

Escherichia coli ve Saccharomyces cerevisiae Suşlarının Elektromanyetik Alandaki Üreme Davranışları

Özlem EROL(*), Sevil OLDACAY(**), Günhan ERDEM(***)

(*) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Çanakkale

(**) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Çanakkale

(***) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu, Çanakkale

ÖZET

Son yıllarda, oldukça düşük frekanslı elektromanyetik alanın (EMA) halk sağlığı üzerindeki olası etkileri, giderek ilgi çekici bir hale gelmiştir. Genellikle elektromanyetik alan, yüksek gerilim hatları civarında oluşurken, evlerimizde ve iş yerlerimizde günlük olarak kullandığımız saç kurutma makinesi ve televizyon gibi elektrikli cihazlar da elektromanyetik alan kaynağıdır. Bu çalışmada, 50 Hz frekanslı 30 µT EMA'nın Escherichia coli ve Saccharomyces cerevisiae suşlarının üreme davranışları ile protein sentezlerine ilişkin etkileri araştırılmıştır. EMA, Helmholtz çemberi aracılığı ile oluşturulmuş ve EMA düzeyi (50 Hz, 30 µT) özellikle günlük hayatta insanların maruz kalabileceği bir dozda seçilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, EMA bakteri ve maya hücrelerinin protein miktarında azalmaya yol açmış ve aynı zamanda hücrelerin çoğalma hızını indirmiş-tir.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik alan (EMA), Escherichia coli, Saccharomyces cerevisiae, translasyon, protein, hücre çoğalma-sı.

SUMMARY

The Reproduction Behaviours of Escherichia coli and Saccharomyces cerevisiae Strains at Electromagnetic Fields

Recently, the possible effects of extremely low frequency electromagnetic fields (EMF) on the public health have become an interesting subject. Generally, electromagnetic fields occur around the high voltage lines and also electromagnetics come into being because of some electrical machines such as fan and TV used routinely at our home and offices. In thesis study, the effects of 50 Hz frequency 30 µT EMF on the reproduction behaviours and the protein synthesis of Escherichia coli and Saccharomyces cerevisiae cells. EMF was generated with Helmholtz coil and EMF level (50 Hz, 30 µT) was especially selected in a range to which human can being exposed in their daily lives. According to the results of the study, EMF decreased the total protein amount of the bacteria and yeast cells and also reduced the reproduction speed.

Key Words: EMF, Saccharomyces cerevisiae, translation, protein, Escherichia coli, cell reproduction.

GİRİŞ

Elektrik akımının elektrik kablosu gibi bir iletken boyunca akışı sırasında oluşan elektromanyetik alan (EMA), yaşam veya çalışma ortamlarında elektrikli cihazlar kullanan insanları sürekli olarak etkilemektedir. Özellikle elektrik trafoları veya yüksek gerilim hatlarına yakın yerlerde yaşamakta olan insanlar EMA'dan yoğun bir şekilde etkilenirler. Elektrik sisteminlerinden kaynaklanan EMA oldukça düşük frekanslıdır (50 Hz) ve sistemin gücüne ve yakınlığına bağlı olarak farklı şiddetlerde etkileyici olabilir.

Günümüzde, EMA'nın olumlu ve olumsuz yönde birçok biyolojik etkisi üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Biyolojik sistemlerin farklı frekans ve şiddetler-

deki EMA uygulamalarına farklı biyolojik yanıtlar verdiği bilinmektedir. Bu hücrel yanıtın temel mekanizması, EMA enerjisinin özellikle iyonik formdaki atom veya moleküllerin elektron dönüşlerinin etkilenmesine ve böylelikle iyonların enerji düzeylerinin değişimine dayanmaktadır. EMA enerjisinin frekansı, şiddeti, biyolojik sistemin yapısı, hücrel düzeni, su içeriği, EMA kaynağına olan yakınlığı, maruz kalma süresi ve sıklığı gibi faktörlere bağlı olarak meydana gelen bu değişimler, biyokimyasal tepkimeler, hücrel iletişim sistemleri, hücre döngüsü, gen transkripsiyonu ve protein sentezine değin uzanan birçok temel sistem üzerinde ve farklı şekillerde sonuçlanabilen etkilere yol açmaktadır (1).

