

**KAPALI ORTAM HAVA KİRLİLİĞİNİN
GİDERİLMESİNDE DOĞAL ZEOLİTİN
KULLANILMASI**

Mahmut YEŞİLOĞLU
Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
Mayıs-2006

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mahmut YEŞİLOĞLU' nun '**Kapalı Ortam Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Zeolitin Kullanılması'** başlıklı Fizik Anabilim Dalındaki Yüksek Lisans tezi 17.04.2006 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye(Tez Danışmanı):	Prof. Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI
Üye	: Prof. Dr. Önder ORHUN
Üye	: Yard. Doç. Dr. Tevfik ÜNALDI

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarihi ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KAPALI ORTAM HAVA KİRLİLİĞİNİN GİDERİLMESİNDE DOĞAL ZEOLİTİN KULLANILMASI

Mahmut YEŞİLOĞLU

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI

2006, 43 sayfa

Bu çalışmada, Gördes yöresinden alınan yerli doğal zeolitin Kapalı Ortam Hava Kirliliğinin Giderilmesinde bakteriler üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Gördes yöresinden alınan ve %90 klinoptilolit içeren zeolitik tüf 0,1 Molar $Ag^+(NO_3)^-$ (Gümüş Nitrat) çözeltisi ile modifiye edilmiştir. Bu işlem sonrasında elde edilen Ag^+ formundaki klinoptiloliten kolonlara yaklaşık 10' ar gr konularak kapalı bir hava akımı döngüsüne tabi tutulmuştur. Deneylein başında ve sonunda petri kaplarında oluşan bakterilerin koloni sayımı yapılmıştır. Deneylein başındaki bakteri koloni sayısı ile deney sonundaki bakteri koloni sayısı karşılaştırılmış ve işlem 18 kere tekrarlanmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda Ag^+ formundaki Gördes yöresi klinoptilolitinin kapalı ortam hava kirliliğinin giderilmesinde bakteriler üzerine etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İyon Değişimi, Kapalı Ortam Hava Kirliliği, Bakteri, Klinoptilolit, Doğal Zeolit.

ABSTRACT

Master of Science Thesis

THE USE OF NATURAL ZEOLIT IN THE REMOVAL OF INNER SPACE AIR POLLUTION

Mahmut YEŐILOĐLU

Anadolu University
Graduate School of Sciences
Physics Program

Supervisor: Prof. Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI

2006, 43 pages

In this study, the effects of local natural zeolit taken from Gördes zone in the removal of indoor air pollution was examined.

Gördes zone zeolit tuff containing 90% clinoptilolite was modified with 0,1 molar $\text{Ag}^+(\text{NO}_3)^-$ solution. In the form of Ag^+ clinoptilolite gathered after this procedure was put into the columns approximately as 10 grams and subjected to on indoor air draught circle. At the end and beginning of the experiments colonial counting of the bacteria in the petri pots was done. The bacteria colony pre-experimental and post-experimental counting was compared and the comparison was repeated for 18 times. At the end of the comparison it was found that Ag^+ form Gördes zone clinoptilolite was effective in the removal of indoor air space pollution.

Keywords: Ion Exchange, Indoor Air Pollution, Bacteria, Clinoptilolite, Natural Zeolit.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin her aşamasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden her zaman yararlandığım, deneysel çalışmalarımda gerekli bütün imkanları sağlayan değerli hocam Prof.Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI'na en içten teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Laboratuvar çalışmaları sırasında her türlü desteğinden dolayı Biyoloji Bölümünden Uzman Erdoğan ÇAKIR' a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımda desteğinden dolayı Hediye APAYDIN' a ve Arş. Gör.Sedef DİKMEN'e teşekkür ederim.

Benim bu günlere gelmemi sağlayan, sevgilerini hep yanımda hissettiğim, yaşamım boyunca hiçbir destekten ve fedakarlıktan kaçınmayan, beni her zaman destekleyen, ilgileri ve sabırlarıyla her türlü koşullarda bana yardım eden kardeşlerime ve özellikle Annem Şefika YEŞİLOĞLU ve Babam Ali YEŞİLOĞLU' na minnet duygularıyla

Mahmut YEŞİLOĞLU

Mayıs-2006

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. DOĞAL ZEOLİTLER	3
2.1. Tarihçesi	3
2.2. Adsorpsiyon Özellikleri	4
2.2.1. Gaz Adsorpsiyonu	4
2.2.2. Nem Adsorpsiyonu	6
2.3. Moleküler Elek Özelliği	7
2.4. İyon Değişim Özellikleri	8
3. ADSORBENT TEMELLİ YOK ETME SİSTEMLERİ	11
3.1 Granüler Yatak Filtreleri	11
3.2 Kum ve Cam Gibi İç Katı Yataklar	11
4. TEMELLER VE MEKANİZMALARI	12
5. KONTROL STRATEJİLERİ	16
6. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR	17
7. DENEYSEL ÇALIŞMA	29
7.1. Modifiye İşlemi	29

7.2. Deney Düzeneginin Hava Döngüsü	30
7.3. Petri Kabının Besi Maddesinin Hazırlanması	30
7.3.1. Besi Maddesinin İçeriği	30
7.4. Bakteri Morfolojisi	31
7.5. Bakteri Boyama Metodları	31
7.6. Ağır Metallerin Mikroorganizma Üzerine Olan Etkileri	32
7.7. Uygun Ortamın Belirlenmesi ...	32
7.8. Ag ⁺ (NO ₃) ⁻ Kullanılarak Modifiye Edilen Klinoptilolit Bakterileri Giderme Etkisinin Belirlenmesi	35
8. SUNUÇ VE TARTIŞMA	38
KAYNAKLAR	40
EKLER	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
1.1. Çeşitli partiküllerin büyüklük sıralaması	2
2.1. Desikantların ve zeolitlerin nem çekme özellikleri	6
2.2. Moleküler elek zeolitinin para-ksilene adsorplarken; orta ve meta – ksilene karşı gösterdiği moleküler elek özelliği	7
2.3. Kanallara doğrusal hidrokarbonların girişi. Büyük zincir hidrokarbonun tutulması	8
4.1. Mikrobiyal adsorpsiyonun şematik gösterimi	14
6.1. Duman makinasının şematik gösterimi	18
6.2. Farklı adsorbent yatakların su buharına göre eğri özelliklerinin karşılaştırılması	19
6.3. Mikroorganizmaların giderilmesinde kullanılan deneysel sistemin şematik diyagramı	23
6.4. Değişik adsorbentlerin mikroorganizma giderme kapasitesi	24
6.5. Her üç alanda yapılan testler sonucunda bakteri ve mantardaki azalma	25
6.6. Laboratuvar testi için seçilmiş mikropların sayılarındaki azalma	26
7.1. Geri soğutuculu, manyetik karıştırıcılı ısıtma sistemi.....	30
7.2. Bir bakteri hücresinde yapısal organizasyonun şematik görünümü, A(Kaba) B(İnce) yapı	31
7.3. Deney düzeneği	34

1. GİRİŞ

İnsanoğlu günlük hayatta pek çok mikroorganizma ve partikül ile temas halinde dir. Bu partiküller ve havadan gelen organizmalar kapalı ortamdaki hava kirliliğine önemli lde etki eder. Partiküller ve biyoairesoller toplum sağlığında baş ağrısı, mide bulantısı, solunum enfeksiyonları, alerjiler, nezle ya da lejyoner hastalığı gibi etkilere neden olabilirler. Bu kirliliğe yol açan maddelerin verdiği zararı gidermek için her yıl milyarlarca dolar harcanmaktadır [1].

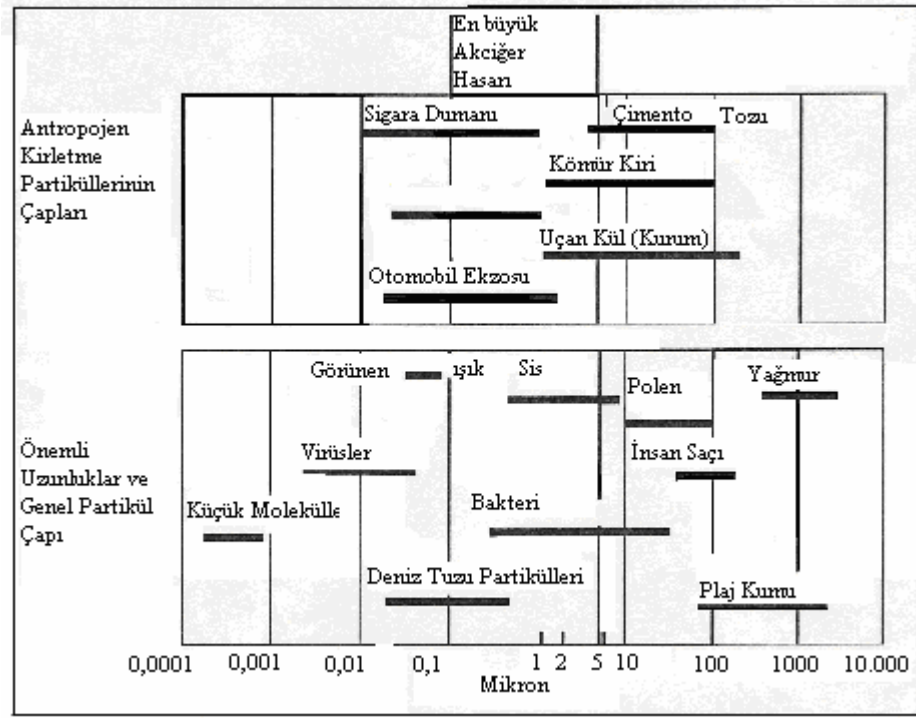
İnsan ve ev hayvanlarından hapşırma, öksürme, tükürük yoluyla geçen ve kapalı ortam hava kirliliğini yüksek lde arttıran virüs ve bakteri içerisindeki havada bulunmaktadır. Mikroorganizmaların pek çok çeşidi dış ortam havasında da bulunmuştur. Bu mikroorganizmalar içerideki havaya birkaç kez karıştığında oğalabilecekleri yerlere yerleşirler ve çoğalırlar. Bu bölgeler uygun pH, ısı ve nem oranı içeren her bölge olabilir. Genelde bu alanlar nemli tahta ve giysiler, ıslak yerler, duş başlıkları ve buzdolabı su tahliye yerleridir [1].

