

## RADYASYONLARIN, MİKROORGANİZMALARIN KONTROL ALTINA ALINMASINDA KULLANILMALARI

Necdet LELOĞLU (1)

### Ö Z E T

*Radyasyonlar, Mikroorganizmaların kontrol altına alınmasında uygulanan, sıcaklık, kurutma, süzme, ozmotik basınç, yüksek basınç, çöktürme gibi fiziksel etkenlerden biridir. Zamanımızda, güneş ışınları, ultraviyole ışınları, X ışınları, gamma ışınları, katot ışınları, yüksek frekanslı ses dalgaları, elektrik akımı gibi radyasyonlar çeşitli mikrobiyolojik amaçlar için kullanılmaktadır. Bu radyasyonlar, molekül veya elektron akımı ile meydana getirdikleri sıcaklık ile, veya ortamda oluşturdukları zararlı kimyasal maddelerle, ya da canlı hücredeki molekül veya atomların iyonizasyonu ile mikroorganizmalar üzerine etki ederler. Bu etki, radyasyonun dozu ve etki altında bulundurma müddetine göre, mikroorganizmaların enzim aktivitesini önleme veya genetik mutasyona uğratma veyahut öldürme şeklinde olur. Radyasyonlar genellikle, su ve havanın sterilizasyonu, madeni, cam, tahta ve beton yüzeylerin sterilizasyonu ve gıda maddelerinin ve yemlerin bozulmadan saklanması gibi amaçlarda kullanılmaktadır.*

### GİRİŞ

Mikroorganizmaların kontrol altına alınması, herhangi bir ortamdaki mikropların tamamen veya kısmen öldürülmeleri veya üremelerinin yavaşlatılması ya da durdurulması amaçları ile yapılan işlemleri kapsar. Ancak bu işlemlerin yapılmasında asıl amaç birçok zararlı mikroorganizmaların yapabi-

leceği zararlardan sakınmaktır. Şöyle ki; (1) mikroorganizmalar, insan, hayvan ve bitkilerde sayısız hastalıkların etkenidirler. Bu hastalıkların, yayılmalarının önlenilmesi ve tedavilerinin yapılması, mikropların kontrol altına alınması yöntemleri içerisinde incelenir. (2) Bir çok gıda maddelerinin, bozulmadan

(1) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Mikrobiyoloji Kürüsüsü, Doçent Doktor.

hazırlanması, saklanması ve kullanılması, mikroorganizmaların kontrol altına alınması yöntemleri ile mümkün olur. (3) Mikroobiyoloji dalında, mikroorganizmaların saf olarak ayırımı, tanımlanması ve üzerinde yapılan her türlü işlemler, steril koşullar altında çalışmayı gerektirir. (4) Ayrıca, tarımda ve gıda endüstrisinde yararlanılan bir takım faydalı mikroorganizmalara zarar veren mikroplarla mücadele de, mikropların kontrol altına alınma yöntemleri ile olur.

Bir maddede bulunabilen vegetatif ve spor şeklindeki bütün mikroorganizmaların öldürülmesi ve maddenin canlılardan arındırılması *sterilizasyon* olarak adlandırılır. Bir ortamdaki hastalık yapıcı mikroorganizmaların temizlenmesi amacı ile yapılan işlemlere ise *dezenfeksiyon* denilir.

Mikropların kontrol altına alınmalarında bir çok fiziksel ve kimyasal etkenler kullanılır. Radyasyonlar, mikropların kontrolünde uygulanan, sıcaklık, kurutma, filtrasyon, ozmotik basınç, yüksek basınç, sedimentasyon gibi fiziksel etkenlerden biridir.

## RADYASYONLAR

Herhangi bir kaynaktan çıkan, uzayda yayılan veya bir madde üzerine verilebilen enerji, radyasyon olarak tarif edilmektedir. Bir diğer tarif ise, bir kaynaktan dalgalar halinde yayılan enerjiye radyasyon denilir, şeklinde yapılmaktadır.

