bir yayına rastlanmamıştır. Literatürde elektromanyetik alanın etkileri üzerine genel çalışmalar yapılmış. Bu çalışmalardan birinde elektromanyetik alanın DNA replikasyonu sırasındaki etkileri incelenmiş. Bu çalışmada kromozomların replikasyon sırasında etkilendiği tespit edilmiş [129].

Bir başka çalışmada insan kan hücreleri mobil telefonların yaydığı 837 MHz frekanslı elektromanyetik dalgaya 3 ila 24 saat süresince maruz bırakılmış, bu sırada ortam sıcaklığı 37 °C'de sabit tutulmuştur. 3 saat süresince mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona

maruz bırakılan kan hücrelerinde bir etki gözlemlenmemiş fakat 24 saat süresince maruz bırakılan hücrelerde kromozom hasarında artış gözlemlenmiştir [130].

2003 yılında yapılan başka bir çalışmada, insan beyaz kan hücreleri, frekansı 830 MHz, SAR değeri 1.6 W/kg olan RF sinyale, 72 saat süresince maruz bırakılmış ve zarar görmüş kromozom 17'lerin arttığı gözlemlenmiştir[131]. Bu çalışmalara ek olarak yapılan bazı çalışmalarda ise bu elde edilen sonuçların aksine herhangi bir kromozom zararı veya kırılması tespit edilememiştir[132, 133].

Bu tez çalışmasında mobil telefonların yaymış olduğu elektromanyetik radyasyonun mitoz bölünme aşamasında ve mitoz bölünme safhalarında kromozom üzerine etkilerinin belirlenebilmesi için deneysel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada mercimek tohumlarının çimlenme aşamasında, mitoz bölünme ile kromozomların bölünmesi esnasındaki etkiler tespit edilmiştir. Ayrı ayrı incelenen deney ve kontrol grubu, toplam bölünen hücre ile anormal bölünen hücre oranları incelendiğinde, kontrol grubu toplam hücrelerin 10.8%, anormal bölünen hücre oranının ise 4.17% olduğu görülmüştür. Deney grubunun toplam bölünen hücrelerin 9.35%, anormal bölünen hücrelerin 5.35% olduğu görülmüştür. Buna göre mobil telefonun yaydığı elektromanyetik radyasyonun yaymış olduğu radyasyona maruz kalan mercimek tohumları çimlenme sırasında meydana gelen mitoz bölünme aşamasında, mitoz bölünmeyi baskılayıcı yönde etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Mitoz bölünme safhalarından metafaz aşamasında anormal bölünen hücre oranları, kontrol grubu 22.22%, dormansi 10% ve çimlenme aşamasında 25% olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre metafaz evresinde, radyasyonun dormansi durumundaki hücreleri etkilemediği, ancak çimlenme aşamasında hücrelerin anormal bölünmesine sebep olduğu tespit edilmiştir.

c-mitoz evresinde kontrol grubunda 22.22% olan anormal bölünen hücre sayısı, dormansi halde 30%'a, çimlenme aşamasında 41.67%'ye çıktığı görülmüştür. Fakat anafazda, kontrol grubu 44.44% olan anormal bölünen hücre sayısının, dormanside 40%'a, çimlenme aşamasında 25%'e düştüğü görülmüştür.

Aynı şekilde telofazda kontrol grubu 11.11% olan anormal bölünme olan hücre oranı, dormanside 20%'ye çıkarken, çimlenme aşamasında 8.33%'e düştüğü görülmüştür.

Anormal bölünen hücrelerin fazlara göre dağılımları incelendiğinde, metafazda ayrı kalmış kromozomların, anormal bölünen hücrelere oranı, kontrol grubunda 22.22% iken dormansi halinde 10%'a düşmüş, çimlenme aşamasında ise 25%'e çıktığı görülmüştür. Kontrol grubunda anafazda kalgın kromozomların toplam anormal bölünen hücrelere oranı 22.22% iken, dormanside 20%, çimlenme aşamasında 16.67%'ye düştüğü tespit edilmiştir. Anafazda köprü kromozomların oranı kontrol grubunda 11.11% iken, dormansi halinde 10% çimlenme

aşamasında ise herhangi bir köprü tespit edilmemiştir. Anafazda multipolar kromozom kontrol grubunda 11.11%, dormanside 10%, çimlenme aşamasında 8.33% olarak tespit edilmiştir. Telofazda köprü kromozomların oranı kontrol grubunda ve dormanside bulunmaz iken, çimlenme aşamasında 8.33% olarak tespit edilmiştir. Ayrıca telofazda kalgın kromozomların oranı kontrol grubunda ve çimlenme aşamasında tespit edilmez iken dormansi durumunda 10% olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışmasındaki sonuçlara göre mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun, mitoz bölünme safhalarında farklı etkiler gösterdiği ilk defa görülmüştür.

6.2 Mobil Telefonların Yaydığı Elektromanyetik Radyasyonun Bakteri Gelişimi Üzerine Etkisi

Mobil telefonların yaymış olduğu elektromanyetik radyasyonun bakteriler üzerine etkileri ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır [148, 152]. Özellikle sterilizasyon ve pastörizasyon işlemlerinde elektromanyetik dalgalardan faydalanılmıştır. Bu çalışmaların temelinde mikrodalgalar kullanılmıştır. Süt, et gibi temel gıda ürünlerinde bulunan ve insan sağlığına zararlı olan mikroorganizmaların üremeleri engellenerek, mikrodalgalar ile yok edilmeye çalışılmıştır[135, 140].

Yapılan bir çalışmada, yüksek frekanslı elektromanyetik alana maruz kalan *Solmonella typhimirum* bakterisine etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada *Solmonella typhimirum* bakterisinde mutasyonu teşvik ettiği görülmüştür[141].

Yapılan bir diğer çalışmada ise *Eschericihia coli* bakterisinin, elektromanyetik dalgaanın frekansı ile aktivitesi arasındaki ilişki araştırılmış. Bunun için SAR değeri 0.05 W/kg olan radyo frekansı kullanılmış ve elde edilen sonuçlara göre bakteri aktivitesinde herhangi bir değişiklik tespit edilmemiştir[142].

Tıbbi görüntüleme amaçlı kullanılan manyetik rezonans cihazının yaydığı elektromanyetik radyasyonun cihazın bulunduğu ortamdaki bakterilere etkileri araştırılmıştır. Çalışmada manyetik alan değeri 6.3 tesla olan radyo frekansına 15, 30, 45 ve 60 dakika boyunca maruz bırakılan *Salmonella typhimurium* ' a ve dikkate değer bir sonuç elde edilememiştir[144].

Başka bir çalışmada düşük frekanslı elektromanyetik alana maruz bırakılan *E. coli* 'nin üremesi incelenmiş. Yapılan bu çalışmaya göre düşük frekanslı elektromanyetik dalgaların *E. coli* 'nin üreme hızını azalttığı görülmüştür[143].

Daha sonraları elektromanyetik dalgaları kullanan çeşitli cihazların üretilmesi ile farklı spektrumlarda çalışan cihazların, mikroorganizmaların üzerine etkileri daha detaylı araştırılmıştır. Teknolojideki hızlı gelişmeye bağlı olarak dünya genelinde mobil telefonların

hızla yaygınlaşması, bu cihazların elektromanyetik radyasyon yayması, kullanım yaşının düşmesi elektromanyetik radyasyonun etkileri için yapılan araştırmaların bu yöne kaymasına neden olmuştur. Yapılan birçok bilimsel araştırmada GSM bazlı elektromanyetik dalgalar kullanılmıştır. 2003 yılında yapılan bir çalışmada, GSM radyasyonuna maruz kalan magnetite-producing bakterisinin hücre molaritesi incelenmiş, yapılan deneysel çalışma sonunda mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun hücre molaritesini arttırdığı tespit edilmiştir [134].

2004 yılında yapılan bir çalışmada ise mikrodalgalar ile mikroorganizmalar arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni* gibi bakteriler kullanılmış. Mikrodalgaya maruz kalan bakterilerin inaktif duruma geçtikleri tespit edilmiştir[145].

2004 yılında yapılan başka bir çalışmada, GSM sistemlerinin yaymış olduğu elektromanyetik radyasyonun *Drosophila melanogaster*'in üremesine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, *Drosophila melanogaster* cam fanus içine yerleştirilmiş ve 25 °C'de sabit tutulmuştur. Daha sonra 12 saat süresince mobil telefonun yaydığı radyasyona maruz bırakılmış, dişi ve erkek *Drosophila melanogaster* 'lerin üremeleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dişi sinekler, erkek sineklere göre daha fazla mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyondan etkilendiği görülmüş ve *Drosophila melanogaster* 'lerin üremelerini %50-60 oranında azalttığı tespit edilmiştir[146].

2007 yılında yapılan başka bir çalışmada 900 MHz ve 1800 MHz'de çalışan mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun hücre ölümlerini artırıp arttırmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla organizma elektromanyetik radyasyona günde birkaç dakika, yetişkin bir organizma olana kadar (altı gün boyunca) maruz bırakılmış ve organizmanın yaşamsal fonksiyonları incelenmiştir. Deney sonucunda organizmanın üreme kapasitesinin azaldığı görülmüş[153].