Mantarlar ve bakterilerin bir kısmı kurutucular, klima sistemleri, soğutma kuleleri, soğutma ve ısıtma sistemlerinde oluşur. Son yıllardaki araştırmalarda dumanda yüzden fazla kimyasal bileşim ve sigara içinde partiküller bulunmuştur [2].

Bu bileşimlerin çoğu toksik ve karginojeniktir. Sigara içilen ortamlarda bulunan hava partiküllerinin miktarı dışarıda bulunandan genellikle daha fazladır [3–6]. Bir ya da iki kişinin sigara içtiği evlerde bulunan RSP konsantrasyonu hiç sigara içilmeyen evlerdekinden  dört kat daha fazladır. Sigara içmek partikül fazlalığında geniş bir etkiye sahiptir. Ayırma ya da istila etmeyle yakalamak için çok kk, difüzyon işlemiyle ayırmada çok büyük olduğu için ayrılması en zor olan 0,1–0,5 μm byklğindeki partiküller içeri solunum partikül konularında önemli bir yere sahiptir. Bu partiküller önemli sağlık sorunlarına neden olan Pulmonar sistemi etkileme olasılığına yüksek oranda sahiptir. Yüzey adsorpsiyonlarından dolayı partiküller pek çok maddenin taşıyıcısı olabilirler. Sigaranın kâğit parçasındaki yanma süresince dışarı atılan karbon partikülleri birçok organik ve inorganik madde için etkili bir adsorbanttır ve onları akciğere taşıyabilirler. Bu insan vücudunda zarar verici bir etkiye sahip olabilir. Bileşik

toksik madde içeren partiküller aynı kişinin tolerans sınırının üstünde ise psikolojik tepkiler vermesine yol açabilir [1].

Bazı partiküllerin büyüklüğü ve akciğer hasarı potansiyeli arasındaki ilişkiler Şekil 1.1' de gösterilmiştir [1].



Şekil 1.1. Çeşitli partiküllerin büyüklük sıralaması [1]

Bu çalışmada, Gördes yöresinden alınan klinoptilolit türü doğal zeolitlerin Kapalı Ortam Hava Kirliliğinin Giderilmesinde bakteriler üzerine olan yok etme etkileri incelenmiştir.

2. DOĞAL ZEOLİTLER

2.1. Tarihçesi

1756 yılında İsveçli mineralog Friedrich Cronstedt İsveç'in Lappmark bölgesinde Suappari bakır ocaklarında iyi şekilde oluşmuş, değişik türde kristal örneklerini toplamıştır. Bu kristal örneklere açık bir test tüpünde ısıtıldığı zaman yapılarında bulunan suyu dışarıya verirken köpürmesinden dolayı, Yunanca, kaynayan taş anlamına gelen zeolit adını vermiştir [7].

Zeolitlere iki yüzyıl boyunca yalnız volkanik kayaların kovuklarında yer alan aksesuar mineral olarak bakılmıştır. Kristal yapıları x-ışınları kırınımı, I.R. adsorpsiyonu, nükleer manyetik rezonans, elektron spin rezonansı gibi yöntemlerin gelişmesiyle ancak 1930'larda çözümlenebilmiştir. Zeolitler üzerinde ilk deneysel çalışmalar, 1857 yılında A.Domour tarafından yapılan zeolitlerin su atma tersinirliği ile 1858 yılında E.Erchorn'un gerçekleştirdiği iyon değişim özelliklerinin incelenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu araştırmalar sonucunda, iyon değişim özelliği gösteren tüm aluminosilikatlar zeolit olarak tanımlanmıştır [8].

St. Claire Deville, 1862 yılında doğal zeolit olan Levynit'in ilk hidrotermal sentezini gerçekleştirmiştir [9].

G.Friedel, 1896 yılında dehidrate zeolitler üzerinde gazların, alkolün ve bazı maddelerin adsorplandığını göstermiştir [10]. Weigel ve Steinhoff, 1925 yılında zeolitlerin ilk moleküller elek özelliğini incelemişlerdir. Susuzlaştırılmış şabazit kristallerinin, hızlı bir şekilde suyu, metil alkolü ve formik asiti adsorpladığını, benzen, aseton ve eteri adsorplamadığını keşfetmiştir. Zeolitlerin ilk x-ışını kırınım yöntemiyle yapı tayini, 1930 yılında Taylor ve Pauling tarafından yapılmıştır [9].

Zeolitler 1932 yılında McBain tarafından büyüklüklerine göre ayırma özelliklerinden dolayı **Moleküler Elek** olarak adlandırılmıştır [8].

X-ışını tekniği kullanılarak zeolitlerin yapı analizi L. Pauling ve W. H. Taylor tarafından 1930'da ve çalışma arkadaşlarıyla 1932'de yapılmıştır. Bu çalışmalarda zeolitlerin yapısı aydınlatılmıştır [11].

1940-1945 yıllarında şabazit ve modenit üzerinde yapılan çalışmalarda zeolitlerin seçimli yüze soğurma ve gaz ayrımları için olağanüstü potansiyelleri ortaya konularak önemli endüstriyel uygulama alanları ve ticari potansiyelleri belirlenmiştir. Ancak endüstriyel kullanımı bu kadar önemli olan zeolit minarelilerinin, doğal volkanik kayaların boşluk ve çataklarındaki miktarların geniş çaplı endüstriyel uygulamalar için yetersiz olması, bilim adamlarını yapay zeolit üretme olanaklarını araştırmaya itmiştir. Bu amaçla, 1948 yılında Union Carbide Corporation tarafından başlatılan zeolit sentezine yönelik araştırmalar olumlu sonuçlar alınmış ve doğal zeolitlerden çok daha iyi özelliklere sahip yapay zeolit kristali (Linda A) üretilmiştir [12].

1949–1954 yılları arasında değeri olan, zeolit A ile birlikte, zeolit Y ve X'i de keşfetmişlerdir. Son yıllarda sentetik zeolitlerin geliştirilmesi çalışmaları artarak devam etmektedir [12].

Union Carbide firmasındaki yer bilimciler, doğadaki zeolitler hakkında çıkan yayınları taramışlardır. Bu taramalar sonunda Union Carbide'li yer bilimciler, 1958' de ticari olarak üretim yapabilecek ilk doğal zeolit yataklarını buldular [8].

Yapılan araştırmalar sonucunda ender bulunan bir mineral grubu sanılan doğal zeolitlerin bol miktarda bulunduğu görüldü. Bugün ABD, İtalya, Yeni Zelanda, Japonya başta olmak üzere Bulgaristan, Türkiye ve Kanada'da zengin ve saf doğal zeolit yataklarının varlığı bilinmektedir. Bugün yaklaşık 40 tür doğal zeolit bilinmektedir ve yaklaşık 150 zeolit sentez edilmiştir. Doğal zeolitlerin en yaygın olanları eriyonit, mordenit, şabazit ve klinoptilolittir [11].

2.2. Adsorpsiyon Özellikleri

2.2.1. Gaz adsorpsiyonu

Aktif alüminyum, silikajel, aktif karbon ve zeolit ticari adsorbentler arasında en yaygın kullanılanlarıdır. Adsorbent iç alanları, dış yüzey alanlarından daha fazla alan gözenekli katılar olup adsorbentleri gözenek boyutlarına göre üç ana grup altında toplama biliriz;

Gözenek Adı	Gözenek Boyutu
Mikro gözenek	$<20 \text{ \AA}$
Meso gözenek	$\approx 20 \text{ \AA} - 500 \text{ \AA}$
Makro gözenek	$>500 \text{ \AA}$

Zeolit kristalinin dış yüzeyinde tutulan molekül miktarı, kristal yapı boşlukların içine giren ve bu boşlukları dolduran molekül miktarlarına göre çok düşük olduğundan, zeolitlerde adsorplama olayını bir yüze tutunmak değil, bir boşluğu doldurmak şeklinde değerlendirmek daha doğrudur. Bir gaz ya da sıvı ile temas ettirilen kuru zeolitin gözenekleri bu moleküllerce hızla doldurulur ve gözenekler tümüyle dolduğunda adsorplanma olayı durur.

Aktive edilmiş doğal zeolitlerin çeşitli gazları adsorplayabilme özellikleri, büyüklükleri zeolit türüne göre 2.5–4.3 \AA arasında değişen, yapılarındaki kanallardan kaynaklanmaktadır. Bir zeolit türünden diğerine değişen bu spesifik kanal boyutu, zeolitlerin moleküler elek gibi davranarak çeşitli gazları seçici olarak adsorplamasına yol açmaktadır. Aktive edilmiş doğal zeolitlerin bazılarında, zeolitin % 47'si bu kanallardan oluşan gözenekler oluşturabilmekte ve bu zeolitlerin yüzey alanları $500 \text{ m}^2/\text{g}$ değerine kadar ulaşabilmektedir. Böylece oldukça yüksek gaz adsorplama değerleri elde edilebilmektedir. Doğal zeolitlerce adsorplanan gazlara şu örnekler verilebilir; CO, H₂S, HCHO, Ar, H₂O, He, Kr, Xe, CH₃OH, Freon, CO₂, SO₂, NH₃, O₂, H₂, N₂ [10].