Radyasyonlar, elektromagnetik, akustik(ses) ve partikül (küçük parçacıklar) olmak üzere üç grupta toplanırlar. Bu grupların kendi aralarında bir çok alt bölümleri de vardır.

Şekil 1 elektromagnetik radyasyonların spektrumunu göstermektedir. Spektrumda çeşitli radyasyonların yerleri, dalga boylarına göre, yaklaşık olarak işaret edilmiştir.

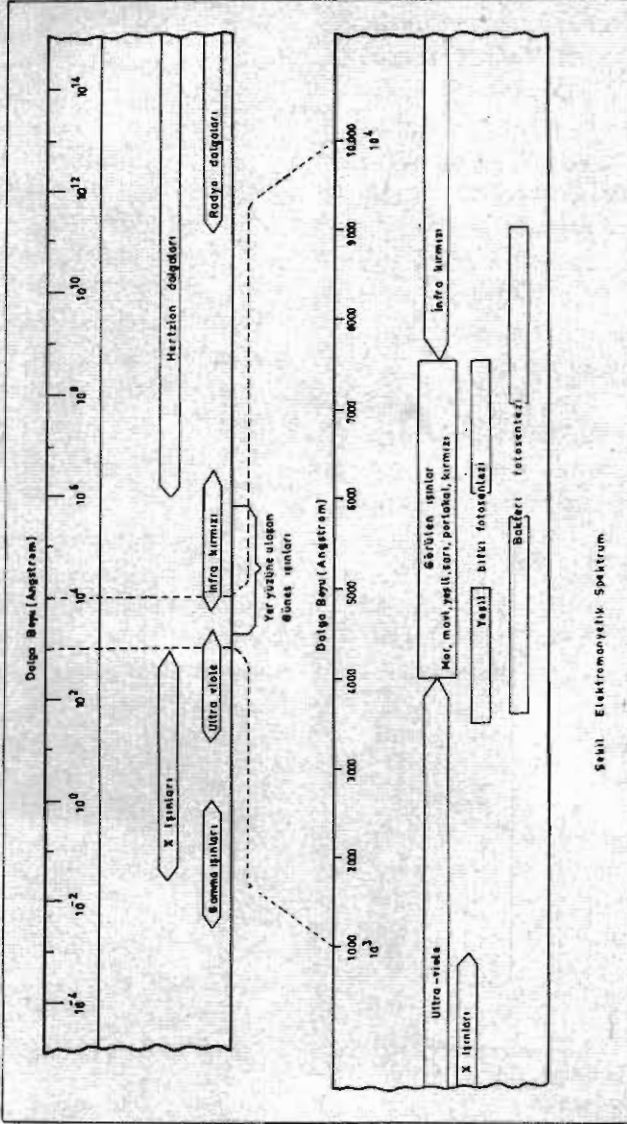
Elektromagnetik radyasyonlar dalga boylarına veya frekanslarına göre ayrılırlar. Dalga boyları angstrom ile ölçülür. 1 Angstrom (A) = 1/10 milimikron = 1/10 000 mikron = 1/10 000 000 mm dir.

Kozmik ışınları 0,01 A dan daha aşağı dalgaboyunda olan radyasyonlardır. Gamma ışınları 0,01-1.0 A arasında, X ışınları 1.0- 150 A arasında, ultraviyole ışınları 150 - 3900 A arasında, görülen ışınlar 4000-8000 A arasında, infrakırmızı ışınları ise 8000-40000 000 A arasında dalga boylarına sahiptirler.

Görülen ışıktan daha küçük dalga boyuna sahip olan radyasyonlar canlılar üzerine, çeşitli derecede etkiye sahiptirler.