Bu tez çalışmasında mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun dünya üzerinde nüfus olarak en çok bulunan ve ekolojik sistemin en önemli biyolojik organizmaları olan bakterilerin yaşamsal faaliyetleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla *E. coli* ve *B. subtilis* bakterileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bu bakteriler mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz bırakılmış ve elde edilen sonuçlar Bölüm 5'de verilmiştir. Bu sonuçlar, *E. coli* ve *B. subtilis* için ayrı ayrı, kontrol ve deney grubu olarak da grafiksel olarak çizilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde elektromanyetik dalgaya maruz kalan *E. coli* popülasyonunun logaritmik fazdan sonra kontrol grubuna göre daha yavaş geliştiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar grafiksel olarak çizildiğinde bu durum daha net bir şekilde görülmüştür. *E. coli* için deneyler üç defa tekrar edilmiş ve tekrar sonuçları da ayrı ayrı incelenmiş ve inceleme

sonucunda mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz kalan *E. coli*'nin, kontrol grubuna oranla deneyin ilk saatlerinde yaklaşık 4% daha yavaş geliştiği, deneyin beşinci saatinde bu yavaşlamanın 63%, 10. saatte ise 96%'ya ulaştığı, gelişmenin çok kısa sürede durduğu ve popülasyonun hızla azaldığı görülmüştür.

Aynı deney başka bir bakteri türü olan *B. subtilis* içinde tekrar edilmiştir. *B. subtilis* için elde edilen sonuçlar incelendiğinde *E. coli*'ye göre farklı bir durumu tespit edilmiştir. Logaritmik fazda elektromanyetik radyasyona maruz kalan *B. subtilis* ile kontrol grubunun gelişimi arasında fark görülmemiştir. Fakat deney ve kontrol grubu *B. subtilis*, durma dönemine girdikten sonra, elektromanyetik dalgaya maruz kalan *B. subtilis*, kontrol grubundan daha hızlı bir şekilde ölme dönemine girmiştir. Ölme dönemine giren *B. subtilis* popülasyonu hızla azalmıştır.

Logaritmik faz, bakterilerin gelişme ve üreme olarak en aktif oldukları dönemdir. Bu dönemde ortamdaki besin miktarına göre üreme hızlı bir şekilde gerçekleşir. *E. coli* mobil telefonların yaydığı radyasyondan çok etkilenirken *B. subtilis* daha az etkilenmiştir. Sonuç olarak mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz kalan bakterilerden *B. subtilis*, *E. coli*'den mobil telefonların yaydığı radyasyona daha fazla dayanıklı olduğu düşünülmüştür.

Bu yapılan çalışma sonucunda mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun, bakteri türlerine göre etkisinin farklı olduğu, bakterilerin üremelerini baskıladığı ve azalttığı görülmüştür. Bu bulgular oldukça önemlidir. Bakteriler insan vücudunda ağızda, boğazda ve bağırsaklarda doğal olarak bulunmaktadır ve insanların yaşamsal faaliyetlerinde görevler almaktadır. Bugün mobil telefon kullanıcılarının konuşma esnasında mobil telefonu baş ve boyun bölgesinde tutması, özellikle erkeklerin mobil telefonları bel bölgesinde taşımaları, insan vücudunda bulunan bu doğal bakterilerin florasını da etkileyebileceği düşünülmektedir.

6.3 Mobil Telefonların Yaydığı Elektromanyetik Radyasyonun Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Mobil telefonların kullanımının yaygınlaşması, günlük yaşamın hemen her aşamasında bu cihazların yer alması, bu konuda yapılan bilimsel araştırmaların genişletilmesine neden olmuştur [154]. Canlıların canlılıklarını sürdürmesini sağlayan temel olayların başında biyokimyasal reaksiyonlar gelmektedir. Biyokimyasal reaksiyonların hızlı olmasını sağlayan protein yapısındaki enzimler yaşamsal faaliyetlerin devamı için oldukça önemlidir. Bu nedenle elektromanyetik dalgaların enzimler üzerine etkileri araştırılmıştır. Birçok çalışmada elektromanyetik alana maruz kalan hücre metabolizmalarında, dokularda ve diğer canlı

organizmalarda protein ve nükleik asitlere, DNA'nın kinetiğine, protein üretimine, enzim aktivitesine etkileri araştırılmıştır[155 - 167].

Enzim aktivitesi üzerine yapılan bir başka çalışmada *E. coli* elektromanyetik alana maruz bırakılmış ve elektromanyetik radyasyonun bu bakterilerin proteinleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Elde edilen toplam protein miktarında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiş ancak varlıkları belirlenen 26 protein miktarında artış, 4 protein miktarında da azalma görülmüştür[168].

2004 yılında yapılan başka bir çalışmada GSM sistemlerinde kullanılan 1800 MHz frekanslı radyo frekansının insan kanında bulunan HSP70 protein seviyesine etkileri araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada sonucunda bir etki tespit edilememiştir[169].

Aynı yıl yapılan bir başka çalışmada da, yüksek frekanslı elektromanyetik dalga kullanılmış ve bu elektromanyetik dalganın protein üretimine etkileri araştırılmış ve belirgin bir etki bulunamamıştır[170].

Yine aynı yıl yapılan bir başka çalışmada, düşük frekanslı elektromanyetik dalgaya maruz bırakılan adenilat kinaz enzim aktivitesi incelenmiş ve enzim aktivitesini %55 oranında azalttığı görülmüştür[171].

2005 yılında yapılan bir çalışmada çok düşük frekanslı elektromanyetik alan kullanılmış ve membrane-associated enzime etkileri araştırılmıştır. Alkaline fosfat, fofogliserat kinaz ve asetikkolin esterase enzimlerinin eşik değerlerini %54-61 oranında azalttığı tespit edilmiştir [172].

2005 yılında yapılan başka bir çalışmada, mobil telefonların yaydığı elektromanyetik alanın superoksit dismutaz enzim aktivitesine etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda aktiviteyi azalttığı görülmüştür[173].

2007 yılında yapılan bir başka çalışmada ise 1.9 GHz frekanslı GSM sistemlerinin kullanmış olduğu elektromanyetik dalgaya maruz bırakılan hücrelerdeki proteinlere herhangi bir etkisi görülmemiştir[174].

Tez çalışmasının bu aşamasında mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun enzim aktivitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak SDS-PAGE görüntüsü ile sonuçlar desteklenmiştir. Bu çerçevede yapılan deneylerde, *E. coli*'ye klonlanmış olan LDH enzimi, elektromanyetik radyasyona maruz bırakılmıştır. Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona birer saat aralıklarla toplam 10 saat maruz kalan LDH enziminin aktivitesi spektrofotometre ile ölçülmüş ve sonuçları Bölüm 5'de verilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde belirgin bir etki net olarak görülmemiştir. Grafikselsel olarak da bu durum net bir şekilde görülmüştür. Spektrofotometre ile net bir etkinin tespit edilememesi üzerine, elde edilen örneklerin SDS-

PAGE görüntüleri alınarak daha detaylı bir inceleme yapılmıştır. SDS-PAGE görüntüleri de incelendiğinde mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun enzim üretimine herhangi bir belirgin etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Grafiklerde kontrol grubuna oranla deney grubunda görülen düşmelerin genin klonlanacağı bakterinin elektromanyetik radyasyona maruz kalması sonucunda meydana geldiği düşünülmektedir.

6.4 Mobil Telefonların Yaydığı Elektromanyetik Radyasyonun DNA Üzerine Etkisi

DNA, hücrelerdeki fizyolojik, biyokimyasal, genetik gibi bir çok biyolojik olayları yöneten, bu genetik bilgilerin kalıtım yolu ile gelecek nesillere aktarılmasında önemli rol oynayan makro moleküller olarak bilinmektedir. DNA'ların hayati özellikler taşıması ve kalıtım yolu ile gelecek nesillere genetik bilgiler taşıması bilim dünyasında DNA'nın önemini de oldukça artırmıştır [101, 104, 105, 106]. Bu nedenle elektromanyetik dalgaların biyolojik etkileri araştırılırken en fazla DNA üzerine etkileri üzerinde durulmuştur. Düşük ve yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların yaydığı radyasyonun DNA üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar, elektromanyetik dalgalar ile çalışan ve günlük hayata giren cihazların çoğalması ile artmıştır[153, 175 - 187].

Mobil telefonların hızla yayılması ve mobil telefonların yaydığı radyasyonun etkilerinin tespit edilmesi konusunda çalışmaların artması, mobil telefonların yaydığı radyasyonun DNA üzerine etkileri ile ilgili çalışmaları da hızlandırmıştır.

2001 yılında yapılan bir çalışmada, insan kan hücrelerine 900 MHz elektromanyetik alan iki saat süresince uygulanmış ve mobil telefonların yaydığı radyasyonun, genetik olarak direk veya dolaylı olarak herhangi bir etkisi tespit edilememiştir[188, 189].

