

Mikrodalga ve Ultraviyole'nin Sterilizasyondaki Etkinliği

◆ Doç. Dr. Fatma Ünalan

İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Total Parsiyel Protezler AD. - İstanbul

Mikrodalga Enerjisi

Radyofrekans elektromanyetik dalgaları ilk olarak Heinrich Hertz tarafından 1888 yılında deneysel olarak gösterilmiştir. İkinci Dünya Savaşından sonra bu frekans aralığının spesifik bir bölümü teknolojinin gelişimi ile birlikte kullanım alanı bulmuştur (1).

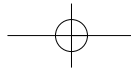
Mikrodalga terimi ile elektromanyetik spektrumun 300 megahertz (Mhz)'den 300.000 Mhz'e kadar uzanan bölümü anlaşılır. Elektromanyetik spektrumun mikrodalga ışınları bölümü 1 m'den 1 mm'ye kadar değişen bir dalga boyuna ve yaklaşık 0.001-0.000001 elektron volt enerjiye sahiptir (1) (Şekil 1).

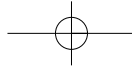
Mikrodalga alanları, maddelerin tiplerine göre değişik özellikler gösterirler. Metaller mikrodalgayı yansıtırlar ve ısınmazlar, yani mikrodalga ışınları metalik bir engelle karşılaştığında yansır.

Protez kaide reçineleri gibi bazı maddeler mikrodalga ışınlarına karşı geçirgendirler, yani mikrodalga ışınlarının içlerinden geçmesine izin verirler.

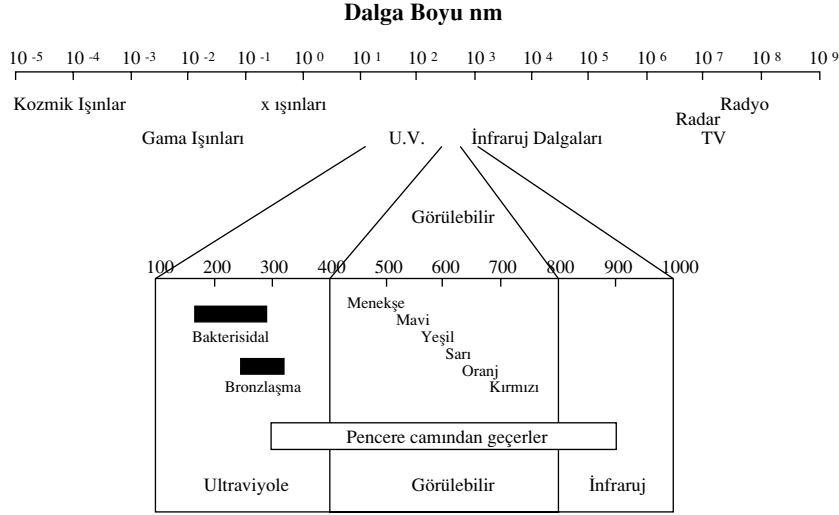
Su gibi bazı maddeler ise mikrodalga ışınlarını absorbe ederler, emerler ve yapılarında ısı oluşumuna neden olurlar (3).

Mikrodalga ile ısıtma olayı termal iletiye dayanmaz. Mikrodalga enerjisi, termal iletişimi olmayan maddeler için uygun bir yöntemdir. Mikrodalga alanına konulan ve mikrodalgayı absorbe eden madde, bu enerjiyi kendi içinde ısı enerjisine çevirir. Klasik yiyecek pişirme yöntemine göre en önemli üstünlüğü ısının fırının içinde değil, yiyeceğin içinde oluşması ve yiyeceğin pişmesi için çok kısa bir sürenin gerekmesidir (4,5).