Bu kanallar genellikle su ile kaplıdır. Eğer zeolit 350 – 400 °C civarlarında ısıtılıp su molekülleri uzaklaştırılırsa kanallara girebilecek boyutta olan moleküller iç yüzeylerde adsorbe olurlar. Bir zeolit türünden diğerine değişen bu kanal boyutu, zeolitlerin moleküler elek gibi davranarak parçacık boyutları kanallara girmeye elverişli olmayan moleküller dışarıda kalır ve elverişli olanlar da emilirler [13].

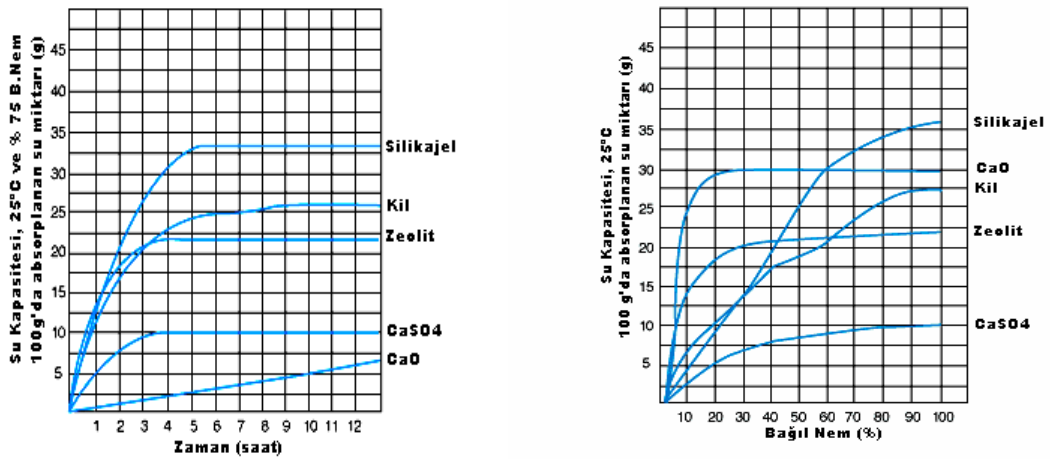
Gaz karışımlarından belirli bir gazın seçici olarak adsorplanması işlemi iyi tasarlanmış özel sistemler aracılığı ile yapılmaktadır. Doğal zeolitlerce adsorplanan gazların, gaz karışımlarından seçici olarak ayrılmaları en yaygın uygulamalar arasında yer almaktadır. Uygun ekipmanlar ve uygun zeolit türü

kullanılarak gerçekleştirilen sistemlerde seçici olarak ayırma işlemleri başarı ile gerçekleştirilmektedir.

Örneğin; bu amaçla kurulan basınç-salınım-adsorpsiyon (PSA) ünitelerinde aktive edilmiş doğal zeolitler adsorbant olarak kullanılarak doğal gaz ve metan istenmeyen safsızlıklardan temizlenmektedir. Kullanılan zeolitler genellikle SO₂ ve H₂S yanında H₂O, CO₂ ve CO' tite adsorpladığından, doğal gaz ve metanın bu işlemle temizlenmesi yanında zenginleştirildiğinden de söz edilebilmektedir [10].

2.2.2. Nem adsorpsiyonu

Doğal zeolitlerin önemli boyutlarda bir nem çekme eğilimi bulunmaktadır. Bu nedenle kolaylıkla su adsorplayabilmektedirler. Ayrıca, kristal yapıları ve nem çekme özellikleri bozulmadan adsorpladıkları suyu geri verebilmektedirler. Bu özellikleri nedeni ile aktive edilmiş doğal zeolitler nem çekici olarak yaygın olarak kullanılabilir. Ayrıca; zeolitlerin düşük bağıl nemlerde bile nem çekme özelliklerini yitirmemeleri, zeolitlere has çok önemli bir özellik olarak ön plana çıkmaktadır. Desikantların ve zeolitlerin nem çekme özellikleri Şekil 2.1' de gösterilmiştir [10].



Şekil 2.1. Desikantların ve zeolitlerin nem çekme özellikleri [10]

Doğal zeolitler, kristal yapılarını bozmadan su adsorplar ve desorplayabilirler. Su adsorplama ısılarının yüksek olması nedeniyle, ısının efektif ve yüksek verimli bir

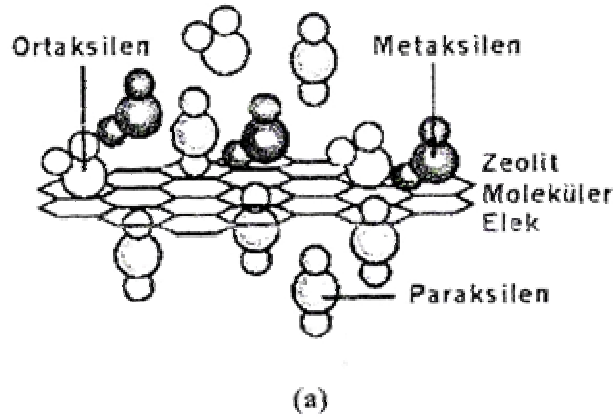
biçimde depolanmasında da kullanılabilir. Zeolitler dışında bu amaçla kullanılma potansiyeli olan maddelerin verimlerinin düşük olması ve pahalı olmaları, zeolitlerin bu alandaki önemini daha da arttırmaktadır [10].

2.3. Moleküler Elek Özelliği

Zeolitlerin kristal yapılarında SiO_4 ve AlO_4 dörtyüzlülerinin birleşmesiyle oluşan gözenekler bazı molekülleri seçerek alma, büyük boyuttakileri ise geçirmeme özellikleri vardır. Zeolitlere molekülleri büyüklüklerine göre bu ayırma özelliğinden dolayı **Moleküler Elek** adı verilmiştir.

Zeolitlerdeki kanallar genellikle su ile kaplıdır. Eğer zeolit 350–450 °C civarında ısıtılıp su molekülleri uzaklaştırılırsa kanallara girebilecek boyutta olan moleküller gözeneklerde adsorbe olurlar. Bir zeolit türünden diğerine değişen bu kanal boyutu, zeolitlerin moleküler elek gibi davranarak çeşitli gazları seçici olarak adsorplamasına yol açar ve parçacık boyutları kanallarına girmeye elverişli olmayan moleküller dışarıda kalarak elenirler [13].

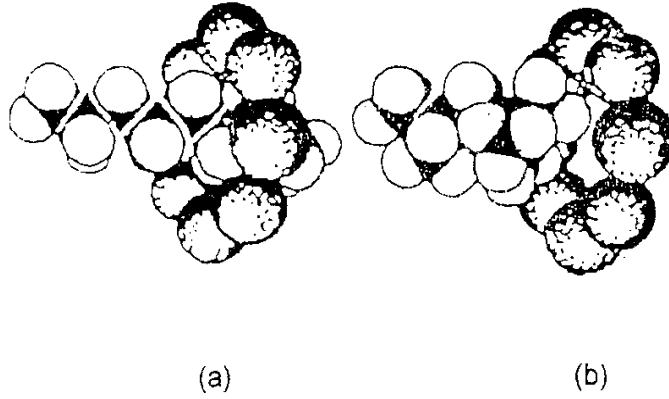
Şekil 2.2’ de moleküller elek zeolitinin para-ksileni adsorplarken; orta- ve meta-ksilene karşı gösterdiği moleküller elek özelliği gösterilmiştir [13].



Şekil 2.2 Moleküler elek zeolitinin para-ksileni adsorplarken; orta- ve meta-ksilene karşı gösterdiği moleküller elek özelliği [13]

Şekil 2.3' te gösterilen CaA tipi zeolitin pencere çapı 4.5 \AA 'dur. Bu pencerelerden çapı, bundan daha küçük olan ($4,3 \text{ \AA}$) penta gibi hidrokarbon girebilmekte çapı büyük olan (5 \AA) izopentan girememektedir [14].

Şekil 2.3.'de zincir hidrokarbonlarının sekiz-halkalı Ca-zeolit A yapısına girişi, zeolitin kanal açıklığından daha büyük moleküller boyuta sahip dallı yapıya sahip hidrokarbonların yapısı içine giremedikleri görülmektedir [14].



Şekil 2.3. Kanallara doğrusal hidrokarbonların girişi. Büyük zincir hidrokarbonun tutulması [14]

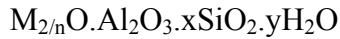
2.4. İyon Değişim Özellikleri

Zeolit Grubu Mineraller bilinen en iyi doğal iyon değiştiricilerden biridir. Bazı katyonik iyonlara olan yüksek seçiciliğinin yanında sentetik reçinelere oranla oldukça ucuz olması en önemli avantajlarındanıdır.

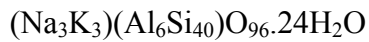
Zeolitlerde dört yüzlülerden oluşmuş iskelette zayıf bağlarla bağlanmış olan Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{+2} ve K^+ gibi katyonlar, değişebilir katyonlar olarak adlandırılır. Bu değişebilir katyonlar her hangi bir iyonun derişik bir çözelti ile temas ettirildiklerinde yapıdan uzaklaştırıla bilir ya da değiştirilebilir. Bu nedenle, zeolitler etkili doğal iyon değiştiriciler olarak bilinir [15]. Diğer taraftan, yüksek askıda katı madde değişiklikleri, iyon değişim yataklarının tıkanması ve dalaysıyla verim kayıpları şeklinde sonuçlara neden olabilir. Bu yüzden zeolitin iyon değişim işleminde bu durum dikkate alınarak ön filitasyon işlemleri yapılır [16].