2002 yılında yapılan başka bir çalışmada da, yine radyo frekansındaki sinyallerin DNA'ya zarar verip vermediği incelenmiştir. Bu amaçla sinyal jeneratörü ile 837 MHz TDM sinyali insan kan hücresine uygulanmış. SAR değeri 1-10 W/kg olan işaret, 37 °C'de sabit sıcaklıkta 3 ile 24 saat süresince uygulanmış. Çalışma sonucunda DNA'ya belirgin herhangi bir etki tespit edilmemiştir[190].

2005 yılında yapılan bir çalışmada da 1800 MHz'de çalışan mobil telefonların yaydığı radyasyonun DNA'da kırılmaları neden olup olmadığı incelenmiştir. Bu amaçla SAR değeri 2 W/kg, frekansı 1800 MHz olan sürekli işaret uygulanmıştır. Daha sonra 1800 MHz modülasyonun gerçekleştiği durumdaki mobil telefon 4, 16 ve 24 saat süresince uygulanmıştır. Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun DNA kırılmalarını teşvik ettiği tespit edilmiştir[191, 192].

Aynı yıl yapılan başka bir çalışmada ise üç sağlıklı genç donörden alınan lenfositlere 0,1.5 ve 4 saat süresince 1800 MHz frekanslı SAR değeri 3 W/kg olan elektromanyetik alanın DNA'nın replikasyon sırasında nükleotid sırasını etkileyip etkilemediği ve DNA'nın sarmal yapısını açıp açmadığı incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elektromanyetik alana maruz kalan DNA'nın önemli bir etki tespit edilmemiştir[193].

2006 yılında yapılan bir çalışmada ise, GSM sistemlerinde kullanılan, 1800 MHz frekanslı radyo sinyallerinin DNA'ya verdiği zararlar ve protein ekspresyonuna etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, SAR değeri 1.2 den 3 W/kg'a kadar değişen, 1800 MHz'de 217 Hz ile modüle edilmiş GSM sinyali insan gözünde bulunan epitelyum hücrelerine uygulanmış. Uygulama sonucunda iki farklı durum tespit edilmiştir. Birinci tespit edilen durumda, SAR değeri 2 W/kg olan 1800 MHz frekanslı işaretin DNA üzerinde herhangi bir zarar verdiği tespit edilememiştir. İkinci durumda ise SAR değeri 3 W/kg olan 1800 MHz frekanslı sinyal 60 dakika boyunca uygulandığında, DNA üzerinde tespit edilebilecek düzeyde zararlar olduğu görülmüştür[194].

Yapılan çalışmalardan da görüldüğü gibi bazı araştırmaların sonucunda elektromanyetik radyasyonun DNA'ya zarar verdiği tespit edilmişken, bazı çalışmalarda herhangi bir zarar tespit edilememiştir. Bu durumun temel nedeni DNA'nın hücre içerisinde fiziksel ve patolojik aktivitesinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır [195]. Biyolojik sistemlere uygulanan elektromanyetik dalgaların farklı olması, incelenen biyolojik sistemlerin deney esnasında farklı aktivite içerisinde bulunması, uygulanan elektromanyetik radyasyonun canlı hücreler ile farklı şekillerde etkileşmesinden kaynaklanmaktadır [196].

Bu tez çalışmasında mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun DNA üzerine etkileri araştırılmıştır. Elektromanyetik radyasyona maruz bırakılan DNA örneklerinin elektroforez yöntemi ile görüntüleri alınmıştır. Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun plazmid DNA üzerine etkilerinin tespit edilmesi için en çok tercih edilen yöntem elektroforezdir [197]. Bu amaçla *E. coli pUC18* plazmid DNA'sı kullanılmıştır. Bakteri kültürü, geliştirilerek DNA'sı Midiprep yöntemi ile ayrılmıştır. Elektroforezde, 10 saat süresince elektromanyetik radyasyon uygulanmış ve saat başı alınan örnekler görüntülenmiştir. Elektroforez sonrası görüntüleri elde edilen DNA örneklerinde herhangi bir değişiklik tespit edilememiştir. Deney öncesi kontrol amacıyla mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz bırakılmayan DNA örneklerinin elektroforez görüntüsü ile mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyona maruz kalan DNA örneklerinin jel görüntülerinin aynı olduğu görülmüştür.

Tez çalışmasının bu aşamasında yapılan deneyler çerçevesinde mobil telefonların yaydığı elektromanyetik radyasyonun DNA üzerine anlamlı etkileri tespit edilmemiştir.

7. SONUÇ

Elektromanyetik dalgaları kullanan cihazlar günlük hayatımızda oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bu cihazların getirdiği riskleri tam olarak belirlemek, bu cihazları kullanan insanların güvenliğini sağlamak için dünya genelinde birçok çalışma yapılmıştır ve günümüzde yapılmaya devam edilmektedir. Elektromanyetik dalgaları kullanarak çalışan mobil telefonların hızla yayılması, kullanım yaşının ilkökul çağlarına kadar inmesi[1], elektromanyetik dalgaların etkilerinin neler olduğu konusunda halkın da tedirgin olmasına neden olmuştur. Bu çerçevede dünyanın her yerinde, her ülkesinde bilimsel araştırmalar yoğunlaşmıştır. Yapılan bu çalışmaların genelinde farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu tez çalışmasında bu çerçevede elektromanyetik dalgaların etkileri konusunda yapılan diğer çalışmalar desteklenmiş, literatürde bulunmayan ve daha önce çalışılmamış konularda deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla bilinmesi gereken elektromanyetik ve biyolojik genel kavramlar ikinci ve üçüncü bölümde verilmiştir. Ayrıca yapılan deneylerde kullanılan malzemeler, bakteriler, besi yerleri, kimyasallar ve deneylerde kullanılan metot ve yöntemler dördüncü bölümde detayları ile verilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen sonuçların her biri çizelge, grafik ve elektroforez görüntüleri olarak ayrı ayrı beşinci bölümde ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Altıncı bölümde ise deneylerden elde edilen sonuçların literatürdeki yeri, literatüre kattıkları, literatürde yapılan diğer çalışmalar ışığında tartışılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Sonuç olarak, mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların mitotik hücre bölünmesinde metafaz, anafaz, profaz ve telofazda bir birinden farklı etkiler gösterdiği kesin bir şekilde tespit edilmiştir. Her bir fazda mitotik kromozom anormallikleri birbirinden farklılıklar göstermiştir. Çalışmalar çerçevesinde mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların bakteri türlerine göre farklı etkiler gösterdiği ilkdefa görülmüştür. Bazı bakteri türleri (*E. coli*) elektromanyetik dalgalarla çok fazla etkilenirken, bazı bakteri türlerinin(*B. subtilis*) elektromanyetik dalgalarla karşı daha direçli olduğu düşünülmüştür. Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların enzim aktivitesine ve DNA'ya anlamlı bir etkisi tespit edilememiştir.

Bu tez çalışması çerçevesinde yapılan araştırmalara ek olarak gelecekte, elektromanyetik dalgaların etkilerinin belirlenmesi ve yapılan diğer çalışmaları desteklemek amacıyla, bilgisayar destekli modelleme ile biyolojik sistemler modellenerek analizinin yapılması planlanmaktadır. Bilgisayar destekli modellemede, İletim hattı matris modeli (TLM), Zaman domeninde sonlu farklar(FDTD) gibi sayısal tekniklerden faydalanılacaktır. Bu sayısal yöntemler ile yapılacak olan modelleme ile elektromanyetik dalgaların biyolojik sistemler içinde yayılımı ve diğer davranışları gözlemlenebilecektir. Elde edilecek sonuçlar,

elektromanyetik dalga kullanan cihazların tasarımında kullanılabilir. Elektromanyetik dalgaların biyolojik etkilerinden korunmak için gerekli sınır değerler tespit edilebilir. Böylece elektromanyetik dalga yayan cihazların biyolojik etkileri en aza indirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Şekerci, S., Korkut, A., 2005, “*Tehlikeli Oyuncak*”, Kaya Matbaacılık, İstanbul, 158s.
2. http://www.tuba.gov.tr/habergoster.php?haber=bdhaber_09
3. Werthimer, N., Leeper, E., 1979, Electrical wiring configurations and childhood cancer, *American Journal of Epidemiol*, v.109(3), p.273-84
4. Upton, C., 1982, The biological effects of low-level ionizing radiation, *Scientific America*
5. McDowall, M., 1983, Leukoemia mortality in electrical workers in England and Wales, *Lancet*, v.1:246
6. Wertheimer, Leeper, 1989, The Search for the Missing Link--Electromagnetic Fields and Cancer, *National Cancer Institute*, v.81, p.1686-1689
7. Şekerci, S., 1991, “*Elektromagnetik Alanların Biyolojik Etkileri Güvenlik Standartları ve Korunma Yöntemleri*”, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 381s.
8. Calle, E.E., Savitz, D.A., 1985, Leukemia in Occupational Groups with Presumed Exposure to Electrical and Magnetic Fields, *Journal of Medicine*, v.313(23), p.1476-77.
9. Bawin at all: Bawin, S. M., Kaczmarek, L. K., Adey, W. R., 1975, Effects of modulated VMF fields on central nervous system, *Annual N.Y. Acad.Sci.*, v.247, p.74-81.
10. Blackman, C. F., Benane, S. G., Elder, J. A., House, D. E., Joines, W. T., 1980, Induction of calcium-ion efflux from brain tissue by radiofrequency radiation:effect of sample number and modulation frequency density window, *Bioelectromagnetics N.Y.*, v.1, p.35-43.
11. Dutta, S. K., Subramaniam, A., Ghosh, B., Parshad, R., 1984, Microwave radiation-induced calcium ion efflux from human neuroblastoma cells in culture, *Bioelectromagnetics*, v.5, p.71-78.
12. Goodman, E. M., Greenebaum, B., Marron, M. T., 1995, Effects of electromagnetic fields on molecules and cells, *International Rev.Cytol.*, v.158, p.279-338.
13. Kwee, S., Raskmark, P., 1995, Changes in cell proliferation due to environmental nonionizing radiation:1 ELF electromagnetic fields, *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, v.36, p.109-114