◆ Fatma Ünalın



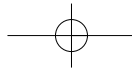
Şekil 1. Elektromanyetik spektrumda mikrodalga ve UV ışınlarının yeri (2)

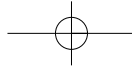
Mikrodalga Enerjisi İle Sterilizasyon

Mikrodalga enerjisi ile sterilizasyonun gerçekleştirilebilmesi için bazı sorunların çözümlenmiş olması gerekir. Magnetron aracılığı ile üretilen mikrodalgalar "dominant mode" adı verilen yöntemle ve bir dalga yönlendiricisi aracılığı ile düz bir çizgi halinde fırın içine gönderildikleri için fırının içi uniform ve homojen değildir. Bunun sonucunda da "soğuk nokta" adı verilen bölgeler oluşur (6,7).

Ayrıca kullanım sırasında emilime uğramayan enerji kalırsa, bunlar enerji kaynağına geri dönerek magnetrona zarar verebilir. Üç düzlemde hareketli bir düzenek yardımıyla uniform olmayan enerji dağılımı önlenebilir ve magnetronu korumak amacı ile fırın içine radar "absorbent material" (RAM) konulmalıdır (7,8).

Mikroorganizmaların mikrodalga enerjisinden ne yolla etkilendikleri henüz çözümlenememiştir. Bazı araştırmacılar (9), ısı sonucu öldürücü etkinin oluştuğunu öne sürerken bazıları da (6,10) ısının mikroorganizmaları öldürmek için gereken düzeye erişemeyeceğini ve hücre içi bazı değişiklikler sonucu, belki de hücrenin patlaması ile ölümün olabileceğini belirtmişlerdir. Rohrer ve Bulard (3) ise mikroorganizmaların oksijen metabolizmasının etkilenmiş olabileceğini söylemektedirler.



**Mikrodalga ve Ultraviyole'nin Sterilizasyondaki Etkinliği ◆**

Hume ve Makinson (9) yaptıkları araştırmada diş hekimliğinde kullanılan çeşitli el aletleri üzerine bulaştırılan *Staphylococcus aureus* ve *Herpes Simplex*'in 12 dakikaya kadar mikrodalga ışmasına tutulmalarına karşın ölmeklerini bildirdiler.

Rohrer ve Bulard (3) mantar, virüs, sporlu ve sporsuz şekilleri de dahil olmak üzere aerob ve anaerob bakteriler üzerinde bir araştırma yaptılar. Modifiye edilmiş mikrodalga fırınında 5-10 dakikalık değişen sürelerde tüm mikroorganizmaların öldüğünü bildirdiler. Mikrodalga enerjisi ile metal aletlerin, türbin ve piyasamenlerin, frezlerin ve akrilik protezlerin kısa sürede sterilize edilebileceğini öne sürdüler. Fırında bazı değişiklikler yapılarak 3 düzlemlile hale getirilmesi ve metallere yansıyan ısının magnetrona zarar vermemesi için de RAM kullanılmasının zorunlu olduğunu bildirdiler.

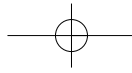
Aynı araştırmacılar Young ve Graves (7) ile yaptıkları ortak bir çalışmada da nitroz oksit ile anestezi yönteminde kullanılan nazal parçanın sterilizasyonu için mikrodalga enerjisinden yararlandılar. Rhinovirüs, Parainfluenza virüs, Adenovirüs ve Herpes simplex virüsü ile bulaştırılmış parçaları 3 düzlemlile bir mikrodalga fırınında sterilize ederek 1 dakikalık ışıma sonunda mikroorganizmaların %95'lik bölümünün, 4 dakikalık ışıma sonunda ise tamamının inaktive edildiğini belirttiler.

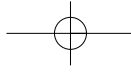
Davis ve ark. (11) mutfak tipi bir mikrodalga fırını kullanarak yaptıkları bir araştırmada alçı modeller üzerine bulaştırılan *Bacillus Subtilis*'in ölmemesine karşın, *Serratia marcescens*'in çok kısa sürede öldüğünü gözlediler. Bununla birlikte araştırmacılar alçının dehidratasyon etkisi ya da kimyasal toksisitenin bu sonuç üzerinde etkili olabileceğini ve bu etkilerin de araştırılması gerektiğini belirttiler.