EMA'nın birinci derecede etkilediği hücrel yapı hücre

zarıdır. Özellikle iyon taşınım sistemlerinde EMA enerjisi nedeniyle meydana gelebilecek değişimler, zar potansiyelini ve iyonlara bağlı hücresel yanıt oluşumlarını etkiler ve transkripsiyonel düzenlenmeye dek uzanan bir çok biyokimyasal sistemde normal işlevlerden sapmalara yol açabilir. Bu da son zamanlarda, özellikle “yüksek gerilim hatları ve enerji trafoları yakınlarında yaşamakta veya yüksek güçte elektrikli cihazların kullanıldığı fabrikalarda çalışmakta olan insanlarda teşhis edilen ve epidemiyolojik olarak insidansı normale göre yüksek oranlarda belirlenmiş olan bazı kanser türlerinin nedeni EMA olabilir mi?” sorusuna belirli bir açıdan yaklaşım getirmektedir.

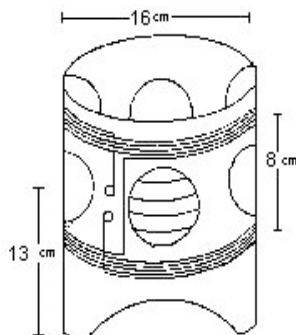
Bu çalışmada, EMA’nın biyolojik etki mekanizmalarının ortaya çıkarılmasında, hücre döngüsü ve hücrelerin temel moleküler işlevlerinden biri olan protein sentezi üzerine etkisini araştırmak amacıyla, 50 Hz frekanslı ve 30 mT (T=Tesla) şiddetinde EMA ortamında üretilen *Escherichia coli* ve *Saccharomyces cerevisiae* suşlarının üreme eğrileri ve protein içerikleri üzerine EMA’nın etkisi araştırılmış, sonuçlar normal koşullarda üretilen kontrol suşlar ile karşılaştırılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Oldukça düşük frekanslı EMA’nın oluşturulması

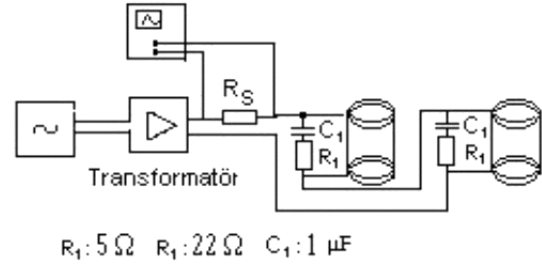
Çalışmada kullanılmış olan 50 Hz frekanslı 30 μ T EMA’nın oluşturulmasında Helmholtz çemberi kullanılmıştır (Şekil 1) (2).

Şekil 1. Helmholtz Çemberi. Beş sarımlı bobin oluşumu için 0.75 mm çapında bakır tel kullanılmıştır.



Şekil 1.’de görülen Helmholtz cihazı aracılığı ile 50 Hz, 30 μ T’lık EMA oluşturabilmek için 4.75 V ve 540 μ A’lık elektrik akımı uygulanmıştır (Şekil 2.).

Şekil 2. Helmholtz düzeneği.



Çalışmada kullanılmış olan 50 Hz EMA frekansının, ülkemizin nakil hatlarından yayılan EMA ile aynı frekansta (50 Hz frekanslı) olması ve seçilen manyetik akış yoğunluğunun evlerde bulunması olası olan yoğunluğa yakın düzeyde olması, böyle bir EMA’ya maruz kalmanın hücresel düzeyde ne gibi bir etkiye olabileceğine örnek teşkil etmesi bakımından önemlidir.