14. Svetlana M. Rogacheva, Pavel E. Kuznetsov, Ulia A. Malinina, Era B. Popyhova, Svetlana A. Denisova and Alexander U. Somov, 2006, Combined effect of electromagnetic radiation of extremely high frequencies and chemical compounds on biological objects, *Toxicology Letters*, v.164, p.123
15. Gilles, S., Olivier, C., Stéphane, L., Grégory, B., Steve O., Jean-Philippe, P, Sergo P., Patrick, J., Joe, W., Realistic numerical modelling of human head tissue exposure to electromagnetic waves from cellular phones, *Comptes Rendus Physique*, 2006.
16. Curcio, G., Ferrara, M., Moroni, F., D'Inzeo, G., Bertini, M, Gennaro, L. D., 2005, Is the brain influenced by a phone call? An EEG study of resting wakefulness, *Neuroscience Research*, v.53, p.265-270.
17. Seitz, H., Stinner, D., Eikmann, T., Herr, C., Rösli, M., 2005, Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication –a literature review published between 200 and 2004, *Science of the Total Environment*, v.349, p 45-55.
18. Elisabeth, D., Claudia, S., Franz, A., Oswald, J., Hugo, R., 2005, Non-thermal DNA breakage by mobile phone radiation GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro, *Mutation Research*, v.583, p.178-183.
19. Ian, A.C., 2005, Biological stress responses to radio frequency electromagnetic radiation: are mobile phones really so(heat) shocking?, *Biochemistry and Biophysics*, v.435, p.227-240.
20. Laura, Z. M., Mario, P., Valentina, M., Michela, B., Roberto, B., 2006, Individual responsiveness to induction of micronuclei in human lymphocytes after exposure in vitro 1800 MHz microwave radiation, *PubMed*, v.782, p.42-52.
21. Yu, V. G., Yu, N. B., M. Yu, B., Nikitov, S. A, 2006, Effect of energy emission from evanescent electromagnetic wave scattering by a dielectric structure, *Physics Letters A*, v.335, p.471-476.
22. Hans, W. P., Uwe, S., Siegfried, E., Walter, W, 2006, Can Electromagnetic Fields emitted by mobile phones stimulate the vestibular organs?, Rostock and Berlin.
23. Klaus, M., Joachim, R., 2004, Sleep under exposure to high-frequency electromagnetic fields *Sleep Medicine Reviews*, v.8, p.95-107.

24. Hang-Chang, T., 2003, Impact of electromagnetic radiation induced by conducting wire antenna on optical fiber communication systems, *Optics Communications*, v.223.1-3, p.81-89.
25. Banik, S., Bandyopadhyay, S., Ganguly, S., 2003, Bioeffects of microwave—a brief review, *Bioresource Technology*, v.87-2, p.155-159.
26. Weinberger, Z., Richter, E. D., 2002, Cellular telephones and effects on the brain: The head as an antenna and brain tissue as a radio receiver, *Medical Hypotheses*, v.59- 6, p.703-705.
27. Sarimov, R.; Malmgren, L. O. G., Markova, E., Persson, B. R. R., Belyaev, I.Y., 2004, Nonthermal GSM microwaves affect chromatin conformation in human lymphocytes similar to heat shock, *Plasma Science, IEEE Transactions on* v.32- 4- 2, p.1600 – 1608.
28. Johnson, C. C., Guy, A. W., 1972, Nonionizing electromagnetic wave effects in biological materials and systems, *Proceedings of the IEEE*, v.60- 6, p.692 – 718.
30. Peyman, A., Chen, X., 1999, The feasibility of using medical imaging modalities for in-vivo detecting of physiological effects of electromagnetic radiation in the human brain during the use of cellular phones, *Electromagnetic Assessment and Antenna Design Relating To Health Implications of Mobile Phones*, IEEE Seminar, p.3/1 – 6.
31. Sienkiewicz, Z., 1998, Biological effects of electromagnetic fields, *Engineering Science and Education Journal*, v.7-3, p.127 – 134.
32. Svetlana, M., Rogacheva, P., Kuznetsov, E., Ulia, A., Malinina, E. B., Popyhova, Svetlana A. D., Alexander, U., 2006, Combined effect of electromagnetic radiation of extremely high frequencies and chemical compounds on biological objects, *Toxicology Letters*, v.164, p.123.
33. Curcio, G., Ferrara, M., Moroni, F., D’Inzeo, G., Bertini, M., De Gennaro, L., 2005, Is the brain influenced by a phone call?: An EEG study of resting wakefulness, *Neuroscience Research*, v.53-3, p.265-270 .
34. Elisabeth, D., Claudia, S., Franz, A., Oswald, J., Hugo, R., 2005, Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, v.583-2, p.178.

35. Ian, A.C., 2005, Biological stress responses to radio frequency electromagnetic radiation: are mobile phones really so (heat) shocking?, Archives of Biochemistry and Biophysics, v.435-1, p.227-240.
36. Dimitris, J. P., Evangelia, D. C., Ioannis, P. N., Lukas H. M., 2007, Cell death induced by GSM 900 MHz and DCS 1800 MHz mobile telephony radiation, Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, v.26, p.69-78
37. Şeker, S., Çerezci, O., “Çevremizdeki Radyasyon ve Korunma Yöntemleri”, 1997, Boğaziçi Üniversitesi, 350s.
38. Santini, R., Santini, P., Le Ruz, P., Danze, J.M., Seigne, M., 2003, Survey study of living in the vicinity of cellular phone base station, Electromagnetic Biology and Medicine, v.22(1), p.41-49.
39. Santini, R., Santini, P., Danze, J.M., Le Ruz, P., Seigne, M., 2002, Symptoms experienced by people in vicinity of base stations: incidences of distance and sex, Pathologie Biologie, v.50(6), p.369-73.
40. Kellenyi, R., Thurockzy, G., Faludy, B., Lenard, L., 1999, Effects of mobile phone GSM radiotelephone exposure on the auditory brainstem response (ABR), Neurobiology, v.7(1), p.79-81.
41. Arai, N., Enomoto, H., Okabe, S., Yuasa, K., Kamimura, Y., Ugawa, Y., 2003, Thirty minutes mobile phone use has no short-term adverse effect on central auditory pathways, Clinic Neurophysiol, v.114, p.1390-1394.
42. Hamblin, D. L., Wood, A.W., Croft, R. J., Stough, C., 2004, Examining the effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on human event-related potentials and performance during an auditory task, Clinic Neurophysiol, v.115, p.171-178.
43. Paglialonga, A., Tognola, G., Parazzini, M., Lutman, M. E., Bell, S. L., Thuroczy, G., Ravazzani, P., 2007, Effects of mobile phone exposure on time frequency fine structure of transiently evoked otoacoustic emissions, Journal. Acoustic Soc. Am., v.122-4, p.2174-2782.
44. Grisanti, G., Parlapiano, C., Tamburello, C. C., Tine, G., Zanzorini, L., 1998, Cellular phones effect on otoacoustic emissions, Microwave Symposium. Digest IEEE MTT Int, v.2, p.771-774.

45. Marino, C., Cristalli, G., Galloni, P., Pasqualetti, P., Piscitelli, M., Lovisolo, G. A., 2000, Effects of microwaves(900 MHz) on the cochlear receptor:exposure systems and preliminary results, *Radiation Environmental Biophys*, v.39, p.131-136.
46. Özturan, O., Erdem, T., Miman, M. C., Kalcioglu, M. T., Oncel, S., 2002, Effets of the electromagnetic field of mobil telephones on hearing, *Otolaryngology*, v.122, p.289-293.
47. Kizilay, A., Ozturan, O., Erdem, T., Kalcioglu, M. T., Miman, M. C., 2003, Effects of chronic exposure of electromagnetic fields from mobil phones on hearing in rats, *Auris Naus Larynx*, v.30, p.239-245.
48. Parazzini, M., Brazzale, A. R, Paglialonga, A., Tognola, G., Collet, L., Moulin, A., Lutman, M. E., Bell, S. L., Thomas, N. A., Uloziene, I., Uloza, V., Thuroczy, G., Tavartkiladze, G., Tsalighopoulos, M., Kyriafinis, G., Ravazzani, P., 2007, Effects of GSM cellular phones on human hearing: the European project "GUARD", *Radiation. Research*, v.168- 5, p.608-613
49. Parazzini, M., Bell, S., Thuroczy, G., Molnar, F., Tognola, G., Lutman, M. E., Ravzzani, P., 2005, Influence on the Mechanisms of generation of distortion product otoacoustic emissions of mobile phone exposure, *Elsevier (ScienceDirect)*, v.208(2005), p.68-78.
50. Stefanics, G., Kellenyi, L., Molnar, F., Kubinyi, G., Thuroczy, G., Hernadi, I., 2007, Short GSM mobile phone exposure does not alter human auditory brainstem response, *BMC Public Health*, v.12;7(1), p.325-42.
51. Fritze, K., Wiessner, C., Kuster, N., Sommer, P., Gass, P., Hermann,D.M., Kiessling,M., Hossmann, K.A., 1997, Effect of Global System for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain, *Neuroscience*, v.81-3, p.627-639.
52. Bernard, C. Z., Samuel, J., 2001, The Effects of 860 MHz Radiofrequency Radiation on the Induction or Promotion of Brain Tumors and Other Neoplasms in Rats, *Simmens Radiation Research*, v.155- 4, p.572-583 .
53. Zook, B. C., Simmens , S. J., 2006. The effects of pulsed 860 MHz radiofrequency radiation on the promotion of neurogenic tumors in rats, *Radiation Research*, v.165(5), p.608-615.