Akşit ve arkadaşları (12) ise mikrodalga enerjisinin sterilizasyon etkinliğini değerlendirmek amacıyla 3 tür sporsuz bakteri (*S.aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) ve bir sporlu bakteri (*Bacillus subtilis*) suşları ile yaptıkları bir çalışma sonucunda *Bacillus subtilis* dışındaki bakterilerin 1 dakikada öldüğünü ancak *Bacillus subtilis* için 20 dakika gibi bir sürenin gerekli olduğunu belirttiler.

Yine Akşit ve ark. (13) bakteri suşları ile bulaştırılmış ponza tozu örnekleri ile yaptıkları bir araştırma sonucunda yine 1 dk. sonunda tüm vejetatif bakterilerin öldüğünü ancak *Bacillus subtilis* için bu sürenin 20 dk. olduğunu bildirdiler.

Tuncer ve arkadaşları (14) alçı modellerle çapraz bulaşmanın önlenmesinde mikrodalga sterilizasyonunun etkinliğini araştırmak için alçı modeller üzerine 3 tür sporsuz bakteri (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*), bir sporlu bakteri (*Bacillus subtilis*) ve bir de mantar cinsi (*Candida albicans*) bulaştırdılar. Daha sonra mutfak tipi bir mikrodalga fırınında ışımaya tuttular. *Bacillus subtilis*'in 20 dakika süreyle mikrodalga fırınında tutulmasına karşın ölmediğini, fakat bunun dışındaki diğer bütün mikroorganizmaların 1 dakika gibi kısa bir sürede





◆ Fatma Ünalın

öldüğünü saptadılar. Bu bulguların sonucunda mikrodalga enerjisinin bir sterilizasyon yöntemi olarak önerilmemesine karşın, mikroorganizmalar üzerinde etkili olabileceğini bildirdiler.

Ultraviyole Işınları

Dalga boyları 100-400 nm arasında olan elektromanyetik radyasyon Ultraviyole (UV) ışığı olarak adlandırılır (Şekil 1).

UV ışınları spektrumunda 100 nm'nin üstünde olan UV ışınları üç dalga boyu bölgesine ayrılabilir (1).

Birinci bölge: 200 ile 290 nm arasındaki bölgedir. (Kısa UV, UV-C, uzak UV, germicidal UV).

Bu dalga boyları güneşten dünya yüzeyine ulaşamazlar. Çünkü bunlar ozon tabakası ve dünya atmosferindeki su buharı tarafından süzülürler. Bu spektral alandaki ışınlar, genetik materyal üzerinde, mutasyonlar ve hücre ölümleriyle sonuçlanan bozukluklar oluştururlar. Özellikle 260 nm'ye yakın olan dalga boyları biyolojik açıdan önemlidir; çünkü bu dalga boyundaki ışınlar nükleik asitlerce absorbe edilirler.

Bu enerji absorpsiyonu kimyasal değişimlere neden olarak DNA'nın yapısında değişikliklere yol açar. Onarım sürecinde nükleik asitlerin dizilişinde meydana gelen değişiklik organizmanın ölümüne neden olur. DNA molekülünde meydana gelen hasarın boyutu doğrudan hücre tarafından absorbe edilen radyasyon miktarına paraleldir (1,2).

İkinci bölge: 290 ile 320 nm arasındadır (Orta UV, UV-B, erythemal UV).

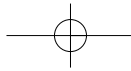
Bu dalga boyları güneşten dünyaya ulaşırlar. Bu durum kışa göre yazın daha büyüktür. Bu dalga boyunun bilinen ve en sık görülen zararı derideki eritemlerdir. Güneş lambaları, buhar lambaları ve bazı floresan lambaları 2. bölgedeki UV ışınlarını içeren insan yapımı kaynakları oluştururlar (1).