E.coli ve *S.cerevisiae* kültürleri

Çalışmada, *E.coli* (ATCC 25922) ve *S.cerevisiae* (ATCC 9763) suşları kullanılmıştır (3).

Çalışmada kullanılan *S.cerevisiae* suşuna ait hücrelerin üretimi için, katı besiyeri olarak Saboroud Dextrose Agar, sıvı besiyeri olarak da Bacto-Yeast Extract (BYE), *E.coli* suşunun üretimi için ise ilk olarak Eosine Methylene Blue (EMB) agar besiyeri, daha sonra da Brain Heart Infusion (BHI) sıvı besiyeri kullanılmıştır (4). Tüm çalışma boyunca deney ve kontrol grupları üçerli setler halinde hazırlanmış ve deneyler üç kez tekrar edilmiştir.

Hücrelerin sayımı

Hücre sayımları için, spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. *E.coli* kültürlerinin spektrofotometrik yoğunluğu, Mc Farland yönteminin esasına göre 530 nm’deki absorbans değerlerinin ölçülmesiyle belirlenirken, *S.cerevisiae* kültürleri için spektrofotometrik ölçümler 600 nm’de gerçekleştirilmiştir (5). İnokülasyondan hemen sonra başlamak üzere, normal koşullarda (kontrol grubu) ve EMA ortamında (deney grubu) üremekte olan kültürlerden belirli zaman aralıkları ile alınan örneklerin, *E.coli* için 530 nm; *S.cerevisiae* için ise 600 nm’deki optik yoğunlukları belirlenerek kültürlerle ait üreme

eğrileri çıkarılmıştır. Kültürlerdeki zamana bağlı değişen hücre sayıları, optik yoğunluk değişimlerine dair ölçümler ile standart eğri ve regresyon denklemi kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, absorbans değerleri kaydedilmiş olan *S.cerevisiae* kültürlerindeki hücre sayıları, Thoma lamı aracılığıyla mikroskopik olarak belirlenmiştir.

Protein izolasyonu ve tayini

Protein izolasyonlarında, *E.coli* türleri için alkali parçalama yöntemi (6), maya hücre özütlerinin hazırlanmasında ise deterjan yöntemi (7) kullanılmıştır. Hücre kalıntılarının yıkama ve santrifüj işlemleri ile arındırılan hücre özütleri, Bio-Gel P4 (BIORAD) kolonundan geçirelerek protein kaynağı olarak kullanılmıştır (8). Protein konsantrasyonlarının belirlenmesinde biüret yöntemi (9), standart kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında ise 0.1-2 mg/ml arasında değişen konsantrasyonlarda standart sığır serum albümini (BSA) çözeltileri kullanılmıştır (10). 0.1- 2 mg/ml arasında değişen konsantrasyonlarda standart BSA (sığır serum albümini) çözeltileri ve 550 nm dalga boyunda yapılan ölçümler ile oluşturulan standart eğrinin regresyon denklemi aracılığıyla, izole edilen proteinlerin konsantrasyonları belirlenmiştir.

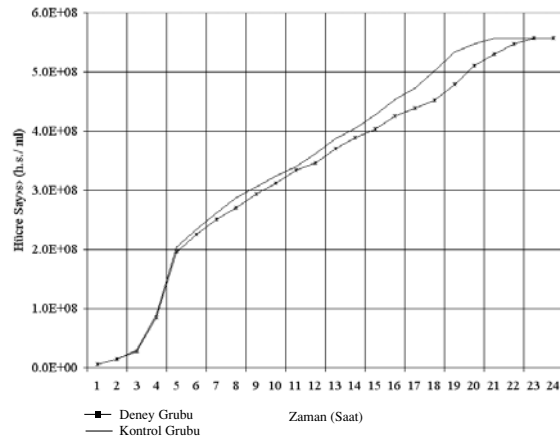
BULGULAR

EMA uygulamasının üreme üzerindeki etkisi

Sıvı besiyerlerinde üretilen *E.coli* ve *S.cerevisiae* kültürlerinin normal koşullarda ve EMA varlığında göstermiş oldukları üreme eğrileri Şekil 3 ve 4’de görülmektedir.