Bazı literatürler radyasyonları ısıtıcı radyasyonlar ve ionize edici radyasyonlar olmak üzere iki grupta incelenmektedirler. Isıtıcı radyasyonlar, elektrik akımı, ses dalgaları ve radyo dalgaları gibi düşük frekanslı radyasyonları kapsar. Bunlar elektron ve molekül hareketi ile sıcaklık meydana getirirler ve bu nedenle mikroorganizmalar üzerine öldürücü etkiye sahiptirler.

İonize edici radyasyonlar ise, alfa, ve gamma radyasyonları, X ışınları, katot ışınları ve nötronlar gibi yüksek frekanslı radyasyonlardır. Bu radyasyonlar, absorbe oldukları mikroorganizmanın molekülünü, ionize etmek suretiyle, sıcaklık etkisi olmadan, tahrip ederler. Bu nedenle, bu çeşit sterilizasyona soğuk sterilizasyon denilir.



Şekil Elektromanyetik Spektrum

İonize radyasyonlar, katot ışınlarında olduğu gibi yüksek enerji partikelleri şeklinde olur veya X, gamma ve ultraviyole ışınlarında olduğu gibi, elektromagnetik dalgaları şeklinde olur (Frazier 1958).

Güneş ışığının mikroorganizmalar üzerine etkili olduğu ilk defa Downes ve Blunt tarafından 1877 de ortaya atılmıştır. Bunu takip eden yıllarda Robert Koch, tüberküloz basilini, güneş ışığına iki saat müddetle maruz bırakılmakla öldürüldüğünü, deneylerle göstermiştir (Zinsser 1964). Bundan sonra çeşitli dalga boylarına sahip radyasyonların, mikroorganizmalar üzerine etkileri incelenmiştir. Günümüzde mikroorganizmaların kontrol altına alınmasında, çeşitli radyasyonlardan, geniş ölçüde, yararlanılmaktadır. Bazı mikroorganizmaların (fotosentetik yeşil ve mor bakterilerin), gelişme ve çoğalmaları için güneş ışığı mutlak gereklidir. Bu mikroorganizmalar güneş ışığını absorbe eder ve kimyasal enerjiye çeviren, pigment maddelerine sahiptirler. Diğer bir çok mikroorganizmalar için ise, görülen ışık veya diğer görülmeyen güneş ışınları faydasız veya zararlıdır.

Güneş ışığının mikroorganizmalar üzerine etkisi bir takım faktörlerle sınırlıdır. Ancak kuvvetli direkt güneş ışığı, uzun zaman maruz bırakmakla, bazı mikroplar üzerine öldürücü etkisini gösterebilir. Kırmızı ve üst kırmızı (infraruj) ışınlarının etkisi çok azdır. Bu da sıcaklıktan ileri gelen bir etkidir. Güneş ışığının elektromagnetik spektrumdaki, diğer renkli hüzmelerinin etkileri ise, kırmızıdan violeye (mora), yani küçük dalga boyuna, doğru gidildikçe fazlalaşır. Görülen ışıktan daha küçük (3900 Angstromun altında) dal-

ga boyuna sahip radyasyonların canlı organizmalara etkileri daha fazladır.

Güneşten gelen , kısa dalga boylu ve yüksek enerjili radyasyonlar Atmosferin üst tabakalarında tutulur ve dünya yüzeyine ulaşamazlar. Güneşten yer yüzüne ulaşan radyasyonlar, görülen ışıık, ultraviolenin görülen ışığa yakın dalga boyları ve infra kırmızı ışınlarıdır.

Radyasyonların, mikroorganizmalar üzerine etkisi, radyasyonun şiddeti ve çevre faktörlerine bağlı olmakla beraber, mikroorganizmaların gelişme fazları ile yakından ilgilidir. Sporlar ve getatif hücrelere oranla, radyasyona karşı daha dayanıklıdır. Germinasyon fazındaki bakteri sporlarının dormant durumundaki sporlara oranla 25 kez daha dayanıklı oldukları Muhakata (1974) tarafından bildirilmektedir.

