

Mobil Telefonların Yaydığı Elektromanyetik Dalgaların *E.coli*'nin Gelişimine Etkisi

Ayhan AKBAL
Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Fırat Üniversitesi
Elazığ
ayhan_akbal@firat.edu.tr

Hasan H. BALIK
Elektrik-Elektronik Mühendisliği
İstanbul Arel Üniversitesi
İstanbul
hasanbalik@gmail.com

Özet - Bu çalışmada mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların bakteri gelişimine etkisini tespit etmek amacıyla deneysel çalışma yapılmıştır. Deney kapsamında *E. coli* bakteri hücreleri kullanılmıştır. Deneyde kullanılan bakteri kültürü, logaritmik faza ulaşıncaya steril koşullarda iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup deney düzeneğine yerleştirilmiş ve mobil telefonun yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmıştır. İkinci grup ise kontrol grubu olarak ayrılarak elektromanyetik dalga uygulanmayan aynı özelliklerde başka bir fiziksel ortama konulmuştur. Her iki ortamda ortam sıcaklığı 37 °C de sabit tutularak mobil telefonların oluşturulduğu ısı etkisi minimize edilmiştir. Daha sonra deney grubu bakteri hücreleri mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz bırakılarak, kontrol grubu ise elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmaksızın 10 saat süresince inkübe edilmiştir. Elektromanyetik dalgaya maruz kalan ve kontrol grubu *E. coli* hücrelerinden her saat başı örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin optik yoğunlukları ölçülerek, mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların bakteri gelişimine olan etkileri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler - EMC, BMC, GSM, Mobil Telefon, Bakteri, *E. Coli*.

I. GİRİŞ

Günümüzde teknolojiye paralel olarak elektromanyetik dalga yayan cihazların günlük yaşamdaki yeri de artmıştır. Özellikle mobil telefonlar hayatımızın vazgeçilmez cihazları olmuşlardır. Bugün mobil telefon kullanımının 9'un altına düşmesi [1], dünyadaki mobil telefon kullanıcı sayısının 5 milyarı geçmesi [1] ve gün geçtikçe hızlı bir şekilde artması mobil telefonlarının etkilerinin araştırılmasında önemli bir etken olmuştur. Mobil telefonlardan yayılan elektromanyetik dalganın canlılar üzerine etkilerinin araştırılmasına yönelik çalışmalar hızlanmış [3] ve bu dalgaların insan sağlığına etkisi bilim insanlarının sürekli ilgi duydukları bir konu olmuştur. Epidemiyolojik çalışmalar da hız kazanmaya başlamıştır.

Elektromanyetik dalganın etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar; insanlar ile ilgili yapılan epidemiyolojik araştırmalar, hayvan modelleri üzerinde yapılan araştırmalar (*in vivo*) ve hücre çalışmaları (*in vitro*) şeklinde bir kaç grup altında toplanmaktadır.

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 epidemiyolojik çalışmaların sonuçları yorumlanmaktadır.

Bu kapsamda mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların vücudumuzun doğal florasında da yer alan *E. coli*'nin gelişimi üzerine olan etkisini tespit etmek amacıyla deneysel çalışmalar yapılmıştır.