Şekil 3. *Escherichia coli* kültüründe zamana bağlı olarak değişen hücre sayısı.

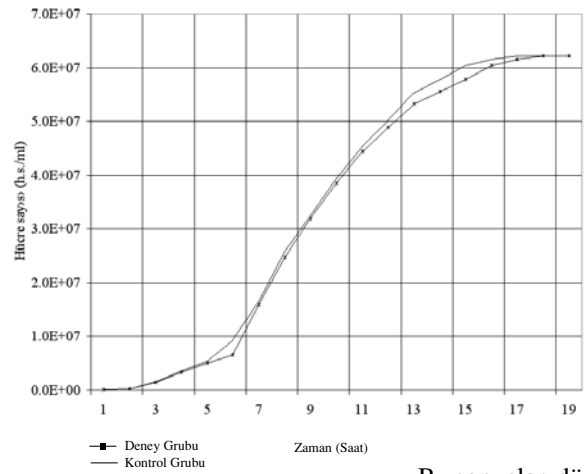
Düşük frekanslı EMA uygulaması, *E.coli* hücreleri-



nin logaritmik fazdaki üreme hızlarını indirmişti (Şekil 3).

Şekil 4’de verilmiş olan *S.cerevisiae* hücrelerine ait üreme eğrilerinin incelenmesi sonucunda 50 Hz 30 mT EMA uygulamasının uyum evresinde uzamaya, aynı zamanda uyum fazından logaritmik faza ve logaritmik fazdan durağan faza geçişlerde yavaşlama-ya sebep olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4. *S.cerevisiae* kültüründe zamana bağlı olarak değişen hücre sayısı.



Bu sonuçlar, dü-

şük frekanslı EMA uygulamasının hücre döngü sürecinde uzamaya neden olduğuna dair bir kanıt oluşturmaktadır. Ayrıca kontrol ve deney gruplarına ait kültürlerin üreme eğrilerinde hücre sayısı bakımından belirlenen farklılıklarının, her iki tür için de istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0.05$).

Protein analizi sonuçları

E.coli kültüründen inokülasyondan sonraki ~3. saatte (uyum fazının sonu), ~14. saatte (logaritmik fazın ortası) ve ~24. saatte (durağan fazın başı) eşit sayıda hücre içerecek şekilde belirli miktarlarda örnekler alınarak izole edilen proteinlerin konsantrasyonlarının biüret yöntemi ve BSA’nın standart eğrisine ait regresyon denklemi kullanılarak belirlenmesi ile elde edilen sonuçlar Tablo I’de verilmiştir.

Tablo I. *E.coli* hücrelerinden izole edilen proteinlerin üreme fazla-

rına göre ortalama konsantrasyonları.

	Ortalama Protein Konsantrasyonu (mg/ml)	
	Deney Grubu	Kontrol Grubu
Uyum Fazında	0.106 ± 0.0065	0.17 ± 0.01
Logaritmik Fazda	0.11 ± 0.02	0.16 ± 0.02
Durağan Fazda	0.107 ± 0.02	0.135 ± 0.01

Uyum fazının sonuna kadar EMA'a maruz bırakılan E.coli kültürlerindeki hücrelerden izole edilen proteinlerin miktarlarında, kontrollere göre genel olarak bir azalma kaydedilmiş olsa da, yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda, bu farkın bir tek uyum fazı için anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0.05$).

S.cerevisiae kültürlerinden; üremenin 3. saatinde (uyum fazının sonu), 11. saatinde (logaritmik fazın ortası) ve 20. saatinde (durağan faz) hücre sayısı bakımından deney ve kontrol grupları arasında fark olmayacak şekilde belirli miktarlarda alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen protein tayinlerine ait sonuçlar Tablo II'de verilmiştir.