54. Sievert, U., Eggert, S., Goltz, S., Pau, H. W., 2007, Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phone on auditory and vestibular labyrinth, *Laryngorhinootologie*, v.86(4), p.264-70.
55. Alexander, V., Krarenko, Tan, U., 2003, Effects of High-Frequency Electromagnetic Fields on Human EEG: Abbrain Mapping Study, *International J. Neuroscience*, v.113, p.1007-1019.
56. Elisabeth, D., Claudia, S., Franz, A., Oswald, J., Hugo, R., 2007, Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro, *Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, v.583, p.178-183.
57. Belyaev, I., Koch, C., Terenius, O., Roctraw, L., Malmgren, L., H.Sommer, W., Salfrad, L., 2006, GSM microwave induces changes in gene expression but not double stranded DNA break effect on chromatin conformation, *Pubmed*, v.27(4), p.295-306.
58. Zhang, D., Xu, Z., Chiang, H., Lu, D., Zenq, Q., 2006, Effect of GSM 1800 MHz radifrequency electromagnetic fields on DNA damage in chinese hamster lung cells, *Pubmed*, v.40(3), p.149-52.
59. Zeng, Q., Weng, Y., Chen, G. D., Lu, D. Q., Chiang, X. Z, 2007, Effect of GSM 1800 MHz radio frequency electromagnetic fields on protein expression profile of human breast cancer cell MCF-7, *PUBMED*, v.40(3), p153-8.
60. Dobson, J., Cranfield, C., Maddan, J.A., Wieser, H., 2003, Cell Molarity in magnetite-producing bacteria exposed to gsm radiation, *Proceedings of the 15. International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Zürich, Switzerland*.
61. ICNIRP, 1998, International Non-Ionizing Radiation Committee of the IRPA Guidelines on Limits of Exposure to radiation Frequency EM Fields in the Frequency Range from 100 kHz to 300 GHz healt physics, 74i4494-522.
62. ANSI/IEEE, 1992, American National Standart –Safety Levels with Respect to exposure to radio Frequency Electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz., ANSI/IEEE c95.1-1992, NewYork , IEEE.
63. FCC, 1999, Questions and Answers about Biological Effects and Potential Hazards of Radiofrequency Electromagnetic Fields, Federal Communications Commission Office of Engineering & Technology, Washington, USA.

64. İdimen, M., 1995, *Elektromanyetik Dalgaların Temelleri*, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 145s.
65. Bayrakçı, E., 2001, *“Elektromagnetik Dalga Teorisi”*, Birsen Yayın Evi, İstanbul, 300s.
66. John, D. K., Ronald, J. M., 2002, *“Antennas”*, Mc-Graw-Hill Companies, NewYork-USA, 920p.
67. Sevgi, L., 2000, *“Elektromanyetik Uyumluluk”*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Yapım Matbaa, İstanbul, 273s.
68. Gürdal, O., 2000, *“Elektromanyetik Alan Teorisi”*, Nobel Kitapevi, İstanbul, 464s.
69. Croft, R., Chandler, J., Burgess, A., Barry, R., Williams, J., Clark, A., 2002, Acute mobile phone operation affects neural function in humans, *Clinical Neurophysiology*; v.113, p.1623-1632.
70. IEGMP (Independent Expert Group on Mobile Phones), 2001, Mobile Phones and Health, <http://www.iegmp.org.uk>
71. Commission on Electromagnetic Noise and Interference 2002-2005 Triennium Report, 2005, <http://www.ursi.org/India05/ComTriReports/ComEtrirep.htm>
72. David, P., Adams, D., Dawe, S., Brette S., Jhon W., 2005, Non-Thermal Biological Effect of Microwave Fields on Caenorhabdits Elegans, *Nature* 405:417-418.
73. Valsechi, O. A., Horri, J., Angelis, D., 2004, The Effect of Microwaves on Microorganism, *Arq. Institute Biology*, v.71-3, p.399-494.
74. Sadeghi, A. A., Shawrang, P., 2005, Effects of Microwave irradiation on ruminal degradability and in vitro digestibility of conala meal, *Animal Feed Science and Technology*, Elsevier, ANIFEE-11385, n.10.
75. Diane D., Therese J., Jean-Marc E., 2003, Head-only exposure to GSM 900 MHz electromagnetic fields does not alter rat's memory in spatial and non-spatial tasks”, *Behavioural Brain Resarch*, Elsevier, v.145, p.51-61.
76. Zook, B.C., Simmens, S. J., 2002, Effects of cell phone radiofrequency (860 MHz) on the latency of brain tumors in rats”, *Internatonal Congress Series* 1236 Elsevier, p.137-139.
77. Fritze, K., Wiessner, C., Kuster, K., Sommer, C., Gas, P., Hermann, D.M., Kiessling, M., Hossmann, K. A., 1997, Effect of Global System for Mobile Communication

- Microwave Exposure on the genomic response of the rat brain, *NeuroScience pregmon*, v.81-3, p.627-639.
78. Alexander, V. K., Tan, U., 2003, Effects of High Frequency Electromagnetic Fields on Human EEG: A Brain Mapping Study”, *Intern. J. Neuroscience*, v.113, p.1007-1019.
 79. Cheng, K., Zou, C., 2006, Electromagnetic field effect on separation of nucleotide sequences and unwinding of a double helix during DNA replication, *Medical Hypotheses*, v.66, p.148-153.
 80. Nageswari, K. S., 2003, Biological Effect of Microwaves and Mobile Telephony , *Proceedings of the International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN*.
 81. Diem E., Schwarz, C., Adlkofer, F., Jhan, O., Rüdiger, H., 2005, Non-Thermal DNA breakage by mobil-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblast and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cell in vitro , *Mutaiton Reseach, Elsevier*, v.583, p.178-183.
 82. Dobson, J., Cranfield, C., Maddan, J. A., Wieser, H. G., 2003, Cell Molarity in Magnetite-Proucing Bacteria Exposed to GSM Radiation, *Proceedings of the 15 th International Syposium on Electromagnetic Compatibilty, Switzerland*
 83. Didmitris, J. P., Andreas, K., Lukas, H. M., 2004, Effect of GSM 900 MHz Mobile Phone Radiation on the Reproductive Capacity of *Drosophile melangaster*, *Electromagnetic biology and medicine*, v.23-1, p.29-43.
 84. Seitz, H., Stinner, D., Eikmann, T., Herr, C., Rösli, M., 2005, Electromagnetic hypersensitivty (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication a literature review published between 2000-2004, *Science of the Total Environment*, v.349, p.45-55.
 85. Liu, S. L., Chen G., Yong, M. S., 2004, EMC characterization and process study for electronics packaging *Thin Solid Films*, v.462-463, p. 454-458 .
 86. Lochot, C., Calvet, S., Ben Dhia, S., Sicard, E., 2004, REGINA test mask: research on EMC guidelines for integrated automotive circuits, *Microelectronics Journal*, v.35-6, p.509-523 .
 87. Yoshio, T., Hideki, H., Shin, K., Yukihsa, S., Masao, T., Junji, M., 2006, Effects of Continuous and Intermittent Exposure to RF Fields With a Wide Range of SARs on Cell Growth, Survival, and Cell Cycle Distribution , *Bioelectromagnetics*, v.27, p.392-400.
 88. Hossmann, K.A., Hermann, D. M., 2003, Effects of Electromagnetic Radiation of Mobile Phones on the Central Nervous System , *Bioelectromagnetics*, v.24, p.49-62.