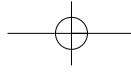
Üçüncü bölge: 320 ile 380 nm arasındadır (Uzun UV, UV-A, yakın UV, siyah ışık)

Bu dalga boyları dünya yüzeyine büyük miktarda ulaşırlar. Daha kısa olan dalga boylarına göre bu ışınlar biyolojik sonuçları azaltırlar fakat duyarlaştıran bir kimyasal madde ile birlikte olduklarında zarar verebilirler. İnsan yapımı kaynaklar, ikinci bölgedeki UV ışınlarının oluşturdukları ile aynıdır (1).

Doğal UV ışınlarının kaynağı prensip olarak güneştir. Güneşten gelen UV ışınlarının miktarı dünyadaki yaşam için öldürücüdür.

Bunların çoğunluğu ve dalga boyu 290 nm'den daha kısa olanların tümü atmosfer üstünde bulunan ozon tabakası tarafından elenmediği takdirde dünyadaki yaşam için öldürücüdürler (15).





Mikrodalga ve Ultraviyole'nin Sterilizasyondaki Etkinliği ◆

X ışınları gibi UV ışınları da görölmez ve insanlar bu ışınları farkedebilmek için özel bir organa sahip değıldirler. Bu ışınlar insanlar tarafından algılanamazlar (1).

UV ışınlarının yapay kaynakları genel olarak 3 tiptir: Akkor tipi UV, gaz tipi UV, laserler.

Akkor kaynaklar ışınları yayarlar. Çünkü bunlar sıcaktırlar, tungsten en bilinenidir. Quartz-iodide lambaları diye adlandırılan bazı akkor kaynaklar UV ışınlarını yayarlar, çünkü filament (tel) yoluyla yüksek sıcaklıklara ulaşırlar. Bu gibi kaynaklar sahne ve stüdyoların ışıklandırılmasında ve projeksiyon sistemlerinde ve dental operasyon lambalarında kullanılırlar.

Gaz tipi UV'ler ise bir elektrik arki arasından bir gazın geçmesi ile oluşturulurlar. Bu amaç için civa buharı ve Xenon kullanılır. Elektrikle stimüle edildiklerinde UV yayarlar. Civa buharı lambalarında yayılan UV ışınlarının kalitesi tüpteki civa buharının basıncına bağlıdır. Etrafı camla kaplanmış düşük civa buharı içeren lambaların yaydığı UV ışınları önemli dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılan germisidal lambalardır. Aynı düşük basınç UV emen camla birlikte olduğunda ve bir fosforla astarlandığında, ofislerin ışıklandırılmasında kullandığımız bildiğimiz fluoresan lambalar oluşturulur. Bu tip kaynaklar özellikle dişhekimliğinde ışıkla polimerizasyon işlemi için kullanılırlar (1).

Laserler ise tıbbın pek çok alanında kullanılmaktadırlar.

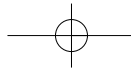
Ultraviyole Işınları ile Sterilizasyon

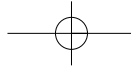
UV ışığı, X ışınları ve gama ışınları antimikrobiyal özellikli yüksek enerjili elektromanyetik ışınlardır (Şekil 1). Bu ışınlar hücre DNA'sında önemli değışikliklere neden olarak ve hücre komponentlerini iyonize ederek hücre ölümüne neden olurlar. X ışınları, gama ışınları, yüksek enerjili a ve b parçacıkları ve nötronlar iyonize edici radyasyon olarak bilinirler (2).

Bir hücre bu tür ışınlara maruz kaldığında önemli derecede iyonizasyon oluşur. Işına maruz kalan hücre içerikleri elektron ve proton kaybederler. Bu etkileşim olay sonucunda serbest radikaller ve iyonize bileşikler ortaya çıkar. Bu kimyasal maddeler protein ve nükleik asitlerle reaksiyona girerek hücrede şiddetli hasarlara neden olurlar.

İyonize edici radyasyonun neden olduğü hasar sonucu ortaya çıktığına inanılan kalıcı değışikliklerden biri DNA molekülünde oluşun tek ve çift sarmal kırılmalarıdır. Bu kırılmalar DNA molekülünde farklılaşmaya neden olur ve artık DNA normal fonksiyonunu sürdüremez, kendi replikasyonu ve RNA sentezi fonksiyonunu yerine getiremez (2).