Zeolitler, kristal yapılı, hidrate olmuş alkali ve toprak alkali aluminosilikatlardır. Kristal yapıları üç boyutlu atomik yapılardan oluşmaktadır. Zeolitler kristal yapılarını bozmadan su adsorplayıp desorplayabilirler ve yapıdaki bazı atomları değiştirebilirler. Zeolitler SiO_4 tetrahedrasının üç boyutlu yapılanmasıdır ve bu yapılanmanın dört köşesinin her birindeki oksijen atomu, bitişik tetrahedranın köşesi ile paylaşılmaktadır. Yapıdaki tetrahedronların her birindeki silis merkezde yer alıyorsa, zeolit, kuvartsta (SiO_2) olduğu gibi elektriksel açıdan nötrdür. Zeolitlerin kristal oluşumlarında Si^{+4} yerine Al^{+3} ün geçmesi sonucu oluşan negatif yükü değiştirilmiş olabilir. Bu takdirde pozitif yük eksikliği söz konusudur. Bu eksik bir veya iki değerlikli Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} gibi atomların yapıda yer alması ile giderilir. Yapıda Van Der Wals kuvvetleriyle zayıf bağlı bulunan hareketli katyonlar temas halinde oldukları çözültideki iyonlarla kolayca yer değiştirebilirler [17].

Ampirik bir zeolit formülü aşağıdaki gibi yazılabilir,



Burada **M** bir alkali veya toprak alkali atomunu, **n** söz konusu atomun yükünü göstermektedir. $x = 2-10$ arasında, $y = 2-7$ arasında değişen bir rakamdır. En yaygın doğal zeolitlerden birisi olan klinoptilolit'in formülü



şeklindedir.

Oksijenle birlikte zeolit yapısının rijit omurgasını oluşturmaları nedeni ile ikinci parantez içindeki atomlara, **yapı atomları** denilmektedir. Sulu çözültilerdeki başka iyonlarla, zeolit yapısını bozmadan kolaylıkla değiştirilebildiklerinden ilk parantez içindeki atomlara **değiştirilebilir atomlar** denilmektedir. Bu atomların değiştirilmesine **iyon değiştirme** veya **katyon değiştirme** denilmektedir. İyon değiştirmede, zeolitteki bir tek değerlikli atom sulu çözültideki bir tek değerlikli atomla değiştirilir veya zeolitteki çift değerlikli bir atom, sulu çözültiden iki adet tek değerlikli atomla yer değiştirir [10].

İyon değişiminin verimliliği, yani değişim kapasitesi; katyonun türü, sıcaklık ve katyon değişimi gibi faktörlere bağlıdır [18]. Diğer taraftan katyon değişimi bir zeolitde etkin boşluk çapını değiştirebilir. Örneğin 'A' zeolitindeki Na^+ iyonları K^+ iyonları ile yer değiştirirse bu iyonlar Na^+ iyonlarından daha büyük olacağından etkin boşluk çapı azalır ve A^0 olarak adlandırılır. Eğer bu katyonlar yerine Ca^{+2} iyon değerlikçe iki Na^+ ve K^+ iyonuna eődeęer olacağından boşluk önündeki iyonlar uzaklaőarak boşluk etkin çapı 5 A^0 olur. Bu zeolit 5 A^0 adını alır. Böylece katyon değiştirme işlemi ile aynı zeolitin değişik boyutlu ve değişik moleküler eleme özelliği olan türleri hazırlanmıő olur [15].

3. ADSORBENT TEMELLİ YOK ETME SİSTEMLERİ

3.1. Granüler Yatak Filtreleri

Partikülleri havadan temizlemede var olan pek çok sisteme çekici alternatif olabilir [19].

3.2. Kum ve Cam gibi İçi Katı(sabit, hareketsiz) Yataklar

Endüstriyel oluşumlarda partikülleri yok etmek için geçmişte kullanılmış fakat çok az başarılı olmuştur [19].

Tipik işlemlerde partiküllü gaz granüler yatağının alt veya üstünden gönderilmesiyle gerçekleştirilir. Akıma karşı direnç önceden belirlenen bir seviyeye çıktığında yatağı temizlemek için işlemdeki hava akımının tersine bir hava akımı sağlanır [19].

Hava temizleme sistemleri gizli ısı yükü daha etkili ve daha az işlem ve masraf giderine sahip olduğu için geleneksel buhar kompresyonu sistemlerinde daha çok kullanılır. Sonuç olarak, bu sistemlerin kaliteli hava sağlama yeteneklerinden dolayı bu sistemlere karşı yeniden bir ilgi doğmuştur. Bu sistemlerde nemli hava; nemi adsorbe ederek havadan ayıran bir yataktan geçer. Oluşan kuru hava ısisına ve nemine uyum sağlamak için işlenir. Silikajel, Moleküler Elek ve Aktif olmuş Alümina yüksek su adsorpsiyon kapasiteleri nedeni ile kullanılırlar. Bu materyaller arasında Silikajel ve Moleküler Elek bu sistemlerde havanın nemini azaltmada kullanılırlar. Adsorbent temelli filtre yatakları da partikülleri yakalayıp havadaki çeşitli mikroorganizmaları öldürür. Sigara dumanının gaz bileşenlerini bile adsorbe edebilirler. Fakat bu materyaller özellikle sigara dumanını içerideki havadan temizlemek gibi solunum partiküllerini temizlemede ki etkilerini ve mikroorganizmaları temizlemekteki etkilerini değerlendirmek için hala incelenmektedir [1].

Katı temizleme sistemini kullanmanın ilk amacı havanın nemini azaltmaktır. Fakat işleme tabi tutulmuş partiküllerin havada bulunmasıyla onların su adsorpsiyon özellikleri değişebilir. Böylece, pek çok çalışma partikül ve sigara dumanının olduğu yerde materyallerin nem adsorpsiyonu özellikleri ile ilgilidir [1].

4. TEMELLER VE MEKANİZMALARI

Partikül yok etme sistemleri; bir filtre cihazından partikül içeren bir gaz geçerken partiküllerin filtre üzerinde gaz akımından ayrılmasına neden olan çeşitli dış güçlerin oynadıkları rollerin prensibine dayanır. Tek veya kombinasyon sistem olarak aşağıdaki mekanizmalar genellikle partikülün gaz akımından ayrılmasını sağlar. Bu mekanizmalar:

Sedimentasyon : Gaz akımındaki partiküllerin yer çekimi etkisi ile oda zeminine çökmesi olayıdır.

Elektrostatik ayırma : Partiküllerin elektrikle yüklenip elektrik alanına tabi tutulmaları gaz akımından ayrılmaları olayıdır.

Eylemsizlikle çökeltme : Havada asılı partiküller havanın akım yönü değişse de orijinal yönlerinde ilerleme eğilimindedirler. Havanın akım yönü değiştiğinde partiküllerin dağılarak hava akımından ayrılmaları ve durgunlaşarak filtre yüzeyi üzerine çökelmeleridir.

Brownion yayılması : Gazdaki asılı partiküller daima Brownion hareketini yapma eğilimindedirler. Ne zaman ki gaz akışı katı yüzey civarında gerçekleşirse o zaman rasgele hareket eden partiküller zorunlu olarak katı yüzey ile temas ederler ve yapışarak tortulaşırlar. Brownian difüzyonuna dayanarak tasarımı yapılan araçlar daha küçük partikülleri ayırmada daha etkilidir.

Partikülleri yok eden cihazların tasarımı, partiküllerin çeşitli çevre koşullarında hareketini bilmeyi gerektirir. Partikülün hareketini ve aracın yok etme etkisini etkileyen faktörler;

- a- Temizlenecek hava akımındaki Partikül yoğunluğu
- b- Hava akımındaki partiküllerin büyüklük dağılımı
- c- Gaz akış oranı

Sistemin tasarımı [20]' de açıklanmıştır.

Absorplayıcı yüzeyinde adsorbe ve desorbe olan mikroorganizmaların ve partiküllerin mekanizmaları daha başka olayları da içerir. Mikroorganizma ve partiküllerin katı yüzeye tutunması üç aşamada meydana gelir.

- a- Mikroorganizmaların çökmesi.
- b- Bağlanma, yapışma veya adsopsiyon
- c- Katı yüzeyde çoğalma veya ölme.

Mikroorganizmaların katı yüzeye çökmesi mikrobiyal hücrelerin sorbent yüzey üzerindeki hareketlerine bağlıdır. Tam tutunamama yükleme davranışı ve yayılım, gravitasyonel, konvektif taşımayla ilgili olabilir. Devam eden birleşme mikrobiyal hücre ve katı yüzey arasında rol alan pek çok kuvveti içerir.

Adsorbent yüzey ile mikrobiyal hücre arasındaki çekme ve itme kuvvetleri;

Cekim Kuvvetleri

Hidrojen, thio, amid (amide) ve ester bağları.