II. TEMEL KAVRAMLAR

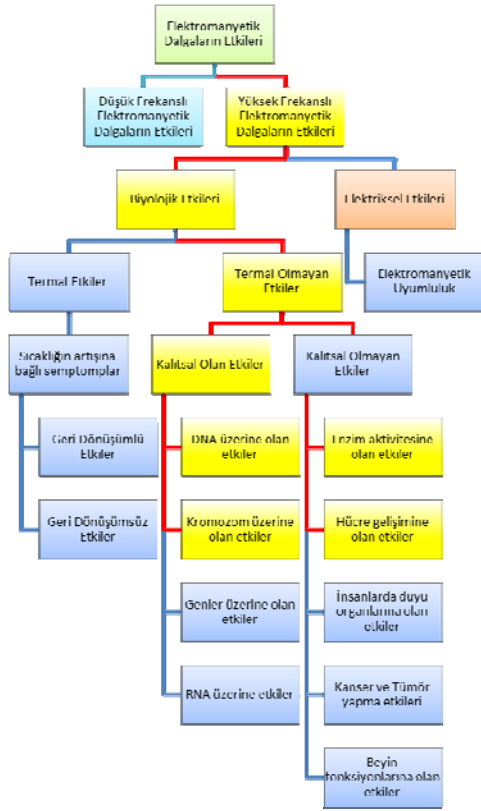
A. Elektromanyetik Dalgalar ve Etkileri

Elektromanyetik cihazların kullanımının giderek artması nedeniyle hem canlılar hemde diğer elektromanyetik dalga kullanan elektronik cihazlar ile etkileşimleri açısından bu konunun incelenmesi oldukça önem kazanmıştır. Bugün, aynı ortamda çalışan elektromanyetik dalga yayan cihazlar birbirini etkilemektedir [19], [20]. Aynı ortamda bulunan bu cihazlar biyolojik varlıkları da etkilemektedirler [13], [16] - [17]. Bilinmeyen durum bu etkinin tam olarak ne olduğudur. Biyolojik etkiler vücut içinde oluşan iç alanlara bağlı olduğundan bu alanların bulunması gerekmektedir [4]. 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 dokulara nüfuz etmesi ile frekansı arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır [11], [13]. 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 dalga, 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 [12], [11],[13].

Elektromanyetik dalgaların etkileri ile ilgili genel olarak yapılan deneysel çalışmalar ana başlıklar halinde Şekil 1'de verilmiştir [13].



Şekil 1. Elektromanyetik dalgaların etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar

Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların, dokular üzerinde oluşturduğu elektrik alan ve manyetik alan iki şekilde etki oluşturmaktadır. Bunlar; termal etkiler ve termal olmayan etkilerdir.

Termal etkiler, biyolojik doku tarafından yutulan elektromanyetik dalganın enerjisinin hücre içerisinde ısıya dönüşmesi ve dokunun ısısının artması sonucu biyolojik dokuda meydana gelen değişim olarak ifade edilmektedir. Elektromanyetik dalganın elektrik ve manyetik alan vektörleri, biyolojik doku içerisindeki yüklü olan moleküllere bir kuvvet uygulayarak bu moleküllerin hareket etmesine neden olmaktadır. Belirli 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 artışı ölçecek bir yöntem henüz tespit edilememiştir [12], [11], [13].

Termal olmayan etkiler, kesin olmamakla birlikte birçok açıdan değerlendirilmektedir. Termal olmayan etkiler, daha çok dalganın 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 epidemiyolojik çalışmalar ile belirlenmeye çalışılmaktadır [5] - [10], [15] - [29].

B. Bakteriler ve Gelişim Evreleri

Bakteriler 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[17][18].

Yapılan çalışmalar sonucunda birçok çeşit bakterinin 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 oluşturmaktadır. Hemen hemen her yerde yaşayabilmektedirler, bu nedenle herhangi bir tür organizmadan çok daha fazla sayıda bulunmaktadır. Bakteriler dünyanın en fazla sayıda bulunan üyeleri olup [30], [33] insan yaşamını da pek çok şekilde etkilemektedirler.

Bakteriler uygun besi yeri, 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 hazırlayarak biriktirmektedir [31], [32].