Radyasyonlar, gün geçtikçe, daha fazla önem kazanmakta ve mikrobiyolojik kullanılma alanları daha genişlemektedir. Zamanımızda, genellikle hava, su ve gıda maddelerinin setirilasyonu ve bunlarla ilgili amaçlar için kullanılmaktadır. Ancak, radyasyonların bir çok zararlı etkileri de göz önünde tutularak, dikkatli olunması gereklidir. Özellikle gıda endüstrisinde, gıdaların değerleri üzerinde, meydana getirdiği değişiklikler , deneme hayvanları ve kimyasal metotlar ile saptanmalıdır (Hickman 1973).

#### 1- Ultraviyole ışınları

Mikroorganizmalar üzerine fazla etkili olan ve pratikte en fazla kullanılma alanı bulmuş olan radyasyonlardır. Özellikle, görülen ışıktan ayrı olarak tatbik edildiğinde, mikrobiyosidal etkisi fazlalaşır.

Ultraviyole ışıkları 150-3900 Å arasında dalga boyuna sahiptirler. Ancak, 2500 - 2800 Å arasındaki dalga boylu ultraviyole ışınları mikroorganizmalar üzerine daha fazla etkiye sahip olmakla beraber, optimal etki 2650 Å dalga boyundadır.

Güneş ışığında, 2870 - 3900 Å arasında dalga boylu ultraviyole ışınları vardır. Ancak, bu ışınların büyük bir kısmı Atmosferin üst katlarında, ozon, bulutları ve çeşitli dumanlar tarafından tutulur. Bu nedenle güneş ışığının mikrop öldürücü etkisi, bazı çevre koşullarına bağlı olarak sınırlıdır.

Ultraviyole ışığının maddeye nüfuz etme kabiliyeti fazla değildir. En ince cam tabakası dahi ultraviyole ışınlarının büyük kısmını tutar.

Ultraviyole radyasyonları, canlı hücrede, nükleik asitler ve proteinler tarafından kuvvetli bir şekilde absorbe edilirler. Böylece, özellikle hücre çekirdeğinin kimyasal değişimi ile zarar verirler. Bu zarar, bazı maddelerin oksidasyonu sonucu olarak hidrojen peroksit teşekkülü ile de oluşmaktadır. Ultraviyole ışınları, dozuna ve dalga boyuna bağlı olarak, hücrede enzim inaktivasyonu veya genetik mutasyon veyahut ölüm husule getirir (Pelczar 1965). Yeterli doz (ölüm dozu, kesif ultraviyole ışınının direkt etkisinde yarım saat müddetle bırakma) verildiğinde, bütün bakteriler (sporlar dahil) viruslar ve mantarlar öldürülür.

Zamanımızda, 2600 - 2700 Å dalga boyunda ve yüksek konsantrasyonda, ultraviyole ışığı veren, ultraviyole lambaları yapılmaktadır. Bunlar, kömür arki, Kuartz - cıva buharı lambası, düşük basınçta argon veya neon ihtiva eden

tüp lambalarıdır. Bunlardan cıva buharı lambası 2537 Å dalga boyunda ışık verir. Bu lambalara, sterilizasyon lambaları denir.

15 wattlık bir ultraviyole lambasının ışığı, yarım metrelik bir uzaklıktan verildiğinde, zemin üzerindeki *E. coli* bakterilerinin % 98 ini 10 saniye içerisinde öldürür. Aynı koşullar altında bakterilerin sporlarının öldürülmesi için 2-5 dakikaya ihtiyaç vardır.

Ultraviyole ışınları, genellikle, su ve havanın sterilizasyonu, metal ve cam araçların yüzeysel sterilizasyonu amaçları ile kullanılırlar. Hastahanelerde, mikrobiyoloji laboratuvarlarında ve ilaç endüstrisinde steril odaların hazırlanmasında, gıda ve süt endüstrisinde yüzeylerin ve aletlerin dezenfeksiyonu için çokca ultraviyole ışınlarından yararlanılmaktadır. Gıda depolarında küflerle mücadelede, askeri birlikler ve okullar gibi toplu halk kitlelerinin bulunduğu yerlerde, enfeksiyon hastalıklarının yayılmasının önlenmesinde de, ultraviyole ışınlarından yararlanılır.