Mikroorganizmaların iyonize edici radyasyona karşı duyarlılıkları farklılık gösterir. Bu farklılıkların bir açıklaması bazı mikroorganizmaların genomlarından çok sayıda kopyaya sahip olmalarıdır. Böyle bir mikroorganizmada bir gen ya da gen kümesi



**◆ Fatma Ünal**

iyonize radyasyonla yok edilse bile diğer kopyalar normal hücre fonksiyonlarının sürmesini sağlarlar. Duyarlılık farklılığının bir başka nedeni de bazı mikroorganizmaların daha etkili DNA onarım sistemlerine sahip olmalarıdır. Etkili DNA onarım sistemine sahip olan mikroorganizmalar diğerlerine oranla hasarı daha kolay nötralle ederler ve bu sayede daha fazla miktarda iyonize radyasyonu tolere edebilirler (2).

UV'nin mikroorganizmalar üzerine direkt ve indirekt öldürücü etkileri vardır. Direkt etki UV ışınlarıyla, indirekt etki ise ortamda Hidrojen peroksit (H_2O_2) ve ozon (O_3) oluşmasıyla meydana gelir. UV spektrumunda sterilizasyon için önemli olan dalga boyu 250-260 nm arasındadır. En uygun dalga boyu 253 nm'dir.

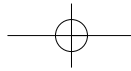
Bakteriler tarafından UV absorpsiyonu esas olarak nükleik asitlerdeki pürin ve pirimidinlere bağlıdır (Maksimum 260 nm'de). Bunun yanısıra, proteinlerdeki triptofan, tirozin ve fenilalanin'in aromatik zincirlerini daha orta derecede absorbe ederler (max 280 nm'de). Sterilizasyon spektrumu bakterilerin absorpsiyon spektrumuna paraleldir. Bu da gerek nükleik asid gerekse proteinlerce gerçekleştirilen absorpsiyonun öldürücü etkide olduğu anlamına gelir. UV'ye bağlı ölümdede letal mutasyonlar çok az katkıya sahiptir. Esas ölüm nedeni DNA'da replikasyon ve transkripsiyonu bloke eden değişikliklerdir. DNA'daki değişimlerin büyük bir bölümü onarılabildiğinden UV sterilizasyonunun etkisi genellikle oldukça düşüktür (15).

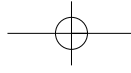
UV ışınları mikroorganizmaları öldürebilir veya DNA'larına zarar vererek inaktive edebilir. UV ışınları ayrıca mutasyona, kromozomal anomaliye sebep olmakta ve hücre içi viskozite değişikliklerini artırmaktadırlar. Bu etkilerinden dolayı su kaynaklarının, laboratuvar aletlerinin ve odaların dezenfekte edilmesinde kullanılır (16,17). UV'nin pratiğe yönelik uygulamaları; mantarlar, riketsiyalar, mikoplazmalar ve virüsler üzerindeki öldürme etkisine bağlıdır. UV ışınlarının kullanımı, hava hijyeninin sağlanması, yüzeylerde veya likitlerde asılı bulunan mikroorganizmaların inaktive edilmesi, stabil olmayan maddelerin korunması ve dezenfeksiyonu ile bilinen sterilizasyon ve dezenfeksiyon yöntemlerinden yararlanılmadığı durumlarda gündeme gelmektedir (18).

Diş hekimliğinde ışık kaynağı, metakrilatların polimerizasyonu ve benzeri değişik işlemlerde kullanılan UV'nin son yıllarda germisidal ve fungisidal etkisinden de yararlanılmaktadır (1).

Huber ve ark. (19) *Bacillus subtilis* sporları, *Serratia marcescens* ve *Mycobacterium tuberculosis* bulaştırılmış kağıt şeritlerin sterilizasyonunda UV'nin etkili olduğunu bildirmektedirler. Bununla birlikte Morris (20) UV ışınları ile yüzeylerin bütünüyle steril edilemediğini öne sürerek sterilizasyon etkisi hakkında genelleme yapılmamasının yanlış olacağını belirtmektedir.