89. Christian, H. M. B., Matti, L., Antti, R., Mika, K., Heikki, H., 2005, Electromagnetic Field Emitted by 902 MHz Mobile Phones Shows No Effects on Children's Cognitive Function, Bioelectromagnetics Supplement, v.7, p.S144-S150.
90. Igor, Y. B., Catrin, B.K., Olle, T., Katarina, R. I., Lars, O.G. M., Wolfgang, H. S., Leif, G. S., Bertil, R.R. P., 2006, Exposure of Rat Brain to 915 MHz GSM Microwaves Induces Changes in Gene Expression But Not Double Stranded DNA Breaks or Effects on Chromatin Conformation , Bioelectromagnetics, v.27, p.295-306.
91. Mirta, T., Kre, S. M., Branka, P. K., 2005, Influence of 400, 900, and 1900MHz Electromagnetic Fieldson Lemnaminor Growth and Peroxidase Activity , Bioelectromagnetics, v.26, p.185-193.
92. Helga, T., Waltraud, N., Hamid, M. D., 2006, In vitro Effects of GSM Modulated Radiofrequency Fields on Human Immune Cells , Bioelectromagnetics, v.27, p.188-196.
93. Zehling, A., Hahn, R., Ahrer, K., Urthaler, J., Jungbauer, A., 2004, Mass transfer characteristics of plasmids in monoliths , Journal. Sep. Science,v.27, p.819-827.
94. Jacques, V., Andre, V. V., 2004, Theoretical Evaluation of Dielectric Absorption ofMicrowave Energy at the Scale of Nucleic Acids, Bioelectromagnetics, v.25, p.380-389.
95. Yoshio, T., Hideki, H., Shin, K., Yukihisa, S.,Masao ,T., Junji, M., 2006, Effects of Continuous and Intermittent Exposure to RF FieldsWith a Wide Range of SARs on Cell Growth,Survival, and Cell Cycle Distribution, Bioelectromagnetics, v.27, p.392-400.
96. NRPB-R231(National Radiological Protection Board), Exposure to Radio Waves near Mobil Phone Base Stations, 2000, <http://www.hpa.org.uk/radiation>.
97. Çelik, V., 2004, Plasmodium falciparum'da Laktak Dehidrogenaz Enziminin Aktif Bölge Halkası Amino Asitlerin site-directed mutagenез çalışmaları ile analizi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, ELAZIĞ
98. Cooper, Hausmn, R. E., Çeviri: Sakızlı, M., Atabey, N.,2006, "*Hücre Moleküler Yaklaşım*", İzmir Tıp Kitabevi, İzmir, 713s.
99. Bilgehan,H.,2002, "*Temel Mikrobiyoloji ve Bağışıklık Bilimi*", Barış Yayınları, Fakülteler Kitabevi, İzmir, 622s.
100. Özçelik, S., 1998, "*Genel Mikrobiyoloji*", Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Isparta, 259s.

101. Arda, M., 2000, “*Temel Mikrobiyoloji*”, Medisan Yayınları, Ankara, 548s.
102. Temizkan, G., Arda, N., 2004, “*Moleküler Biyolojide Kullanılan Yöntemler*”, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 345s.
103. Rpgine, C. K., Michel, J., Francois, G., 1972, Two Heat-Resistant, Low Molecular Weight Proteins from Escherichia coli That Stimulate DNA-Directed RNA Synthesis (w-factor/Sephadex chromatography/RNA polymerase/aminoacid composition), Proceedings - National Academy Of Sciences USA, v.69-12, p.3643-3647.
104. http://www.epibio.com/f4_3/f4_3g.asp
105. <http://www.genbilim.com/content/view/559/32/>
106. <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/gen/>
107. <http://genomics.energy.gov/>
108. <http://www.newton.dep.anl.gov/askasci/mole00/mole00415.htm>
109. T. A. Brown, 2002, “*Genomes*”, BIOS Scientific Publishers Ltd, Printed by Ajanta Offset, New Delhi, India, 472p.
110. <http://veterinary.ankara.edu.tr/~fidanci/Dersler/Enzimler/EnzimEtkiFaktor.htm>
111. Clote, P., 2000, “*Computational Molecular Biology*”, Jhon-Wiley&Sons Ltd, England, 282p.
112. Hunter, L., 1993, “*Artificial Intelligence & Molecular Biology*”, MIT Press, USA, 480p.
113. Ravera, S., Repaci, E., Morelli, A., Pepe, I. M., Botter, R., Beruto, D., 2004, Electromagnetic field of extremely low frequency decreased adenylate kinase activity in retinal rod outer segment membranes, Bioelectrochmesitry, v.64, p.317-320.
114. <http://de.wikipedia.org/wiki/Chromosom>
115. <http://www.genbilim.com/content/view/2708/32>
116. <http://www.genetikbilimi.com/genbilim/kromozom.htm>
117. Robert, L. N., Roderick R. M., Hubtington F. W., 2005, Thompson &Thompson Genetics in Medicine, “*Tıbbi Genetik*”, Güneş Kitabevi, İstanbul, 446s.
118. Bahçeci, Z., 2001, “*Genetik*”, Öğrenci Kitabevi, Kırşehir, 264s.
119. Lüleci, G., Sakızlı, M., Alper, Ö., 2000, “*Renkli Genetik Atlası*”, Nobel Kitabevi, İstanbul, 411s.

120. Turgut-Balik, D., Akbulut, E., Shoemark, D.K., Celik, V., Moreton, K.M., Sessions, R.B., Holbrook, J.J., Brady, R.L., 2004, Cloning, Sequence and Expression of The Lactate Dehydrogenase Gene From The Human Malaria Parasite, *Plasmodium vivax*, Biotechnology Letters
121. http://europe.nokia.com/phones/declaration_of_conformity
122. Maniatis, T., Fritsch, EF., Sambrook, J., 1982, Molecular Cloning. Cold Spring Harbor Laboratory.
123. Sharp, PA., B. Sugden and J. Sambrook, 1973, Detection of two restriction endonuclease activities in *Haemophilus parainfluenza* using analytical agarose, Biochemistry, 12: 3055.
124. Winfrey, MR., Rott, MA., Wortman, AT. , 1997, Unraveling DNA Molecular Biology for the Laboratory, Prentice. Hall, Inc., USA.
125. QIAGEN, QIAprep[®] Midiprep Handbook, 2003, Cat. No: 27104, Germany, 61p.
126. Kreuzer, H., Massey, A., 1996, Recombinant DNA and Biotechnology, Washington DC, ASM Press, USA.
127. Johnson, PH and LI. Grossman, 1977, Electrophoresis of DNA in agarose gels. Optimizing separations of conformational isomers of double and single stranded DNAs. Biochemistry, 16:4217.
128. Kıran, Y., Şahin, A., 2005, The Effects Of The Lead On The Seed Germination, Root Growth, And Root Cell Mitotic Divisions Of Lens Culinaris Medik, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, v.18(1), p.17-25.
129. Cheng, K., Zou, C., 2006, Electromagnetic field effect on separation of nucleotide sequences and unwinding of a double during DNA replication, Science Research, Elsevier, Medical Hypotheses, v.66-1, p.148-153.
130. Tian, F., Nakahara, T., Wake, K., Taki, M., Miyakoshi J., 2002, Exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields induces hsp70 at a high SAR of more than 20 W/kg but not at 5W/kg in human glioma MO54 cells, The International Journal of Radiation Biology, v.78, p.433-40.
131. Mashevich, M., Folkman, D., Kesar, A., Barbul, A., Korenstein, R., Jerby, E., Avivi, L., 2003, Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic fields associated with cellular phones leads to chromosomal instability, Bioelectromagnetics, v.24, p.82-90.

132. Vijayalaxmi, Bisht, K. S., Pickard, W., Meltz, M., Roti, R. J., Moros, E., 2001, Chromosome damage and micronucleus formation in human blood lymphocytes exposed in vitro to radiofrequency radiation at a cellular telephone frequency (847.74 MHz, CDMA)., *Radiation Research*, v.156, p430-2.28.
133. Vijayalaxmi, Leal, B., Meltz, M., Pickard, W., Bisht, K., Roti, R. J., 2001, Straube WL, Moros EG. Cytogenetic studies in human blood lymphocytes exposed in vitro to radiofrequency radiation at a cellular telephone frequency (835.62 MHz, FDMA). *Radiation Research*, v.155, p.113-21.
134. Dobson, J., Cranfield, C., Maddat, J. A., Wieser, H., 2003, Cell Molarity in Magnetite-Producing Bacteria Exposed to GSM Radiation, *Proceedings of the International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Switzerland*
135. Proctor, B. E., Goldblith, S. A., 1951, Electromagnetic radiation Fundamentals and their applications in food technology, *Advances in food Research*, v.3, p.120-196.
136. Jepsen, M. R., Harper, J. C., 1967, Microwave heating substances under hydrostatic pressure, Cry-o-Dry Corporation, US Patent 3,335,253.
137. Mudeget, R. E., Schwartzberg, H. G., 1982, Microwave food processing: pasteurization and sterilization review, *AIChE Symposium*, v.78, n.128, p.1-11.
138. Casasnovas, J., Anatheswaran, R. C., Shenk, J., Puri, V. M., 1994, Thermal processing of food packaging waste using microwave heating, *J. Microwave Power Electromagnetic Energy*, v.29, p.171.
139. Burfoot, D., Railton, C. J., Foster, A. M., Reavell, R., 1996, Modelling the pasteurization of prepared meal with microwaves at 896 MHz. , *Journal Food Engineering*, v.30, p117-133.
140. Villamiel, M., Lopez, F. R., Olano, A., 1997, Microwave pasteurization of milk in continuous flow unit. Effects on the cheese-making properties of goat's milk, *Milchwissenschaft*, v.52, n.1, p.29-32.
141. Hamnerius Y., Rasmuson B., 1985, Biological effect of high-frequency electromagnetic fields on *Salmonella typhimurium* and *Drosophila melanogaster*, *Bioelectromagnetics*, v.6(4), p.405-419.
142. Dutta S., Verma M., Blackman C., 1994, Frequency-dependent alterations in enolase activity in *Escherichia coli* caused by exposure to electric and magnetic fields, *Bioelectromagnetics*, v.15(5), p.377-83.