İyon çifti formasyonu (biçimi) $[NH_3^+ \dots -OOC^-]$

Partiküller arası bridging (polyelectrolytes)

Benzer yükler arasındaki yüzey çekim kuvveti

Şeklin elektrostatik çekim kuvveti

Yüzey gerilimi

Van der Waals çekim kuvveti

Elektromagnetik kuvvet

Hidrodinamik kuvvet

Difüzyonal (yayılım) kuvvet

Kütle çekim kuvveti

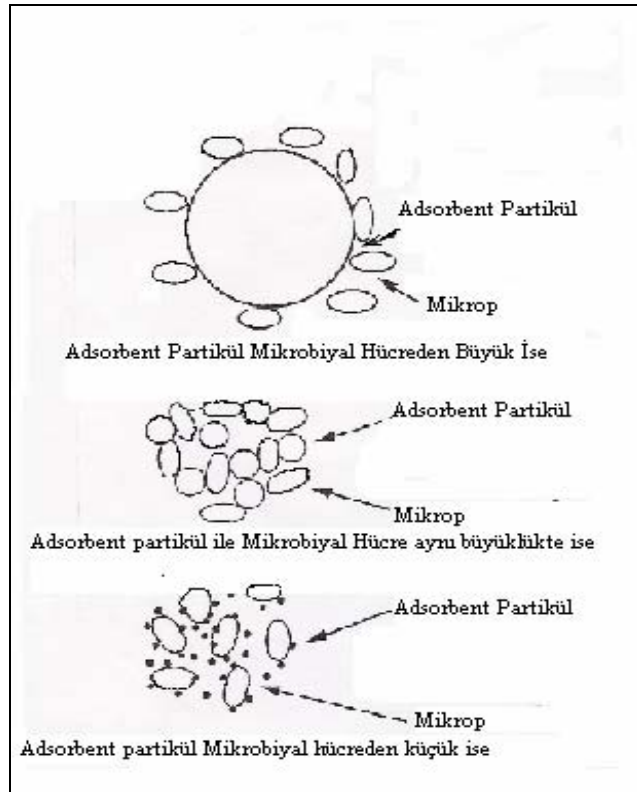
İtme Kuvvetleri

Benzer yükler arasındaki yüzey itme kuvveti

Van der Waals itme kuvveti

Negatif kemotaksis

Mikroorganizmaların tutunması katı yüzeylerin doğasına bağlıdır. Katı yüzeyler gözenekli (silica-jel, moleküler elek, aktif karbon) veya gözeneksiz (filtrelerde kullanılanlar gibi) olabilirler. Bu adsorbentlerin gözenek çapları mikroorganizmalar ile aynı olmasına rağmen, bu organizmaların aslında gözeneklerde adsorbe olduğunu gösteren hiçbir çalışma yoktur. Mikroorganizmaların katının dış yüzeyine yapışması daha büyük bir olasılıktır. Genellikle adsorpsiyon aşaması olarak adlandırılan mikrobiyal hücre ve katı yüzey arasındaki ilk ilişki katı yüzeyin özelliklerine bağlıdır. Bir yüzeye mikroorganizmanın yapışmasının mekanizması adsorbent partikülün büyüklüğüne bağlıdır. Eğer adsorbent partikül mikroorganizmadan yeteri kadar büyükse pek çok mikrobiyal hücre tek bir partiküle yapışabilir. Adsorbent partikül ile hücrenin büyüklüğü aynı oradaysa bunlar eşit olarak etkilenirler. Adsorbent partiküller mikrobiyal hücrelerden küçük ise, tek bir mikrobiyal hücreye bir çok partikül yapışabilir [1]. Adsorbent partiküller ile mikrobiyal hücrelerin birbirlerine tutunmaları Şekil 4.1’ de gösterilmiştir [1].



Şekil 4.1. Mikrobiyal adsorpsiyonun şematik gösterimi [1]

Adsorpsiyon mekanizmaları, aktarım hızı ve denk kapasiteler her üç durumda değişebilir. Kurutucu materyaller kullanıldığı takdirde katı yüzeye tutunan mikrobiyal hücrenin suyunu adsorbe ederek kurutur ve hücre bozunmasına bağlı olarak ölümüne yol açar. Mikroorganizma veya partikülleri gidermede katı adsorbentler kullanıldığında, madde bir yatağa yerleştirilir ya da tek parçalı bir gözenekte korunur. İçeride solunabilir havadaki asılı durumdaki partikül ve mikroorganizmaların büyüklük oranları düşünüldüğünde Brownian difüzyonunun partiküllerin yüzeye temasını sağlamada mekanizmaları kontrol etmesi beklenir. Mikroorganizmaların adsorbent yüzeye tutunmasını sağlayan esas güçler her ne kadar Van der Waals ve Elektrostatik güçler, kimyasal bağlardan kovalent, iyonik ve hidrojen bağları ile hidrofobik bağlanma konularını içermesine rağmen mikroorganizmalar ve adsorbent yüzeyleri arasındaki yüzeysel reaksiyonlar partikül gidermede çok önemlidir. Mikroorganizmalar tutunacakları yüzeylere az çok yapışmalarını sağlayan maddeler üretme yeteneğine sahiptirler [1].

Baier' e göre bu iki yüzey arasındaki zar katı yüzeyleri biyolojik tutunmaya uygun kılar [21]. Difüzyonal işlemlerin kinetikleri katı- sıvı sistemler için mikroorganizmaların desorpsiyonu ve adsorpsiyonunu dengeleme çalışmalarında başarıyla uygulanmıştır. Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermi mikroorganizmaların denge adsorpsiyonlarını tam anlamıyla tanımlar [1].

5. KONTROL STRATEJİLERİ

İçerideki mikrobiyal büyümeyi kontrol etmek için temizleme, bolca havalandırma, nemi kontrol etme, sterilizasyon yöntemleri ve mekanik filtre kullanımı gibi pek çok metot önerilmiştir [22].

Koruyucu temizleme ev ve iş yerlerinde kullanılacak en kolay yöntemdir. Hava sistemleri ve havalandırma ünitelerinin düzenli temizliği, arıtma sistemlerinin temizliği ve filtrelerin düzenli olarak değiştirilmesinin içerideki havanın mikrobik konsantrasyonlarını düşürdüğü bulunmuştur. Temizleme işlemi ayrıca filtre, soğutma alanı ve nemlendirme sistemlerindeki mikrobik çoğalmayı azaltır [23].

6. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR

Bu konuda, literatürde yer alan bazı çalışmalar şunlardır.

Turk ve arkadaşları : ASHRAE 62-1989 standardında önerilen havadan %70 daha yüksekte Amerikanın Pasifik kuzey batı bölgesindeki 38 ticari binada yaptıkları çalışmada sigara içilen binalarda RSP seviyesinin USEPA standardından %40 fazla olduğunu görmüşlerdir [24].

Mann ve Airah : Çeşitli gazları, sigara dumanını, nem, partikülleri çalışma ortamından yok etmek veya kontrol altında tutmak amacıyla aktif karbon filtresi ile birlikte etkili bir partikül filtresini birleştirdiler. Partikül filtresi ve karbon adsorpsiyonunu birleştirerek oluşturdukları dönüşümlü hava temizleyicinin en etkili olduğunu bulmuşlardır [25].

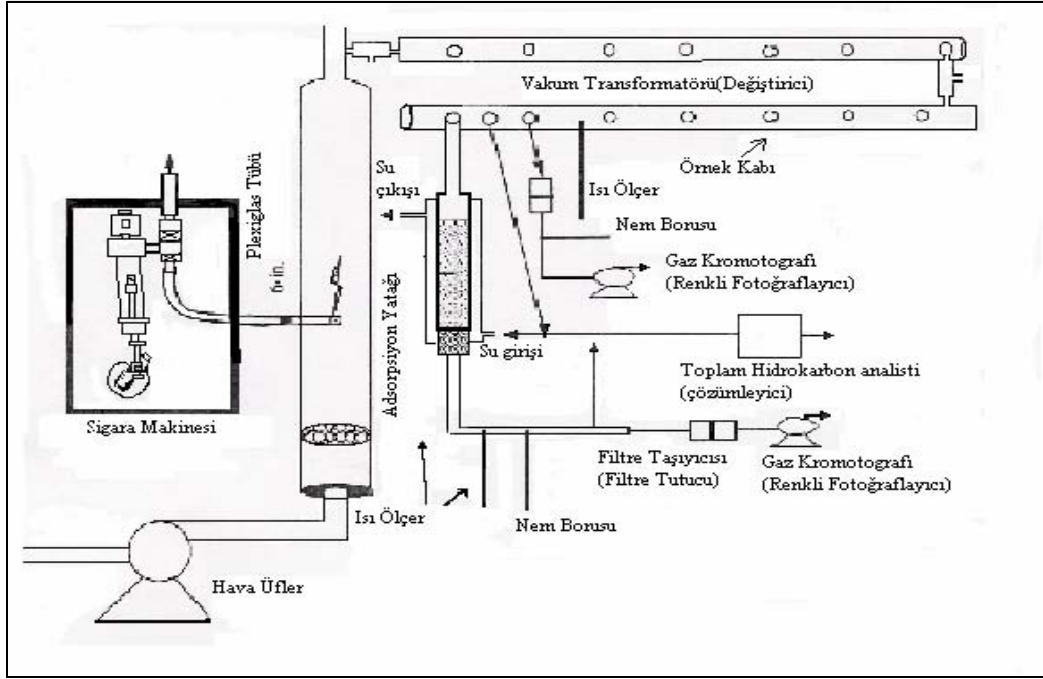
Piesce ve arkadaşları : ETS' yi ofislerde azaltmak için dört hava temizleme sistemleri bulmuşlardır. Çalışmalarındaki temizleme aletleri partikül filtresi ile gaz-katı adsorpsiyon ünitesidir ve ETS' nin nem ve partikül sistemlerini yok etmek için kullandılar. Bu çalışmalar bu havalandırma sistemlerinin kullanılmasının sigara içilen alanda nikotin ve RSP seviyesini düşürdüğünü göstermiştir [26].