Ultraviyole ışınları direkt ışınlar şeklinde kullanılır. Herhangi bir maddenin gölgesine etki etmezler.

Ultraviyole ışınları, deri göz ve mukoz zarlar üzerine zararlı etki ettiklerinden, uygulanırken, dikkatli olunması gereklidir.

Güneş ışığının veya ultraviyole ışığının herhangi bir mikroorganizma üzerine etkisi aşağıdaki gibi denenebilir; İki ayrı petri kutusu içerisindeki uygun besiyerine, mikroorganizma, bütün yüzeyi kaplıyacak şekilde ekilir. Her iki ortamın da yarım yüzeyi, yarım daire şeklindeki, birer siyah kâğıt parçası ile kapatılır. Petrilere biri direkt

güneş ışığı altında üç saat müddetle, diğeri ise direkt ultraviole ışığı altında yarım saat müddetle tutulur. Bundan sonra siyah kâğıt parçaları kaldırılarak, etüvde inkübasyona terk edilir. İki gün sonra kültürler çıkarılarak, ışıkların etkileri incelenir.

Ultraviole ışınları etkisi, etki altında bırakma müddeti, ışının şiddeti, havanın rutubeti, maddenin ışığı tutma kabiliyeti gibi faktörlere bağlı olarak değişir.

Bir bakteri suspansiyonu, ultraviole ışığının öldürücü dozuna maruz bırakıldıktan sonra, bir müddet görülen ışık etkisinde bırakılırsa, ultraviole etkisinde aktiviteyi kaybetmiş olan bakterilerden bir kısmı, tekrar aktiviteyi kazanır ve çoğalabilirler. Bu olaya *Fotoreaktivasyon* denilir. Bu olay aşağıdaki gibi denenerek görülebilir; Petri kutusunda uygun bir besiyerine bir bakteri türü, besiyerinin yüzeyini kaplıyacak şekilde ekilir. Ultraviyole ışığının etkisine, tam öldürücü doz sınırında, olmak üzere bırakılır. Yüzeyin yarısı siyah bir kâğıt parçası ile kapatıldıktan sonra, kısa bir müddet görülen ışık etkisinde bırakılır. Bundan sonra, kâğıt parçası kaldırılarak, etüvde inkübasyona bırakılır. İki gün sonra kültür incelendiğinde, görülen ışık tutulan kısımda, üremenin fazla olduğu görülür. Ultraviole ışınları yerine, daha kısa dalga boylu, ionize edici radyasyonlar kullanıldığında fotoreaktivasyon meydana gelmez. Bu olayın nedeni, henüz tam olarak anlaşılmamış olmakla beraber, ultraviole ışığı etkisi ile, durmuş olan mukleik asit sentezinin, görülen ışığın, tekrar başlatmasına bağlanmaktadır (Pelczar 1965 ve Stanier 1963).

## 2- X ışınları (Röntgen ışınları)

Görünen ışık ve ultraviole ışığı gibi, elektromagnetik spektrumun bir kısmını teşkil ederler. Gerek mikroorganizmalar ve gerekse yüksek canlılar için öldürücüdürler. Ultraviole ışığın aksine çok fazla nüfuz kabiliyetine sahiptirler.

Bir milyon voltluk bir potansiyel altında *Coolidge* tüpünde elde edilir. Ancak üretimi pahalı olduğundan ve çıktığı kaynaktan her yönde yayıldığı için güvenle kullanma olanağı olmadığından, pratikte fazla kullanılmama alanı bulunmamıştır. Bununla beraber mikrobiyolojide mikrop mutantlarının elde edilmesinde, X ışınlarından yararlanılmaktadır.