Tablo II. S.cerevisiae hücrelerinden izole edilen proteinlerin üreme fazlarına göre ortalama konsantrasyonları.

	Ortalama Protein Konsantrasyonu (mg/ml)	
	Deney Grubu	Kontrol Grubu
Uyum Fazında	0.078 ± 0.0018	0.086 ± 0.0023
Logaritmik Fazda	0.081 ± 0.029	0.12 ± 0.03
Durağan Fazda	0.151 ± 0.02	0.19 ± 0.01

EMA'a maruz bırakılan hücrelerden izole edilen proteinlerin miktarında, kontrole göre istatistiksel olarak önemli bir azalma gözlenmiştir ($P \leq 0.05$).

TARTIŞMA

Literatüre girmiş olan bir çok çalışmada, EMA'nın biyolojik etkileri araştırılırken, farklı organizma ve biyolojik sistemler üzerinde durulmuştur ve sonuçta, EMA'nın, şiddetine, frekansına, maruz kalma süresine, organizma tip ve içeriğine ve de incelenen biyolojik sisteme göre değişik şekillerde etkiler gösterdi-

ği saptanmıştır. (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20). Bu nedenle, çalışmalardan elde edilen sonuçlar, genel olarak EMA'nın biyolojik etkilerinin temel mekanizmasının anlaşılabilmesi için kesin kanıtlar oluşturamamıştır. Gerek kullanılan EMA frekanslarının, gerekse yoğunluklarının farklı olması ve bunun yanında farklı biyolojik sistemler üzerinde çalışılmış olması, değişik sonuçların alınmasına sebep olmuştur.

Bu çalışmada, EMA'nın hücre çoğalması üzerindeki etkisinin, EMA'a maruz bırakılan ve maruz bırakılmayan prokaryotik ve ökaryotik hücrelerin üreme eğrilerinin karşılaştırılmasıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, 50 Hz frekanslı 30 mT EMA'a maruz bırakılan her iki hücre tipinin çoğalma hızlarında düşüş olduğunu göstermiştir.

Bu bulguların protein sentezi düzeyinde de gözlenip gözlenemeyeceğini ortaya koymak ve ökaryotik bir organizma olan maya hücrelerini, prokaryotik bir organizma olan E.coli hücrelerinin protein içeriğiyle karşılaştırmak için, aynı süre ve eşit düzeyde EMA'da üretilmiş her iki mikroorganizmanın hücre özütlerinde protein tayini yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, EMA, S.cerevisiae hücrelerinin toplam protein içeriğini üremenin tüm fazlarında önemli derecede azaltmıştır. E.coli hücrelerinin toplam protein içeriklerinde ise, yalnızca uyum fazında önemli bir azalma saptanmıştır. Diğer iki fazda ise istatistiksel olarak anlamsız azalmalar meydana gelmiştir. Bu sonuçlar, 60 Hz frekanslı 1.5 mT EMA'ın E.coli hücrelerinin toplam protein miktarının EMA'dan etkilenme derecesinin belirlendiği bir çalışma ile uyum sağlamaktadır. Bu çalışmada toplam protein miktarları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık belirlenemezken, varlıkları belirlenen 26 proteinin miktarında artış, dördünde ise azalma saptanmıştır (12). Transkripsiyon düzeyinde yapılan bir çalışmada 60 Hz frekanslı, 1,1 mT EMA'ya maruz kalan E. coli hücrelerinin Sigma 32 mRNA düzeyinde bir artış olduğu bildirilmiştir (16) Diğer bir çalışmada (EMA şiddeti 5.2-6.1 T) ise durağan faza özgü transkripsiyon aktivitesinde bir artış belirlenmiştir (17). Transkripsiyon düzeyindeki bu artış, protein içeriğindeki artışa da neden olacağından, protein miktarında, uyum fazı sonrasında görülen artışın nedeni bu şekilde açıklanabilir. Yine de, farklı çalışmalarda uygu-

lanmış olan EMA değerlerinin frekans ve alan şiddeti açısından, birbirlerinden farklı oluşları, bu çalışmalara ilişkin sonuçların birbirleriyle tam olarak uyum göstermelerini zorlaştırmaktadır.