Şu üç adsorbent kullanılarak laboratuvar deneyleri yapılmıştır [27,28]. Silika-Jel, 13x moleküler elek, aktif karbonun sigara dumanı giderme kapasitelerini değerlendirmek üzere kullanılmışlardır. Filtre etme kapasitelerini ölçebilmek için odanın havası adsorbe edici özelliğe sahip bir yataktan geçirilerek ölçülmüştür. Adsorbent örneklerin yaklaşık 25 gramı 0,5 inç çaplı cam tüpe doldurulmuştur. Yataktan geçiş oranı 5 L/dak devam ettirilmiştir. Bu deneyler oda sıcaklığında (Yaklaşık 296 °K) ve %30 - %60 arası nemde gerçekleştirilmiştir. Partiküllerin toplam sayısı deneyin başlangıç evresindeki havada orijinal $4,8-6,0 \times 10^{+3}$ ten $1,3-3,0 \times 10^{+3}$ partikül/ cm' ye düşürmüştür. Odanın nemi değiştiğinde giderme etkisinin (%27-%50) azalmasında bir değişiklik

görülmemiştir. Ayrıca 6x12 elek genişliği olan silikajel, 4x8 elek genişliği olan moleküler elek ve 6x16 elek genişliği olan aktif karbon gibi üç benzer gözenek büyüklüğüne sahip üç adsorbentin her biri için benzer giderme etkisi olduğu görülmüştür. Böylece bunların filtre etme etkilerinin de benzer olduğu görülmüştür.

Çevresel sigara dumanını odadaki havadan temizleme çalışmasında ise, sigara dumanını sürekli üfleyen flamatik bir piston pompası kullanılmıştır. Duman makinesinin detaylı çizimi Lee ve arkadaşlarınca yapılmıştır [28].

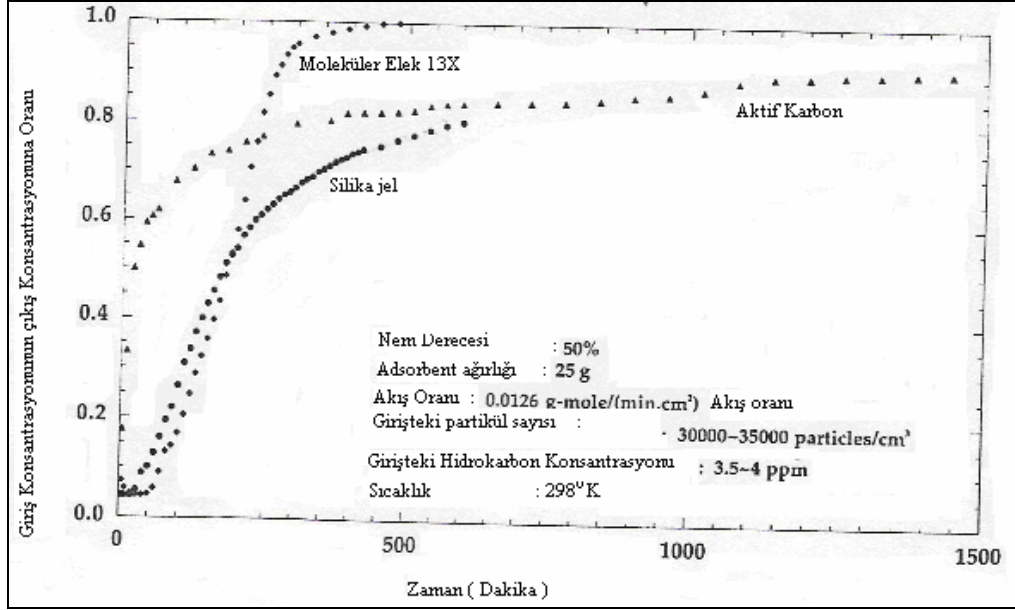
Duman makinesinin detaylı bir çizimi Şekil 6.1’ de gösterilmiştir [28].



Şekil 6.1. Duman makinesinin şematik gösterimi [28]

Gaz karışımı sütunda üstten alta doğru akar. Adsorpsiyon sistemin ve deneysel işlemin tanımı [29]’ de bulunmaktadır. 10^{-4} mmHg’ lık bir vakum adsorpsiyon akımını başlatır. Pleksiglas tüpünün son bölümünde ETS içeren havanın akış oranı yaklaşık $8600 \text{ cm}^3/\text{dk}$ ’ dır. Her bir örnek için döngü 15 kez tekrar edildi. Havadaki ETS konsantrasyonu partiküllerin sayısını izleyerek

kontrol edilir. Yapılan tüm deneylerde havanın 30.000–35.000 partikül/cm³ arasında olması için dikkat edilmesine rağmen, kalan konsantrasyon 600/1000 mg/m³ arasında değişir. Bu ayrıca partikül fazının tek bir bileşimi olmadığını gösterir. 15. Döngü için üç adsorbent yataktaki su buharı konsantrasyon Profili Şekil 6.2’ de gösterilmiştir [29].



Şekil 6.2. Farklı adsorbent yatakların su buharına göre eğri özelliklerinin karşılaştırılması [29]

Yüzeydeki OH gruplarının varlığı nedeniyle, silikajel suyu hidrokarbondan daha çok tercih etmesine rağmen 10 saatlik adsorpsiyondan sonra bile su ile doyurulamamıştır. Tersine, 13X moleküler elek yatağı 6,7 saatte doyurulmuştur. Beklendiği gibi su aktif karbon sütununda hızla azalır. Aktif karbon %40’ ın altındaki nem oranında çok önemli miktarda su adsorbe edememiştir. Su için adsorpsiyon kapasitesindeki keskin bir artış gözenek doldurmaya bağlı olan %50 nem oranında olur [30]. Hem silika-jel hem de moleküler elek yatağında belirlenmiş olan (298 °K) adsorpsiyon ısısından daha fazla bir ısı ortaya çıktığı gözlenmiştir. Yataktaki bu ısı artışını moleküler elek ve silika-jel’ in adsorbent olarak kullanıldığı 20–50 °C aralığında suyun tek başına sağladığını göstermişlerdir [31,32]. Fakat hem silika-jel hem moleküler elek yataklarından su

buharı için azalma eğrilerinin şekli, tüm 15 döngüde hemen hemen aynıdır ve yataktaki su eğrisi baştan sona kadar aynı zamanda oluşmuştur. Bu adsorpsiyon mekanizmalarının döngüden döngüye değişmediğini göstermiştir.

Bilgi dört örnek tipinde elde edilmiştir (Örnek A, B, C ve D). Biri yatağın üstünden (Örnek A), biri yatağın altından (Örnek B), iki örnek 15' inci adsorpsiyon döngüsünden sonra toplanır. Bu iki örnek, su buharının adsorpsiyonu başlamadan önce 12 saat (sadece tekrar elde edilen vakum) için test çemberinde tutulmuştur. Bu dört örnekten biri hiçbir zaman sigara dumanına maruz kalmamıştır (Örnek C, yeni örnek). 12 saat vakum altında 473 °K' de ısıtılarak yeniden elde edilmiştir. Son örnek 15. adsorpsiyon döngüsünden sonra yataktan toplanmıştır (örnek D). Bu belirli örnek 12 saat vakum altında 473 °K' de ısıtılarak test çemberinde yeniden elde edilmiştir. Yatağın üstünden toplanan silikajelin rengi kahverengi, altından toplanan ise açık kahverengidir [1].

Silikajelin kahverengi olmasının nedeni dumandan gelen tar ve nikotine bağlıdır. Katran ve nikotinin çoğu yatağın üst kısmında alındığı için, silikajelin rengi diğer tabakalarda daha açıktır. Tütün dumanı içeren hava akımının yatağın üst kısmından beslendiği belirtilmelidir. Silikajel örneklerinin üstünde elektron mikrografları katı çökeltmeler göstermesine rağmen, tütün dumanına maruz kaldıktan sonra düz bir hale gelmezler. Belki, nikotin ve katranın büyük bölümü silikajelin dış bölümünde değil gözeneklerde adsorbe edilir (Moleküler Elek için koyu kahverengi olan renginden dolayı benzer bir analiz yapılmamıştır). Beklendiği gibi, yatağın üstünden toplanan silikajel örnekleri en düşük su buharı adsorpsiyon kapasitesine sahiptir (Örnek A). Tütün dumanına maruz kalan silikajel 473 °K' de ve 12 saat ısıtıldığında bile tamamen tekrar oluşturulamaz. 10 A^o dan daha düşük çaplarda silikajel önemli sayıda gözeneye sahiptir ve bu gözenekler kirleticilerle tıkalı veya örtünmüştür. Bu ayrıca test çemberindeki tekrar üretimden sonra bile koyu kahverengi renge sahip olan örneklerden de bellidir. 13X moleküler elektteki su izotermeleri tütün dumanına maruz kalan bütün örneklerde Tip II özelliklerini alır. Yatağın üstünden alınan örnek (Örnek A) ve yatağın altından olan örnek (Örnek B) hemen hemen aynı su buharı adsorpsiyonu kapasitesine sahiptir. Örnekler ısı ve vakumla tekrar elde edildiğinde (473 °K) (Örnek C) yeni örneklerle (Örnek D) aynı adsorpsiyon kapasitesine sahip

olmaktadırlar. 13X moleküler elek 10 A^o luk gözenek çapına sahiptir ve bu tekrar oluşturma koşullarında nikotin ve katranın büyük bölümü giderilebilir [1].

Aktif karbonun vakumla tekrar üretilebildiği görülür. Bu, tütün dumanının daha geniş gözeneklerde adsorbe edildiğini gösterir [1].

Bir katının adsorpsiyon kapasitesi, adsorbantın gaz fazı konsantrasyonuna bağlı olduğundan, daha yüksek konsantrasyonlarda tütün dumanı bileşimi adsorpsiyonun zor olduğu daha küçük gözeneklerde adsorbe edilebilir [1].

Tütün dumanına maruz kaldıktan sonra adsorbentlerin ölçülen yüzey alanları aşağıdaki gibidir [1].