Sterilizasyon işlemlerinde virüs, mikoplazma, bakteri ve fungusların UV ışınları ile öldürülemeyeceğini, mikroorganizmaların buldukları ortamın da önemli bir faktör olduğunu belirten Schemeister (18) bu veya tampon çözeltilerde bulunan mikroorganizmalara oranla besiyeri ve likitlerde asılı bulunan mikroorganizmalar için daha yüksek bir dalga boyunda UV ışını kullanımının gerekli olduğunu bildirmiştir. Aynı



**Mikrodalga ve Ultraviyole'nin Sterilizasyondaki Etkinliği ◆**

yazar alüminyum ve cam yüzeylerin UV ile steril edilebildiğini ancak ahşap ve kağıtın dört saatlik bir UV ışını kullanımı sonucunda bile steril edilemediğini belirtmekte ve bunun sebebi olarak da toz partiküllerindeki katı cisimlerin mikroorganizmaları korumasını göstermektedir.

Riley ve Kaufman (21) ise %60-70'den fazla nemli ortamda UV'nin havada bulunan mikroorganizmaları öldürme etkisinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde UV ışınlarının yiyecekler ve kumaşlar gibi pekçok madde üzerinde sterilizasyon etkisinin olmadığını belirten yazarlar da vardır (18). Yine bazı araştırmacılar 4 adet standart bakteri suşu bulaştırarak UV sistemine tabi tuttıkları alçı örnekler üzerinde UV ışınlarının direkt olarak geldiği yüzeylerde sterilizasyon sağlanabilmesine karşın, materyalin alt yüzeyinde sterilizasyonun tam olarak sağlanamadığını belirtmektedir (22).

UV ışınının büyük bir kısmı camdan, opak solidlerden ve sıvılardan penetre olmaz ve bu özelliğinden dolayı çalışma alanlarının, odaların ya da cerrahi ortamların içindeki havanın sterilizasyonunda kullanılabilir. Pratik kullanımda ışınların %90'ını 254 nm'de saçan ucuz,düşük basınçlı merkürü buhar lambaları havayolu ile yayılan enfeksiyonların azaltılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu lambaların halka açık alanlardaki etkisi belirgin değildir. Ancak hastane odalarında hayvan evlerinde yani enfekte kişinin diğer kişilerle yakın temasta olmadığı yerlerde oldukça etkilidir (16).

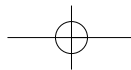
Kültür transferleri için kullanılan laboratuvar bölgelerinde UV ışınları kontaminasyonun ve çalışanların enfeksiyonlarının azaltılmasında yararlıdır. Bu arada gözleri korumak çok önemlidir. Zira korneanın UV ışınlarına maruz kalması 12 saatlik bir latent dönemden sonra gözde şiddetli irritasyona neden olur (19).

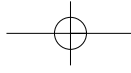
Birçok mikrop görünen ışıkla harekete geçen bir DNA onarım sistemine sahiptir. Bu yüzden sterilizasyon açısından karanlık ya da boş odalarda çok daha etkilidir.

Karanlık, mikroplarda ışıkla harekete geçen DNA onarım sisteminin çalışmasını önler ve DNA molekülündeki hasar maksimum olur. Ancak yine bazı mikroorganizmalarda ışık yokluğunda da çalışan DNA onarım sistemleri bulunmaktadır, bunların DNA onarımı için ışığa gereksinimleri yoktur. Dolayısıyla UV ışınlarının sterilizasyon için kullanılacağı alanlar kısıtlı kalmaktadır.