## 3- Gamma ışınları

Elektromagnetik spektrumun diğer bir bölümünü teşkil eder.

Gamma ışınları Kobalt 60 gibi bazı radyoaktif izotoplardan çıkarılan yüksek enerjili radyasyonlardır. Gamma ışınları, dalga boyları daha kısa olmasına rağmen, X ışınlarına benzer. Mikroorganizmalar için öldürücüdür ve maddelerin içerisine nüfuz etme kabiliyeti de fazladır. Etrafta fazla yayılma gibi sakıncalarına rağmen, paketlenmiş gıdaların sterilizasyonda kullanılmaktadır. Gıdaların 10-12 santimetre kadar iç kısmına etki edebilmektedir.

İonize edici olarak, canlı hücrenin moleküllerine etki eder. Bir molekülünden çıkardığı bir elektronu, bir haşka moleküle verir. Hücredeki tahribatı, hücre içi suyunun iyonizasyonu sonucu, serbest hidroksit grubu ve hidrojen radikalleri teşekkül etmesi ile, hücrenin diğer maddelerinin bozulmasından ötü-

rü olduğuna, inanılmaktadır. Belirli dozların üzerinde, kullanıldığı takdirde, gıdaların, besi değeri üzerine olumsuz etki yaptığı bildirilmektedir.

#### 4- Katot ışınları (Elektron akımı radyasyonu, Beta ışınları)

Havası boşaltılmış bir tüpte anot ve katot arasına yüksek voltajlı bir potansiyel yerleştirildiğinde, katot, etrafa elektron akımı yayar. Bu elektron akımına katot ışınları denir. Partiküler ışınlar olup, kitleleri  $9,1 \times 10^{-28}$  gram olmak üzere, son derece küçüktür. Negatif elektrik yükü taşırlar. Yer değiştirme hızı normal ışığın hızına yakındır (299-790 kilometre / saniye). Kitleleri çok küçük olduğundan düz hareket etmezler ve her yönde yayılırlar.

Katot ışınları, mikroorganizmaya olduğu kadar, diğer biyolojik ve biyolojik olmayan maddelere de etki eder.

Katot ışınları, operasyon aletlerinin, bazı ilaçların ve diğer bazı maddelerin sterilizasyonunda kullanılmaktadır. Bu ışınların kullanılmasının yararlı tarafı maddelerin paketlenmiş olarak sterilize edilmeleridir. İnce metalleri, kâğıt veya plastik katları geçebilmektedirler. Bundan ötürü, paketlenmiş gıda maddelerinin sterilizasyonunda da kullanılırlar.

Yukarıda anlatılan radyasyonlardan başka, nötronlar radyoaktiviteye sebep olduklarından, proton ve alfa partikülleri ise maddeye nüfuz etme kabiliyetleri olmadığından, mikrobiyolojik amaçlar için kullanılmazlar.

#### 5- Ses dalgaları

Normal ses dalgalarının mikroorganizma üzerine bir etkisi yoktur.

İnsan kulağı ancak, saniyede 900 sikle (cycle) nin altında frekanslı olan ses dalgalarını duyabilmektedir. Saniyede 900 - 20 000 sikle arası frekanslı ses dalgalarına *süpersonik*, 200 000 sikleden yukarı frekanslı ses dalgalarına *ultrasonik* dalgalar denilir. Ancak, işitilen sestten daha yüksek frekanslı, saniyede 20 000 siklenin üzerinde titreşim yapan ses dalgaları, mikroorganizmalar üzerine etkilidirler. Ses dalgaları bir sıvı içerisinde suspansiyon halindeki mikroorganizmalara uygulanır. Ses dalgalarının, mikrokabarcıklarının etkisi ile oluşan, molekül hareketinden ileri gelen, sıcaklıktan ötürü, mikropolar üzerine öldürücü etkisi vardır. Bu sıcaklık 50 - 80°C ulaşabilmektedir. Aynı zamanda, sıvı içerisinde yüksek basınç merkezleri meydana getirerek, bakteri zarlarının parçalanmasına sebep olurlar.