<u>Örnekler</u>	<u>Ölçülen Yüzey Alanları</u>
Silikajel	(m² / g)
Tütün dumanına maruz kalmayan örnek a	672
Tütün dumanına maruz kalıp yeniden üretilen örnek b	550
Tütün dumanına maruz kalıp yatağın üstünden alınarak yeniden üretilen örnek c	527
Tütün dumanına maruz kalıp yatağın altından alınarak yeniden üretilen örnek d	542
	<u>Ölçülen Yüzey Alanları</u>
Moleküler Elek	(m² / g)
Tütün dumanına maruz kalmayan örnek a	395
Tütün dumanına maruz kalıp yeniden üretilen örnek b	350
Tütün dumanına maruz kalıp yatağın üstünden alınarak yeniden üretilen örnek c	40,5
Tütün dumanına maruz kalıp yatağın altından alınarak yeniden üretilen örnek d	40,4
	<u>Ölçülen Yüzey Alanları</u>
Aktif Karbon	(m² / g)
Tütün dumanına maruz kalmayan örnek a	1052

Tütün dumanına maruz kalıp yeniden üretilen örnek	b	936
Tütün dumanına maruz kalıp yatağın üstünden alınarak yeniden üretilen örnek	c	815
Tütün dumanına maruz kalıp yatağın altından alınarak yeniden üretilen örnek	d	916

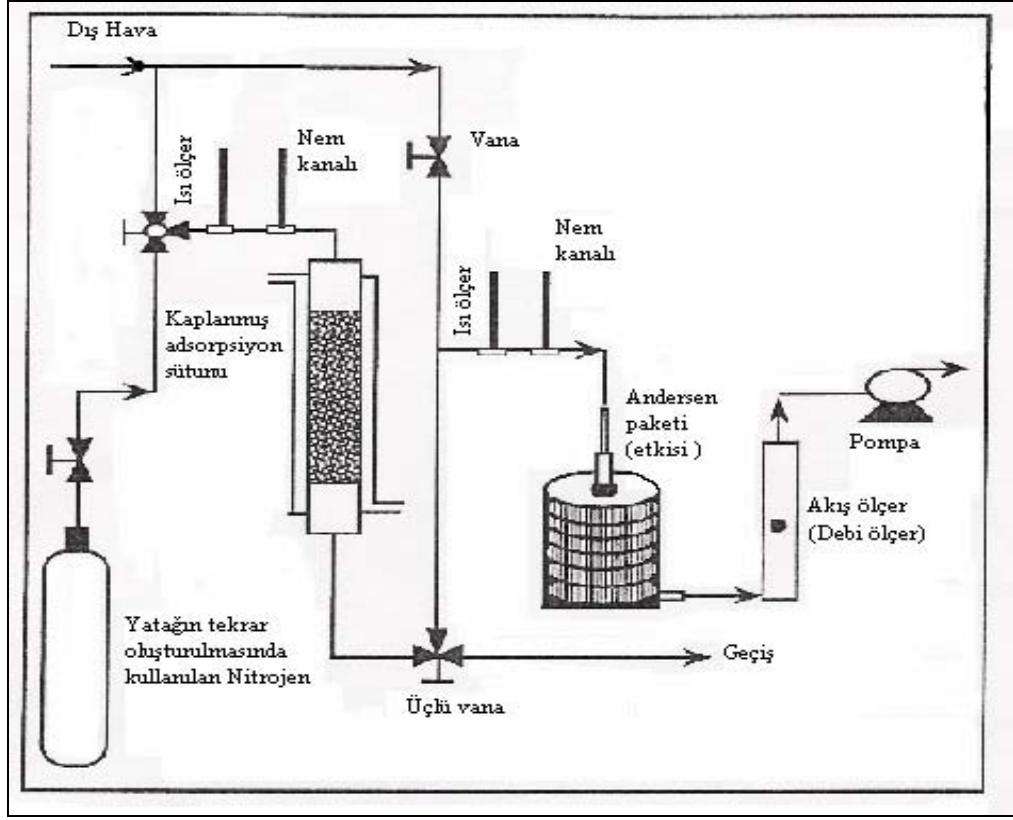
- a- Örnek hiçbir zaman tütün dumanına maruz bırakılmadı ve ayrıca 12 saat 473 °K' de vakum altında tutulduktan sonra teste tabi tutuldu.
- b- Örnek 15 döngülük adsorpsiyona maruz kaldıktan sonra 12 saat boyunca 473 °K' de vakum altında tutularak yeniden üretildi ve teste tabi tutuldu.
- c- Örnek, 15 döngülük adsorpsiyondan sonra yatağın üst kısmından toplandı ve alınan örnek yeniden üretim için 12 saat boyunca vakum altında tutulduktan sonra teste tabi tutuldu.
- d- Örnek, 15 döngülük adsorpsiyondan sonra yatağın alt tarafından toplandı ve alınan örnek yeniden üretim için 12 saat boyunca vakum altında tutulduktan sonra teste tabi tutuldu.

Bir adsorpsiyon döngüsünden arta kalan partikül miktarı filtre kağıtlarının ağırlık değişiminden belirlenir. Geriye kalan tutma etkisi 15 döngü boyunca yaklaşık olarak aynıdır [1].

Adsorbent bir yatağın mikroorganizma temizleme yeteneği için havanın her m³' ü 2,5 cm çaplı paketlenmiş yatakta 25 gr adsorbent bulunan ve 270 kolondan oluşan üniteden geçirilir. Oda havasındaki nem derecesi %30 kadardır. Oda havası 10 dakikalık periyotlarla 10 L/dak oranında yatak boyunca hareket eder ve hava örnekleri Andersen etkisini kullanarak toplanır.

Bir Andersen örnekleyicisi havanın sırayla geçtiği peş peşe dizili altı kademeyi içeren etkili bir sistemdir. Her bir kademedede yaklaşık olarak 400 delik olmakla beraber her kademedede deliklerin çapı azalmaktadır.

Deneysel sistemin şematik diyagramı Şekil 6.3' te gösterilmiştir [1].



Şekil 6.3. Mikroorganizmaların giderilmesinde kullanılan deneysel sistemin şematik diyagramı [1]

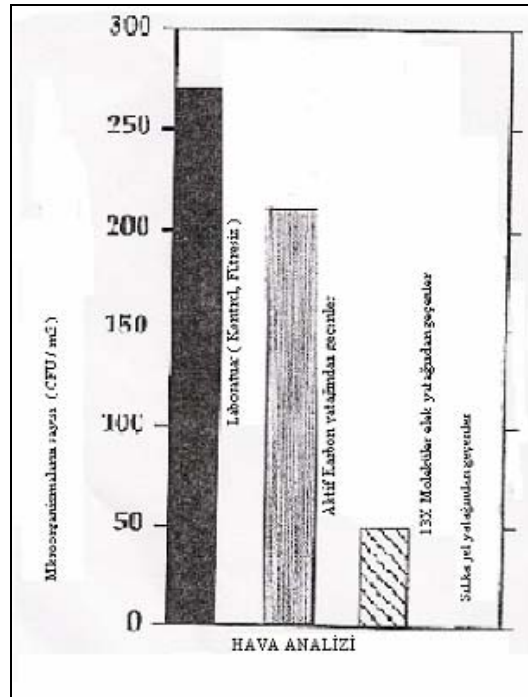
Kullanılan kuluçka ısıları bakteri için 306–310 °K, mantar için 298 °K' dir. Kuluçka zamanından sonra, her bir kaptaki koloniler bir Quebec koloni sayacında sayılır. Kontrol besilerinin şekil yada renklerine dayanarak her bir koloniye izole etmek için kullanılır (Mantar ya da Bakteri). Besleyici agar, patates dekstros agar ve lurya agar organizmaları teşhis etmede kullanılır. Sabouraud glüköz agar ve gül bengal agarı, aktinomiks ve mantarı ayırt etmede kullanılır. Mantar; şekliyle, büyüklüğüyle ve agardaki büyümeleri ve yeniden üreme biçimiyle ayırt edilir [1].

Bakteri; biyokimyasal testler ve ayrımsal kontrolün temelinde izole edilir. Biyokimyasal testler gram boyalarını, endospor boyalarını ve şeker mayalanma tüplerini kapsar. Muhafaza hidrolizi, katalaz üretimi, nişasta hidrolizi, nitrat indirgeme, litmus süt reaksiyonu, üre hidrolizi, %5 NaCl ve sitrat kullanımı ve diğer pek çok test, takım ve türleri ayrıştırmada bakteri üzerinde uygulanır. Bergey'in Determinatif Bakterioloji El Kitabı biyokimyasal tepkileri belirlemede kullanılır [33]. Laboratuvarın çeşitli bölgelerinden toplanan organizmaların aynı

koloninin şekline, gram reaksiyonu ve hücresel biçime sahip olduğu görülmüştür [1].

1988 sonbaharında belirlenen mikroorganizmalar, staphylococcus aureus, staphylococcus saprophyticus, Bacillus circulans' ları kapsar. Mantarların üç değişik şekli de ayrıca izole edilmiştir. Mühendislik laboratuvarında Actinomyces (Bakteri) ve Aspergillus (Mantar) belirlenmiştir. Staphylococcal bakteri ayrıca pek çok örnekte gözlenmiştir. 22 izole edilenden 9' u mantar 13' ü bakteridir. Silikajel ve 13X moleküler elek yatağı, oda havasından mikroorganizmaların önemli bir bölümünü giderebilmelerine rağmen, aktif karbon yatağı daha az etkilidir. Silika jel ve 13X moleküler elek havadaki tüm nemi adsorbe eder ve mikroorganizmaları kurutarak ölümüne neden olur. Oda sıcaklığında %42' nin altında neme sahip havadan aktif karbonun su adsorpsiyon kapasitesi oldukça küçüktür. Sonuç olarak pek çok mikroorganizma aktif karbon yatağında yaşayabilir [1].