Bakterilerde üreme hızı, bakteri türüne ve çevresel koşullara göre değişiklik göstermektedir. Şekil 2'de bakterilerin genel büyüme eğrisi görülmektedir. Bakterilerin üremeleri geometrik bir hızla gerçekleşmektedir. Bakteri popülasyonunda her bölünmeye generasyon denilmektedir ve her iki bölünme arasında geçen süreye de generasyon süresi denilmektedir. Uygun sıvı besi yerine ekilmiş bakterilerin

üremeleri dört evrede incelenmektedir. Bu evreler latent dönemi, logaritmik dönem, durma dönemi ve ölme dönemidir [30], [33]:

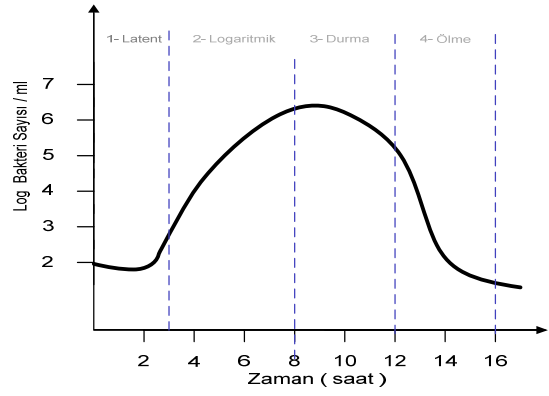
Latent dönem: Bu fazda yeni ortama ekilen bakterilerde üreme gerçekleşmemektedir. Bakteriler ortama adapte olmaya çalışmaktadır. Bu amaçla enzim üretimi ve metabolizmaları artmaktadır. Ortama adapte olmayan bakterilerin ölümü nedeniyle bakteri sayısında azalma görülebilmektedir. Ortama adapte olan ve yeterli enzim, organik ve inorganik maddeleri hazırlayan bakteriler üremeye başlamaktadır. Bu dönemin süresi bakteri türüne, ortama, çevresel koşullara, besi yerine, ekimin yapılması için alınan bakterilerin buldukları 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 besi yerinin azalması, metbolizma 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 besi yerinin azalması, metabolizma atıklarının artması, çevresel koşullardaki baskının artması ile üreme süreçleri yavaşlar [30], [33].

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 yaşamsal fonksiyonlarını devam ettirebilen bakteriler bulunabilir. Bu nedenle popülasyon hiçbir zaman sıfır olmaz. Bu ölüm süreci de üreme sürecindeki gibi logaritmik olarak gerçekleşir. Şekil 3'de bakterilerin sıvı ortamdaki üreme evreleri ve yaşam eğrileri görülmektedir [30], [33]

E. coli bakterisinin her yirmi dakikada bir bölünerek çoğalması. Uygun koşullar sağlanırsa 48 saatte 2^{114} *E. coli* hücresi ortaya çıkabilmesi, insan bağırsak florasında bulunması ve en fazlakaşılan bakteri türü olması nedeniyle bu mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların etkilerinin araştırılmasında bu baktaeri türü kullanılmıştır.



Şekil 2. Bakterinin sıvı ortamda üreme eğrisi

III. MATERYAL METOD

A. Materyaller

1) *Bakteriler*, *E. coli* JM105, F.Ü. Moleküler Tanıma Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir.

2) *Mobil telefon*, yapılan deneysel çalışmada elektromanyetik kaynak olarak SAR değeri 0,76 olan GSM bazlı cep telefonu kullanılmıştır.

3) *Frekans (operatör)*, GSM operatörü olarak GSM 1800 frekansında yayın yapan bir operatör ayrıca modülasyonun gerçekleşmesi için de bir sinyal jeneratörü kullanılmıştır.

4) *Laboratuvar*, Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünde bulunan Moleküler Tanıma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

5) *Besiyeri*, Nutrient broth (Et peptonu 5g, Et ekstraktı 3 g) 8 g/l olarak kullanılmıştır.

B. Metodlar

1) *Deney Düzenegi*, Elektromanyetik dalgaların biyolojik etkilerinin tespit edilmesinde Şekil 3'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.

IV. DENEYSEL ÇALIŞMA

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

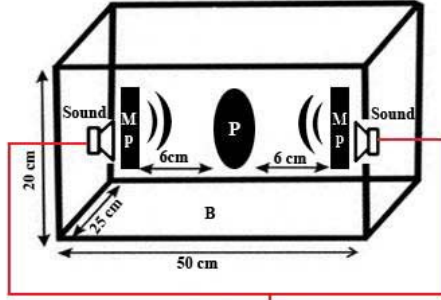
Yapılan deneylerde mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların bakteri gelişimi üzerine etkilerini araştırmak için *E. coli* kullanılmıştır.