143. Erol, O., Oldacay, S., Erdem, G., 2003, *Escherichia coli* ve *Saccharomyces cerevisiae* Suflarının Elektromanyetik Alandaki Üreme Davranışları , Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi ,v.33, p.191-196.
144. Mineta, M., Katada, R., Yamada, T., Nagasawa, K., Takahashi, K., Aburano, T., Yoshida, I., 1999, Bacterial mutation in high magnetic fields and radiofrequency radiation, *Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi*, v.59, p.467-9.
145. Valsechi, O. A., Horii, J., Angelis, D. F., 2004, The effect of Microwaves on microorganisms, *Arg.Inst.Biol*, v.71, n.3, p.399-404.
146. Dimitris, J., Panagopoulos, Andreas, K., Margaritis, L. H., 2004, Effect of GSM 900-MHz Mobil Phone Radiation on the reproductive capacity of *drosophila melanogaster*, *Electromagnetic Biology and Medicine*, v.23, n.1, p.29-43.
147. Francesca, N., Maria, G. P., Rosanna, P., Giorgio, A. L., Carmela, M., Claudio, P., 2006, Effect of GSM-Modulated Radio Frequency Electromagnetic Fields on B-Cell Peripheral Differentiation and Antibody Production, *Section of Toxicology and Biomedicine*, v.165-6, p.664-670.
148. Panagopoulos, D. J., Messini, N., Karabarbounis, A., Philippetis, A. L., Margaritis, L. H., 2000, Radio frequency electromagnetic radiation within “safety levels” alters the physiological function of insects, in: P. Kostarakis, P. Stavroulakis (Eds.), *Proceedings of the Millennium International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields*, Heraklion, Crete, Greece, p.169–175.
149. Capri, M., Scarcella, E., Fumelli, C., Bianchi, E., Salvioli, S., Mesirca, P., Agostini, C., Antolini, A., Schiavoni, A., Castellani, G., Bersani, F., Franceschi, C., 2004, In vitro exposure of human lymphocytes to 900 MHz and GSM modulated radiofrequency: studies of proliferation, apoptosis and mitochondrial membrane potential, *Radiation Research*, v.162 (2), p.211–218.
150. Barteri, M., Pala, A., Rotella, S., 2005, Structural and kinetic effects of mobile phone microwaves on acetylcholinesterase activity, *Biophy.Chem.*, v.113(3), p.245–253.
151. Markova, E., Hillert, L., Malmgren, L., Persson, B. R., Belyaev, I. Y., 2005, Microwaves from GSM mobile telephones affect 53BP1 and gamma-H2AX foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons, *Environ. Health Perspect.*, v.113 (9), p.1172–1177.

152. Hutter, H. P., Moshhammer, H., Wallner, P., Kundi, M., 2006, Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations, *Occup. Environ. Med.*, v.63, p.307–313.
153. Dimitris, J. P., Evangelia, D. C., Ioannis, P. N., Lukas, H. M., 2007, Cell death induced by GSM 900 MHz and DCS 1800 MHz mobile telephony radiation, *Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, v.26, p.69-78.
154. Fritze, K., Wiessener, C., Kuster, N., Sommer, C., Gass, P., Herman, D., M., Kiessling, M., Hossmann, K. A., 1997, Effect of Global system For Mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain, *Neuroscience*, v.81, n.3, p.627-639.
155. Tenford, T., 1986, *“Interaction of ELF Magnetic Fields with Living Matter. In Polk C, Postow E (eds): CRC Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields”*, Boston: CRC Press, p.197-228.
156. Dacha, M., Accorsi, A., Pierotti, C., Vetrano, F., Mantovani, R., Guidi, G., Conti, R., Nicolini, P., 1993, Studies on the Possible Biological Effects of 50 Hz Electric and/or Magnetic Fields: Evaluation of Some Glycolytic Enzymes, Glycolytic Flux, Energy, and Oxido-Reductive Potentials in Human Erythrocytes Exposed in Vitro to Power Frequency Fields. *Bioelectromagnetics*, v.14, p.383-391.
157. Adey, W., 1992, *“Biological Effects of Electromagnetic Fields”*, *J Cellular Biochem*, v.51, p.410-416.
158. Seze, R., Bouthet, C., Tuffet, S., Deschaux, P., Caristan, A., Moreau, J., Veyret, B., 1993, Effects of Time-Varying Uniform Magnetic Fields on Natural Killer Cell Activity and Antibody Response in Mice. *Bioelectromagnetics*, v.14, p.405-412.
159. Azanza, M., Moral, A., 1994, Cell Membrane Biochemistry and Neurobiological Approach to Biomagnetism, *Progress in Neurobiology*, v. 44, p.518-601.
160. Canseven, A., Özel, Ü., Bilgihan, A., Seyhan, N., 2003, The Effect of ELF Magnetic Field Exposure on Kidney Myeloperoxidase (MPO) Activity, 13th Balkan Biochemical Biophysical Days & Meeting on Metabolic Disorders., Kuşadası, Turkey, p.96.
161. Canseven, A., Özel, Ü., Bilgihan, A., Seyhan, N., 2004, Does ELF Magnetic Field Affect the Myeloperoxidase (MPO) Activity in the Lung, 11th International Congress of the International Radiation Protection Association, Madrid, Spain, id.591.

162. Güler, G., Hardalaç, F., Arıcıoğlu, A., 2005, Examination of Electric Field Effects on Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzymes by Using Multilayer Perceptron Neural Network, *G.U. Journal Science*, v.18, p.27-37.
163. Ayşe, G. C., Seyhan, N., Aydın, A., Çevik, C., Işimer, A., 2005, Effects Of Ambient Elf Magnetic Fields: Variations In Electrolyte Levels In The Brain And Blood Plasma, *Gazi Tıp Dergisi*, cilt.16, s.3, p.121-127.
164. Sadeghi, A. A., Shawrang, P., 2005, Effects of microwave irradiation on ruminal degradability and in vitro digestibility of conala meal, *Animal Feed Science and Technolgy*
165. Hooi, B. L., Greg, G. C., Anthony, T. B., Les, C., 2005, Effect of 900 MHz Electromagnetic Fields on Nonthermal Induction of Heat-Shock Proteins in Human Leukocytes, *Bioone Journals*, v.163, p.45-52.
166. Maria, R. S., Anna, M. F., Paola, V., Rosanna, P., Carmela, M., Maurizio, S., Pierluigi, A., Anna, S., Giorgio, A. L., 2006, Exposure to Radiofrequency Radiation (900 MHz, GSM signal) does not Affect Micronucleus Frequency nad Cell Proliferation in Human Peripheral Blood Lymphocytes, *Bioone Journals*, v.165, p.655-663.
167. Xie, L., Jiang, H., Sun, W. J., Fu, Y. T., Lu, D. Q., 2006, GSM 1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic fields induced clustering of membrane surface receptors and interference by noise magnetic fields, *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*, v.24, p.461-4.
168. Goodman, E., Greenebaum, B., Marron, M., 1994, Magnetic fields after translation in *Escherichia coli*, *Bioelectromagnetics*, v.15, p.77.
169. Capri, M., Scarcella, E., Bianchi, E., Fumelli, C., Mesirca, P., Agostini, C., Remondini, D., Schuderer, J., Kuster, N., Franceschi, C., Bersani, F., 2004, 1800 MHz radiofrequency (mobile phones, different Global System for Mobile communication modulations) does not affect apoptosis and heat shock protein 70 level in peripheral blood mononuclear cells from young and old donors, *International Journal of Radiation Biology*, v.80-6, p.389 – 397.
170. Jaroslaw, C., Kaomei, G., Qinghua, Z., Teodora, N., Armin, M., Frank, S., Jürgen, S., Niels, K., Anna, M. W., 2004, High Frequency Electromagnetic Fields (GSM Signal) Affect Gene Expression Levels in Tumor Suppressor p53-Deficient Embryonic Stem Cells, *Bioelectromagnetics*, v.25, p.296-307.