Ülkemizde yapılan benzer bir çalışmada, 15 Hz frekanslı ve 1.1 mT şiddetindeki pulslu elektromanyetik alanın *S.cerevisiae* hücrelerinin üremesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmacıların bulgularının çalışmamızdan elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmektedir. Araştırmacılar logaritmik faz başlangıcında ve durağan faza geçiş sırasında EMA'ya maruz bırakılan kültürdeki hücrelerin kontrol grubuna göre daha geç ürediklerini belirlemişlerdir (21).

EMA'nın genel hücre döngüsü üzerindeki etkisi de bu çalışma kapsamında ele alınmıştır. EMA'nın, *S.cerevisiae* hücrelerine ait üreme eğrilerinin uyum evresinde uzamaya ve uyum fazından logaritmik faza ve logaritmik fazdan durağan faza geçişlerde yavaşlamaya sebep olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçların aksine, EMA'nın *S.cerevisiae* üzerinde etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, yaklaşık yedi nesil boyunca 1.5 T EMA'ya maruz bırakılan hücrelerin üremesinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmezken (13); diğer bir çalışmada ise çalışmamızın sonuçlarıyla uyumlu olarak EMA'nın üreme hızını yavaşlattığı rapor edilmiştir (1). Elde edilmiş olan bu sonuçlar, hücre döngüsü süresinin uzaması yönündedir. Schimmelpfeng ve Dertinger'in (22) 1993 yılında yapmış oldukları bir çalışmada EMA'nın fibroblast hücrelerinin, G1 fazını uzattığını bildiren bulguları çalışmamızı desteklemektedir.

Goodman ve ark(1) EMA'nın büyüme ve bölünme gibi rutin fizyolojik süreçler üzerinde geçici etkilerde bulunduğunu bu etkileri, hücrenin homeostatik mekanizmalarının düzenlediğini EMA uygulandıktan sonra hücrelerin normal koşullarda üremeye devam etmeleri sağlandığında, EMA varlığında gösterdikleri değişimlerin devam etmediğini bildirmişlerdir (1). Çalışmamızda, EMA'da üretilen ve fizyolojik değişiklikler gösterdikleri saptanmış olan maya hücrelerinin, normal koşullarda üremeye bırakıldıklarında, üreme davranışları açısından EMA'a maruz kalmamış hücrelerle aynı şekilde üremeye devam ettikleri gözlenmiştir. Araştırmacıların çalışmaları bulgularımızı doğrulamaktadır.

Ökaryotik hücrelerde olduğu gibi, prokaryotik *E.coli* hücrelerin üremelerinde de, EMA'nın etkisiyle değişiklikler meydana gelmiştir. Fakat *E.coli* hücrelerinde zamana bağlı olarak artan bir etki görülmüştür. 16.66-50 Hz frekanslı zayıf-değişken alanların etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da, EMA'ya maruz kalarak üreyen hücrelerin bölünme sürelerine bakıldığında, EMA etkisiyle hücrelerin bölünme sürelerinin uzadığı belirlenmiştir (11).

Çalışmamızın sonuçları EMA'nın ökaryotik hücrelerde gen regülasyonu ve özgül gen ifadesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için, bu konuda kapsamlı araştırmaların yapılmasının gerekli olduğunu düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