Bakterilerin ses dalgalarına maruz bırakma amacı ile çeşitli aletler yapılmıştır. Bu aletlerden elde edilen ses dalgalarının frekansına göre, suspansiyon halinde bulunan mikroorganizmalar, belirli bir müddet etki altında bulundurulurarak, hücre zarlarının parçalanması sağlanır. Böylece hücre içi maddesi açığa çıkarılır.

Ses dalgalarına kok şeklindeki bakteriler, çomaklardan daha dayanıklıdır. Sporlar ise en dayanıklı olanıdır.

Ses dalgalarının, mikropları kontrol altına almada pratik bir önemi yoktur. Ancak, mikrobial enzim, toksin ve antijenlerin elde edilmesi amacı ile hücre içi maddelerinin açığa çıkarılması için kullanılmaktadır. Aynı zamanda, hücre zarları ayrılarak kimyasal yapılarının incelenmesinde de bu usule baş vurulur.

## 6- Elektrik Akımı

Mikroorganizmaların suspansiyon halinde bulunduğu bir sıvıdan elektrik akımı geçirildiğinde, mikropların bir kısmının öldüğü görülür. Ancak, bu etkinin nedeni ortamda sıcaklığın yükselmesi ve bazı kimyasal değişikliklerin oluşmasından ileri gelmektedir. Ortamda oluşan az miktardaki ozon ve klorürler mikropların ölümüne sebep olur. Her ne kadar elektrik akımının, süt meyve sularının pastörizasyonu ve

suyun dezenfeksiyonu amaçları ile kullanılabileceği, bildirilmekte ise de, pratikte kullanılma alanları çok sınırlıdır

Radyasyonlar, gün geçtikçe, daha fazla önem kazanmakta, çeşitli yararlanma alanları da artmaktadır. Ancak bir takım zararlı etkilerinde bulunduğu unutulmamalıdır. Günümüzde, radyasyonlardan, daha çok yararlanma ve zararlarından sakınma konusunda bir çok araştırmalar yapılmaktadır.

## L İ T E R A T Ü R

- 1—Çetin, Enver Tali, 1973, "Genel ve Pratik Mikrobiyoloji" 302- 305, Sermet Matbaası, İstanbul.
- 2—Frazier, W.C., 1958 "Food Microbiology" 144-155 McGraw-Hill Book Com., New York.
- 3—Frobisher, Martin, 1968, "Fundamentals of Microbiology" 281, W. B. Saunders Com., Philadelphia.
- 4—Hickman, J.R., 1973, "Radiation Preservation of Food" (The Problem of Wholesomeness of Irradiated Food), 659 - 670, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- 5—International Atomic Energy Agency, 1967, "Microbiological Problems in Food Preservation by Irradiation", Vienna.
- 6—Knoules P.F., D. Marah and H.W. E. Rattle, 1976 "Magnetic Resonance of Biomolecules," P. 3, John Wiley and Sons, Nev York.
- 7—Munakata, Nobuo, 1974, "Ultraviolet Sensitivity of *Bacillus subtilis* Spore Germination and Outgrowth", J. of Bacteriology, 120: 59 - 65.
- 8—Nolte, W. A., 1973 "Oral Microbiology", S: 359 - 361 C.V. Mosby Com., Saint Louis.
- 9—Pelczar, M.J. and R.D. Raid, 1965, "Microbiology", S: 303 - 309 McGraw Hill-Com., New York.
- 10—Salle, A. J., 1961, "Fundamental Principle of Bacteriology", S: 239 - 246 McGraw Hill Com., New York.
- 11—Stanier, R.Y., M. Doudoroff, and E. Adelberg, 1963, "Microbial World", S: 359-362, Prentice- Hall Inc. N.J.