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 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 Optik Densite(OD)'si ölçülmüştür. Ölçüm sonucu $OD_{600} = 0.24$ 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 [31], [33]. Logaritmik faz 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. Karışım steril koşullarda iki adet 100 ml'lik erlene eşit olarak bölünmüştür. Başlangıç değerlerinin tespiti için OD_{600} için 100 ml'lik erlenden 1 ml alınan örnekler spektrofotometre kuvetine alınarak spektrofotometrede ölçüm yapılmıştır. Daha sonra 100 ml'lik erlenden birincisi 37 °C'de çalkalayıcı inkübatörde 1800 MHz'de mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaya maruz bırakılmıştır, ikinci 100 ml'lik erlen ise 37 °C de başka bir çalkalayıcı inkübatörde kontrol amaçlı tutulmuştur. Deney süresince bu iki grup erlenden birer saat aralıklarla 10 saat süresince örnekler alınmıştır. Alınan örnekler bekletilmeden OD_{600} 'de spektrofotometrede ölçülmüş ve ölçüm sonuçları kayıt edilmiştir. Bütün çalışmalar steril koşullarda gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların bakteri gelişimi üzerine etkileri doğru bir şekilde tespit edilmeye çalışılmıştır.

Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalganın 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.

V. DENEYSEL SONUÇLAR

Mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalganın *E. coli*'nin gelişimi üzerine etkilerini araştırmak için yapılan üç deneyin deneysel ortalaması Çizelge 1'de verilmiştir.



MP: Mobil Telefon
P : Bakteri
B : Ortam

Şekil 3. Deney Düzenegi

Deneyde kullanılan mobil telefonun, kulak çevresinde kullanım sırasında, 2.2 cm uzaklıkta oluşturduğu SAR değeri 0,76 W/kg'dır [35].

Oluşturulan mobil telefon deney düzeninde kullanılan mobil telefonların antenleri, elektromanyetik dalgaya 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 düzeni etüv içerisine yerleştirilmiştir. Etüv içerisine yerleştirilen mobil telefonlara sinyal jeneratörü olarak kullanılan bilgisayar yardımı ile rastgele üretilen sinyaller uygulanmış ve veri iletiminin gerçekleşmesi sağlanmıştır. Kontrol grubu bakteri hücreleri, cep telefonunun kullanılmadığı ve deney düzeninden başka bir laboratuvar ortamında olan inkübatör kullanılarak inkübe edilmiştir.

2) Spektrofotometre ile Optik Densite (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. 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 moleköl miktarı algılayıcıya ulaşacak ışık miktarını değiştirecektir. Algılayıcının algıladığı ışık miktarına göre Optik Densite (OD) değeri verir [34].

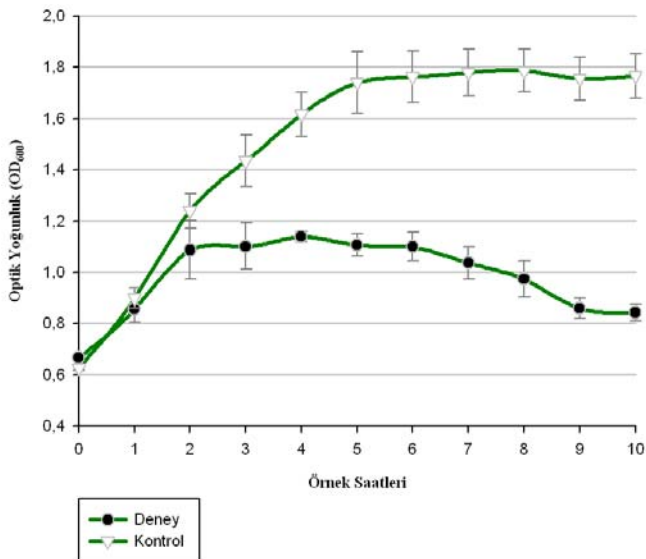
Bu çalışmada spektrofotometre, kültür ortamındaki bakteri sayısının ölçülmesi amacıyla kullanılmıştır.