Kaynaklar

1. Mills LF, Andersen FA. Ultraviolet and microwave radiation in dentistry. Gen Den 1981; nov-dec: 481-486.
2. Cano RJ, Colomé JS. Microbiology. St Paul New York Los Angeles San Fransisco. By West Publishing Company 1986; 161-163.
3. Rohrer MD, Bulard RA. Microwave sterilization. J Am Dent Assoc 1985; 110:194-198.
4. Al Doori, Huggett R, Bates JF, Brooks SC. A comparison of denture base acrylic resins polymerized by microwave irradiation and by conventional water bath curing systems. Dent Mater 1988; 4:25-32.



**◆ Fatma Ünalın**

5. Al Doori D, Huggett R, Brooks SC, Bates JF. Microwave irradiation versus conventional water bath curing: Effects on mechanical properties of acrylic resins. *Quint Dent Tech Year Book* 1988; 187-192.
6. Rohrer MD. Microwave sterilization (mektup). *J Am Dent Assoc* 1986; 112:162.
7. Young SK, Graves DC, Rohrer MD, Bulard RA. Microwave sterilization of nitrous oxide nasal hoods contaminated with virus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985; 60:581-585.
8. Anthony DH, Peyton FA. Evaluating dimensional accuracy of denture bases with a modified comparator. *J Den Res* 1959; 38:753 (Abstract).
9. Hume WR, Makinson OF. Microwave radiation in dental sterilizing. *J Dent Res* 1975; 54:652 (Abstract).
10. Martin MV. Microwave sterilization (mektup) *Br Dent J* 1985; 159:318.
11. Davis DR, Curtis DA, White JM. Microwave irradiation of contaminated dental casts. *Qint Inter* 1989; 20:583-585.
12. Akşit KS, Ünalın F, Gürler B, Nakipoğlu Y. Mikrodalga enerjisi ve dezenfektan solüsyonlarla çapraz enfeksiyonun önlenmesine ilişkin bir ön çalışma. *Ankem Derg* 1993; (No4):306-312.
13. Akşit KS, Ünalın F, Gürler B, Nakipoğlu Y, Beyli MS. Pomza tozundan kaynaklanan çapraz bulaşmanın önlenmesi üzerine mikrodalga enerjisi ve dezenfektan solüsyonların etkisi. *İÜ Diş Hek Fak Der* 1994; 28:237-244.
14. Tuncer N, Külekçi G, Tüfekçioğlu HB, Arat E, İnan D, Balkanlı O. Alçı modellerle çapraz bulaşmanın önlenmesinde mikrodalga sterilizasyonunun etkinliği. *Diş Hek Kli* 1990; 3:45-47.
15. Davis BD, Dulbecco R, Eisen HN, Ginsberg HS. *Microbiology*. Fourth Edition. Philadelphia: JB Lippincott Company. 1990:59-60.
16. Boylan RJ, Goldstein GR, Schulman A. Evaluation of an ultraviolet disinfection unit. *J Prosthet Dent* 1987; 58:650-654.
17. Ishida H, Nahara Y, Tamamoto M, Hamada T. The fungicidal effect of ultraviolet light on impression materials. *J Prosthet Dent* 1991; 65:532-535.
18. Schecmeister IL. Sterilization by ultraviolet irradiation. In: Block SS (ed). *Disinfection, Sterilization and Preservation*, Third Edition Lea and Febiger. Philadelphia. 1983: 106-115.
19. Huber TW, Reddick RA, Kubica GP. Germicidal effect of ultraviolet irradiation on paper contaminated with mycobacteria. *Appl Microbiol* 1970; 19:383.
20. Morris EJ. The practical use of ultraviolet radiation for disinfection processes. *Med Lab Technol* 1972; 24:41.
21. Riley RL, Kaufman JE. Effect of relative humidity on the inactivation of *Serratia marcescens* by ultraviolet radiation. *Appl Microbiol* 1972; 23:1113.
22. Ünalın F, Akşit KS, Gürler B, Nakipoğlu B, Beyli MS. Alçı modellerin sterilizasyon ve dezenfeksiyonunda ultraviyole ışınları ve dezenfektan solüsyonların etkileri. *İÜ Diş Hek Fak* 1994; 28:254-258.