171. Ravera, S., Repaci, E., Morelli, A., Pepe, I. M., Botter, R., Beruto, D., 2004, Electromagnetic field of extremely low frequency decreased adenylate kinase activity in retinal rod outer segment membranes, *Bioelectrochemistry*, v.63, p.317-320.
172. Morelli, A., Ravera, S., Panfoli, I., Pepe, I. M., 2005, Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on membrane-associated enzymes, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v.441, p.191-198.
173. Stopczyk, D., Gnitecki, W., Buczynski, A., Kowalski, W., Buczynska, M, Kroc, A., 2005, Effect of electromagnetic field produced by mobile phones on the activity of superoxide dismutase(SOD-1), *Zaklad Medycyny*, v.51, p.1:125-8.
174. Vinita, C., Sami, S. Q., Stephanie, L., Anu, M., Pascale, V. B., Carole, L. Y., George, R. D., Andrew, W., James, P. M., 2007, Analysis of Gene expression in two human-derived cell lines exposed in vitro to a 1.9 GHz pulse-modulated radiofrequency field, *proteomics Journal*, v.7, p.3896-3905.
175. David, I. D. P., Adam, S. D., Brette, S., Jhon, W., 2007, Non-thermal Biological Effect of Microwave Fields on *Caenorhabditis Elegans*, *School Of Life and Environmental Sciences*, University of Nottingham.
176. Kerbacher, J., Meltz, M., Erwin, D., 1990, Influence of radiofrequency radiation on chromosome aberrations in CHO cells and its interaction with DNA damaging agents, *Radiat Res*, v.123(3), p.311-9.
177. Alvaro A. A. S., 1999, Biological Effects of Microwave and RF, *SBMA/IEEE MTT-S IMOC'99 Proceedings*, p.51-56.
178. Wesoly, C. E., Geimba, M. P., Streck, E. E., 2000, Evaluation of biological Effects of Gamma-Rays in *Escherichia coli* Cells, *Proceedings of the 22. Annual EMBS International Conference*, Chicago.
179. Vijayalaxmi, Bisht, K., Pickard, W., Meltz, M., Roti, R. J., Moros, E., 2001, Chromosome damage and micronucleus formation in human blood lymphocytes exposed in vitro to radiofrequency radiation at a cellular telephone frequency(847,74 MHz,CDMA), *Radiat Res*, v.156(4), p.430-2.
180. Zook, B. C., Simmens, S. J., 2002, Effects of a cell phone radiofrequency (860 MHz) on the latency of brain tumors in rats, *International Congress Series 1236*, p.137-139.

181. Diane, D., Therese, J., Jean-Marc, E., 2003, Head only exposure to GSM 900 MHz electromagnetic fields does not alter rats's memory in spatial nad non-spatial tasks, Behavioural Brain Research, v.145, p.51-61.
182. Nageswari, K. S., 2003, Biological Effects of Microwaves and Mobil Telephony, Proceedings of the International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN(ICNIR) Electromagnetic Fields and our Health.
183. Radojka, P., Gordana, T., Silvana, S., 2003, Mechanism of Mobil Phone Radiation Acting on Biological System, TELSIKS/IEEE, Serbia and Montenegro.
184. Alexander, V. K., Uner, T., 2003, Effects of High-Frequency Electromagnetic Fields on Human EEG: A brain Mapping Study, International J. Neurescience, v.113, p.1007-1019.
185. Graham, J. H., Peng, Z., Lagroye, I., Li, L., Ryuji, H., Eduardo, G. M., William, L. S., William, F. P., Jack, D. B., Joseph, L. R. R., 2004, Measurement of DNA Damage and Apoptosis in Molt-4 Cells after in vitro Exposure to radiofrequency Radiation, Raidation Research , p.193-200.
186. Igor, Y. B., Lena, H., Marina, P., Christoffer, T., Lars, O. G. M., Bertil, R. R. P., Galina, S., Mats, H. R., 2005, 915 MHz Microwaves and 50 Hz Magnetic Field Affect Chromatin Conformation and 53BP1 Foci in Human Lymhoctyes From Hypersensitive and Healty Persons, Bioelectromagnetics, v.26, p.173-184.
187. Parazzini, M., Bell, S., Thuroczy, G., Molnar, F., Tognola, G., Lutman, M. E., Ravazzini, P., 2005, Influence on the mechanism of generation of distortion product otoacoustic emission of mobil phone exposure, Hearing Research, v.208, p.68-78.
188. Maes, A., Collier, M., Verschaeve, L., 2001, Cytogenetic Effects of 900 MHz(GSM) Microwaves on Human Lymphocytes, Bioelectromagnetics, v.22, p.91-96.
189. Malyapa, R., Ahern, E., Straube, W., Moros, E., Pickard, W., Roti, J., 1997, Measurement of DNA damage after exposure to electromagnetic radiation in the cellular phone communication frequency band (835,62 and 847.74 MHz), Radiation Research, v.148(6), p.618-27.
190. Raymond, R. T., Grham, G. H., Maria, D., Donald, I. M., Arthur, W. G., 2002, Genotoxicity of radiofrequency Signals.I.Invesitgation of DNA Damage and Micronuclei Induction in Cultured Human Blood Cells, Bioelectromagnetics, v.23, p.113-126.

191. Elisabeth, D., Claudia, S, Frnaz, A., Oswald, J., Hugo, R., 2005, Non-Thermal DNA breakage by mobil phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in trasnformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitor, *Mutation Reseach*, v.583, p.178-183.
192. Wang, B., Lu, D., Jin, L., Zheng, W., Lou, J., Deng, H., Li, Q., He, J., 2005, Influence of 1.8GHz microwave on DNA damage induced by 4 chemical mutagens, *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*, v.23(3), p.263-6.
193. Kang, C., Changhua, Z., 2006, Electromagnetic field effect on separation of nucleotide sequences and unwinding of a doublex helix during DNA replication, *Medical Hypotheses*, v.66, p148-153.
194. Sun, L., Yao, K., Wang, K. Lu, D., Hu, H., Gao, X., Wang, B., Zheng, W., Lou, J., Wu, W., 2007, Effects of 1.8 GHz radiofrequency field on DNA damage and expression of heat shock protein 70 in human lens epithelial cells, *Mutation Research*, v.602, p135-142.
195. Ivancsits, S., Diem, E., Jahn, O., Rudiger, H. W., 2003, Intermittent extremely low frequency electromagnetic fields cause DNA damage in a dose-dependent way, *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, v.76, p.431–436.
196. McNamee, J. P., Bellier, P. V., Gajda, G. B., Miller, S. M., Lemay, E. P., Lavallo'e, B. V, Marro, L., Thansandote, A., 2002, DNA damage and micronucleus induction in human leukocytes after acute in vitro exposure to a 1.9 GHz continuous-wave radiofrequency field, *Rad. Res.*, v.158, p.523–533.
197. Schuderer, J., Kuster, N., 2003, Effect of the meniscus at the solid/liquid interface of the SAR distribution in Petri dishes and flasks, *Bioelectromagnetics*, v.24, p.103–108.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	: Ayhan AKBAL
Doğum Yeri ve Tarihi	: ELAZIĞ / BASKİL – 01.08.1977
Adres	: Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği ELAZIĞ/ TÜRKİYE
Telefon	: 0424-2370000/5215
E-mail	: ayhanakbal@gmail.com
Url	: http://www.ayhanakbal.com
Medeni Durumu	: Evli
Çocuk	: 1 Kız Çocuğu
Eşi	: Ev Hanımı (Endüstriyel Elektronik Teknikeri)



Eğitim Bilgileri

Yüksek Lisans :	Fırat Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü -Telekomünikasyon A.B.D. Konu: “Mikrodalga Devrelerinin Karakteristiğinin İki Boyutlu TLM Yöntemi ile Analizi”, Fırat Üniversitesi, 2001.	2001
Lisans :	Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği	1999
Lise :	İstanbul Yeşilköy 50. Yıl Lisesi	1994
Orta Öğretim :	Ankara Nurettin Ersin İlköğretim Okulu	1991

İş Kariyeri

	Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği - Araştırma Görevlisi	Devam Ediyor
	Fırat Üniversitesi Enformatik Bölümü - Bölüm Bşk. Yrd.	2001–2004
	Fırat Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi - Daire Bşk. Yrd.	2001–2004
	Fırat Üniversitesi Bilgisayar Teknik Komisyonu - Üye	2001–2004
	Fırat Haber Gazetesi – Yayın Kurulu Üyesi	2003–2004
	Biltem Mühendislik Müteahhitlik Bilgisayar San.ve Tic. A.Ş. – Satış Müdürü	1998
	Biltem Mühendislik Müteahhitlik Bilgisayar San.ve Tic. A.Ş. – Teknik Servis Müdürü	1997
	Biltem Mühendislik Müteahhitlik Bilgisayar San.ve Tic. A.Ş. – Teknik Personel	1996

Staj Eğitimi

	Türk Hava Yolları- Maintenances – ERA Atölyeleri-Elektrik Atölyesi (30 iş günü)	1996
	Türk Hava Yolları- Maintenances – Avionic Atölyesi (30 iş günü)	1997

Sertifikalar

	Cisco Systems CCNA Semester 1	2002
	Cisco Systems CCNA Semester 1-2	2002
	ECDL Sertifikası	2002
	ECDL Test Sorumlusu Sertifikası	2003
	F.Ü. Veritabanı Yönetimi Sertifikası	2002
	F.Ü. Bilgisayar Ağları Eğitimi Sertifikası	2003
	F.Ü. Microsoft Exchange Sertifikası	2002
	F.Ü. Sistem Yöneticisi Sertifikası	2003
	F.Ü. Web Tasarımı Sertifikası	2003
	F.Ü. Bilgisayar Programcısı Sertifikası	2003