Çizelge 1. *E. coli* için deney ve kontrol grubu ortalama OD₆₀₀ sonuçları

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

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.

E. coli'ye ait deney sonuçlarından da görüldüğü gibi bakteriler logaritmik faza geldikten sonra deneye başlanmıştır. Çizelge 1'deki değerler ve standart hata Şekil 4'de grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 4. *E. coli*'ye ait ortalama deney sonuçları

Yapılan deneyler ile mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalganın bakterilerin gelişmesi üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar görüldüğü gibi *E. coli* bakterisi mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgadan etkilendiği tespit edilmiştir.

VI. SONUÇ VE TARTIŞMA

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], Dünya Sağlık Örgütü'nün mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların kanser yapma riski sınıfını yükseltmesi [36], 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 çalışma ile, elektromanyetik dalgaların etkileri konusunda yapılan diğer çalışmalar desteklenmiştir.

Sonuç olarak, mobil telefonların yaydığı elektromanyetik dalgaların *E. coli* bakterisinin gelişimini etkilediği, log faza kadar olan sürede (latent dönemi) bakterilerin normal ortama adapte olmaya çalıştıkları fakat elektromanyetik dalgaya maruz kalan *E. coli* bakterilerinin ortama adapte olamadığı tespit edilmiştir. Bu durumda deney grubu *E. coli* hücrelerinin kontrol grubuna göre daha az çoğalmalarına ve daha erken ölme dönemine ulaşmalarına neden olduğu tespit edilmiştir.

Teşekkür—Moleküler Tanıma Laboratuvarı sorumlu öğretim üyesi Doç. Dr. Dilek Turgut-Balık'a, Yrd. Doç. Dr. Seher Gür'e ve Arş. Gör. Venhar Çelik'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1]. Şekerci, S., Korkut, A., 2005, "*Tehlikeli Oyuncak*", Kaya Matbaacılık, İstanbul, 158s.
- [2]. http://www.xbitlabs.com/news/mobile/display/20100701231849_The_Number_of_Mobile_Phone_Users_Will_Exceed_Five_Billion_by_Year_s_End_Analysts.html
- [3]. http://www.tuba.gov.tr/habergoster.php?haber=bdhaber_09
- [4]. Şekerci, S., 1991, "*Elektromagnetik Alanların Biyolojik Etkileri Güvenlik Standartları ve Korunma Yöntemleri*", Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 381s.
- [5]. 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
- [6]. Seitz, H., Stinner, D., Eikmann, T., Herr, C., Rösli, M., 2005, Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobil phone communication—a literature review published between 2000 and 2004, *Science of the Total Environment*, v.349, p.45-55.