1. Goodman EM, Greenebaum B, Marron MT: Effects of electromagnetic fields on molecules and cells. *Int Rev Cytol* 158:279 (1995).
2. Galt S, Whalstrom J, Hamnerius Y, Holmqvist D, Johannesson T: Study of effects of 50 Hz magnetic fields on chromosome aberration and growth-related enzyme ODC in human amniotic cells. *Bioelectroch Bioener* 36:1 (1995).
3. National Committee For Clinical Laboratory Methods For Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests For Bacteria That Grow Aerobically, 4th Ed, M7-A3 Vol.:7, no:2, NCCLS, Villanova PA (1997).
4. Isenberg HD: *Clinical Microbiology Procedures Handbook*, Vol.:1, American Society for Microbiology, Washington DC (1996).
5. Gürgün V, Halkman AK: *Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri*, 2. Baskı, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:7 İstanbul (1990).
6. Felliciella I, Chinali G: A modified alkaline lysis method for the preparation of highly purified plasmid DNA from *Escherichia coli*. *Anal Biochem* 212:394 (1993).
7. Hoffman CS, Winston F: A ten minute DNA preparation from yeast efficiently releases autonomous plasmid for transformation of *Escherichia coli*. *Gene* 57:267 (1987).
8. Horvath A, Riezman H: Rapid protein extraction from *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast* 10:1305 (1994).

9. Schleif RF, Wensinle PC: Practical Methods in Molecular Biology, p74, New York (1981).
10. Temizkan G, Arda, N: Moleküler Biyolojide Kullanılan Yöntemler, s33, 1. Baskı, İstanbul Üniversitesi Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Araştırma ve Uygulama Merkezi (Biyogem) Yayın No:1 Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul (1999).
11. Aarholt E, Flinn EA, Smith CW: Effects of low-frequency magnetic fields on bacterial growth rate. *Phys Med Biol* 26:613 (1981).
12. Goodman EM, Greenebaum B, Marron MT: Magnetic fields after translation in *Escherichia coli*. *Bioelectromagnetics* 15:77(1994).
13. Malko JA, Constantinidis I, Dillehay D, Fajman WA: Search for influence of 1.5 tesla magnetic field on growth of yeast cells. *Bioelectromagnetics* 15:495 (1994).
14. Blank M, Goodman R: Do electromagnetic fields interact directly with DNA? *Bioelectromagnetics* 18:111 (1997).
15. Miyakoshi J, Kitagawa K, Takebe H: Mutation induction by high-density, 50 Hz magnetic fields in human MeWo cells exposed in the DNA synthesis phase. *Int J Rad Biol* 71:75 (1997).
16. Cairo P, Greenebaum B, Goodman E: Magnetic field exposure enhances mRNA expression of sigma 32 in *E. coli*. *J Cell Biochem* 68:1 (1998).
17. Tsuchiya K, Okuno K, Tanaka K, Takahashi H, Shoda M: 1999. High Magnetic Field Enhances Stationary Phase-Specific Transcription Activity of *Escherichia coli*. *Bioelectroch Bioener* 48:383 (1999).
18. Jonathan HL, Kenneth JM: Morphologic responses of osteoblast-like cells in monolayer culture to elf electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics* 21:129 (2000).
19. Schreiber WG, Teichmann EM, Schiffer I, Hast J, Akbari W, Georgi H, Graf R, Hehn M, Spiess HW, Thelen M, Oesch F, Hengstler JG: Lack of mutagenic and co-mutagenic effects of magnetic fields during magnetic resonance imaging. *J Magn Reson Imaging* 14:779 (2001).
20. Novikov VV, Sheiman IM, Fesenko EE: Effect of weak and extraweak magnetic fields on the intensity of asexual propagation of Planarians *Dugesia tigrina*. *Biofizika* 47:125 (2002).
21. Gülbandılar E, Gülbandılar A: Elektromanyetik alanın *Saccharomyces cerevisiae* maya hücrelerinin üremesi üzerine etkisinin spektrofotometrik olarak değerlendirilmesi, *Türk Hij Den Biol Derg* 56(2):61 (1999).
22. Schimmelpfeng J, Dertinger H: The action of 50 Hz magnetic and electric fields upon cell proliferation and cyclic amp content of cultured mammalian cells. *Bioelectroch Bioener* 30:143 (1993).