- [7]. 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, *Pupmed*, v.782, p.42-52.
- [8]. Lerchl A., Letter on 'The effect of pulsed 900-MHz GSM mobile phone radiation on the acrosome reaction, head morphometry and zona binding of human spermatozoa' by Falzone et al. (*Int J Androl* 34: 20-26, 2010).
- [9]. Kwon MS, Hämäläinen H., Effects of mobile phone electromagnetic fields: critical evaluation of behavioral and neurophysiological studies. *Bioelectromagnetics*. 2011 May;32(4):253-72. Epub 2010 Dec 22.
- [10]. Kesari KK, Kumar S, Behari J., Effects of radiofrequency electromagnetic wave exposure from cellular phones on the reproductive pattern in male wistar rats. *Appl Biochem Biotechnol*. 2011 Jun;164(4):546-59. Epub 2011 Jan 15..
- [11]. Şeker, S., Çerezci, O., “Çevremizdeki Radyasyon ve Korunma Yöntemleri”, 1997, Boğaziçi Üniversitesi, 350s.
- [12]. 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 health physics, 74i4494-522.
- [13]. A., AKBAL, 2007, “Elektromanyetik Dalgaların Mitotik Kromozomlar, Bakteri Gelişimi, Enzim Aktivitesi Ve DNA Üzerine Etkileri”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [14]. Sevgi, L., 2000, “Elektromanyetik Uyumluluk”, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Yapım Matbaa, İstanbul, 273s.
- [15]. David, P., Adams, D., Dawe, S., Brette S., Jhon W., 2005, Non-Thermal Biological Effect of Microwave Fields on *Caenorhabditis Elegans*, *Nature* 405:417-418.
- [16]. Valsechi, O. A., Horri, J., Anggelis, D., 2004, The Effect of Microwaves on Microorganism, *Arq. Institute Biology*, v.71-3, p.399-494.
- [17]. Didmitris, J. P., Andreas, K., Lukas, H. M., 2004, Effect of GSM 900 MHz Mobile Phone Radiation on the Reproductive Capacity of *Drosophila melanogaster*, *Electromagnetic biology and medicine*, v.23-1, p.29-43.
- [18]. Seitz, H., Stinner, D., Eikmann, T., Herr, C., Röösli, M., 2005, Electromagnetic hypersensitivity (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.
- [19]. 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 .
- [20]. Marino AA, Carrubba S., The effects of mobile-phone electromagnetic fields on brain electrical activity: a critical analysis of the literature., *Electromagn Biol Med*. 2009;28(3):250-74.
- [21]. Yoshio, T., Hideki, H., Shin, K., Yukihisa, 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.
- [22]. 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.
- [23]. 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.
- [24]. 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.
- [25]. Mirta, T., Kre, S. M., Branka, P. K., 2005, Influence of 400, 900, and 1900MHz Electromagnetic Fields on Lennaminor Growth and Peroxidase Activity , *Bioelectromagnetics*, v.26, p.185-193.
- [26]. 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.
- [27]. Bartsch H, Küpper H, Scheurlen U, Deerberg F, Seebald E, Dietz K, Mecke D, Probst H, Stehle T, Bartsch C., Effect of chronic exposure to a GSM-like signal (mobile phone) on survival of female Sprague-Dawley rats: modulatory effects by month of birth and possibly stage of the solar cycle., *Neuro Endocrinol Lett*. 2010;31(4):457-73..
- [28]. Bak M, Dudarewicz A, Zmysłony M, Sliwinska-Kowalska M., Effects of GSM signals during exposure to event related potentials (ERPs), *Int J Occup Med Environ Health*. 2010;23(2):191-9., PMID: 20682490 [PubMed - indexed for MEDLINE].
- [29]. Hansson B, Thors B, Törnevik C., Analysis of the effect of mobile phone base station antenna loading on localized SAR and its consequences for measurements. *Bioelectromagnetics*. 2011 Jun 3. doi: 10.1002/bem.20683. [Epub ahead of print].
- [30]. Cooper, Hausman, R. E., Çeviri: Sakızlı, M., Atabey, N., 2006, “Hücre Moleküler Yaklaşım”, İzmir Tıp Kitabevi, İzmir, 713s.
- [31]. Bilgehan, H., 2002, “Temel Mikrobiyoloji ve Bağışıklık Bilimi”, Barış Yayınları, Fakülteler Kitabevi, İzmir, 622s.
- [32]. Özçelik, S., 1998, “Genel Mikrobiyoloji”, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Isparta, 259s.
- [33]. Arda, M., 2000, “Temel Mikrobiyoloji” , Medisan Yayınları, Ankara, 548s.
- [34]. Temizkan, G., Arda, N., 2004, “Moleküler Biyolojide Kullanılan Yöntemler”, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 345s.
- [35]. http://europe.nokia.com/phones/declaration_of_conformity
- [36]. <http://www.who.int/cancer/en/index.html>