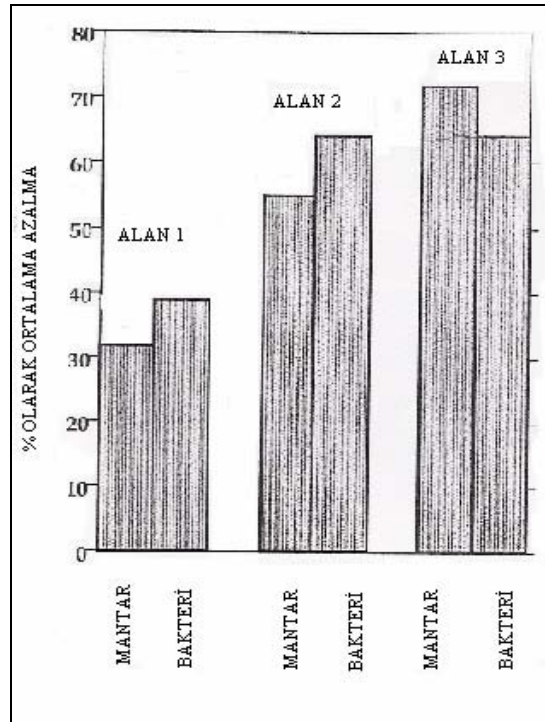
Adsorbentlerin mikroorganizma giderme kapasiteleri Şekil 6.4' tedir [1].



Şekil 6.4. Değişik adsorbentlerin mikroorganizma giderme kapasiteleri [1]

Kovak ve arkadaşları : Kurutucu bazlı havalandırma ünitelerinin mikrobik giderme kapasitelerini üç alanda ve özel bakteri kullanarak laboratuvar ortamında incelemiştir. Alan ünitelerinin ikisi iki değişik hastanede hasta alanlarında kullanılmıştır, üçüncüsü de bir evde oturma odasına konulmuştur. Her üç ünitenin girişi %30 standart filtreye sahiptir. Her bir binadaki kurutucu bazlı havalandırma ünitesi olmayan odalar kontroller için kullanıldı. %39 ortalama azalma Alan 1 için belirtilmiştir. 10 örneğin dokuzu %73' ten fazla mikrobiyal sayıda azalma göstermiştir. Sadece bir örnek hiç azalma göstermemiştir. Alan 2' de %64 civarında mikrobiyal sayılarda tüm örnekler azalma göstermiştir. Üçüncü Alan ayrıca mikrobiyal sayıda %64 azalma göstermiştir [34].

Bu üç alanda yapılan ölçümler sonucunda bakteri ve mantarlardaki azalma oranı Şekil 6.5' te gösterilmiştir [34].

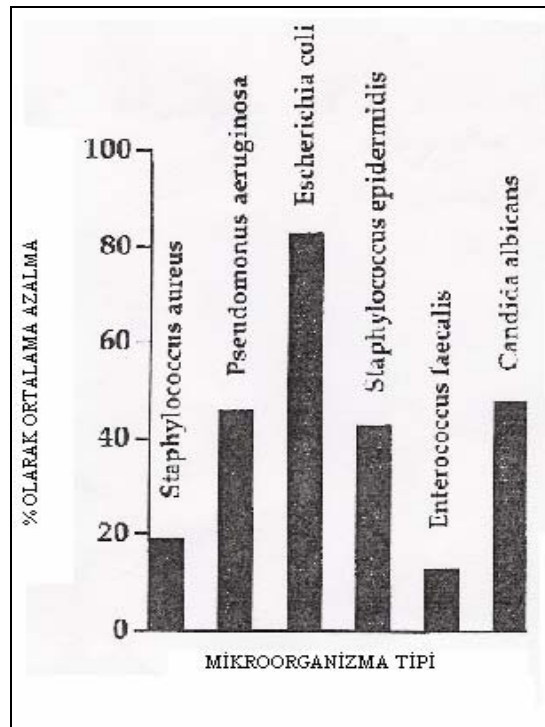


Şekil 6.5. Her üç alanda yapılan testler sonucunda bakteri ve mantarlardaki azalma [34]

Laboratuvar testleri *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans* ve *Mycobacterium fortuitum* içeren yedi mikroorganizma kullanılarak

yapılmıştır. *Mycobacterium fortuitum* dışında diğer altı mikroorganizma için genel bir azalma gözlenmiştir. Şekil 6.6' da gösterilen altı mikroorganizma fırsatçı patojenlerdir ve sağlık alanında pek çok hastalık ve enfeksiyondan sorumludurlar. Tüm bilgiler düşünüldüğünde, bu yedi mikroorganizma için ortalama %38 azalma gözlenmiştir. *Mycobacterium fortuitum*' da kurutma ve ısıya dayanıklılıklarına bağlı olarak bir azalma görülmemiş olabilir.

Testlerdeki her bir mikroorganizmanın 5 ile 20 saat arasındaki davranışını ve ortalama yüzde azalmaları Şekil 6.6' da gösterilmiştir [34].



Şekil 6.6. Laboratuvar testi için seçilmiş mikropların sayılarındaki azalma [34]

Hem laboratuvar hem alan testleri bilgileri gerçek sistemi tanımlamasa bile kurutucuların hava yoluyla oluşan mikroorganizmaları azaltma yeteneğine sahip olduğunu desteklemiştir. Fakat bu çalışmalar bu teknolojinin dolaysız olarak kurutma ve öldürme ile dolaylı olarak kuru hava sağlama yoluyla kapalı ortam havasındaki bioaerosol sayısını azaltmaya yardımcı olabilir [34].

Pesaran ve arkadaşları : Kurutucu Kirletme Testi Odası adını verdikleri bir bulgu ortaya çıkarmışlardır. Oda yüz tane 3 inç uzunluğunda ve 0,32 inç çapında örnek tüpü sığacak şekilde yapılmıştır. Örnek tüplerde silikajel, 13X moleküler elek, aktive olmuş alümina, aktif karbon tape silikajeli ve lityum klorid gibi çeşitli materyallerle doldurulmuş ve oda dumana maruz bırakılmıştır. Sonuç olarak elde edilen bilgi, bütün materyallerin nem adsorpsiyon kapasitesinin dumana maruz kalınca azaldığını göstermiştir [35,36].

Farouk ve arkadaşları : Moleküler elek, silikajel ve aktive olmuş alüminanın nem adsorpsiyon oranının % 5 tarımsal toza maruz kalınca % 50 azaldığını belirtmiştir. Fakat bu maddelerin eşit nem adsorpsiyon kapasitelerinin 10–20 µm çapa sahip toz partiküllerinden etkilenmediği bulunmuştur. Böylece gözenekleri bloke eden toz partiküllerinin difüzyon işlemine ekstra direnç eklediği bu nedenle de toz yok etme ünitelerinin temizleme etkisinin azaldığı görülmüştür [37].

Partesky ve arkadaşları : Havadaki katı parçacıkları ve kükürtdioksiti yok etmek için bir kum yatağı kullanmışlardır [38].

Jackson ve Calvert : Yatağının kirini temizlemek için Paschin halkaları, küreleri ve 0,5- 1 ve 1,5 inç büyüklüğünde küresel paketler kullanılmıştır. Bir µm' lik partikül için %50 partikül bileşim etkisi sağlanmıştır [39].

Gebhart ve arkadaşları : 0,1–2 µm çaplı partikülleri yok etmek için cam boncuk maddesi kullanarak çalışmalar yapmıştır [40].

Top A. : Doğal zeolitlerin katyon değişiminin (Ag^+ , Zn^{2+} , Cu^{2+}) incelenmesi üzerine yapılan çalışmada, klinoptilolit düşük maliyetli antibakteriyel malzeme olarak öngörülmüştür. Yapılan ön çalışmalarda klinoptilolit orijinal Ag^+ ve Zn^{2+} formlarının birkaç bakteri türüne karşı antibakteriyel aktiviteleri incelenmiş ve ticari antibiyotiklerle karşılaştırılmıştır.

Ag^+ - Na^+ , Zn^{2+} - Na^+ ve Cu^{2+} - Na^+ çiftlerinin denge izotermeleri incelenmiştir. Gümüş bütün Na^+ iyonlarıyla değişirken, Zn^{2+} ve Cu^{2+} da kısmi iyon değişimleri elde edilmiştir. Ag^+ - Na^+ , Zn^{2+} - Na^+ ve Cu^{2+} - Na^+ çiftleri için iyon değişiminin standart serbest enerjileri sırasıyla 6.0, 2.03 ve 3.09 kJ/equiv olarak bulunmuştur. Bu değerlerden seçimlilik sırası $\text{Ag}^+ > \text{Na}^+ > \text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+}$ olarak elde edilmiştir.

Orijinal klinoptilolit antibakteriyel davranışı gözlenmemiştir. Ag^+ formundaki klinoptilolit *Proteus* spp. ve *Pseudomonas aeruginosa* türlerine karşı Zn^{2+} formuna üstünlük sağlamıştır [41].

7. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışmalarda Gördes yöresine ait doğal zeolit türü olan klinoptilolit kullanılmıştır. Deneylerin ilk aşamasında 1-2 mm çaplı klinoptilolit kullanılacağından eleme işlemi yapılmış ve sonrada modifiye işlemi gerçekleştirilmiştir.

Klinoptilolitin modifiye işlemi yapıldıktan sonra deneyin yapılacağı uygun ortam aranmıştır. Petri kapları kullanılarak laboratuvar ortamı ile bir evde bakteri ölçümü yapılmıştır.

Uygun ortamın belirlenmesinden sonra deneysel işleme geçilmiştir.

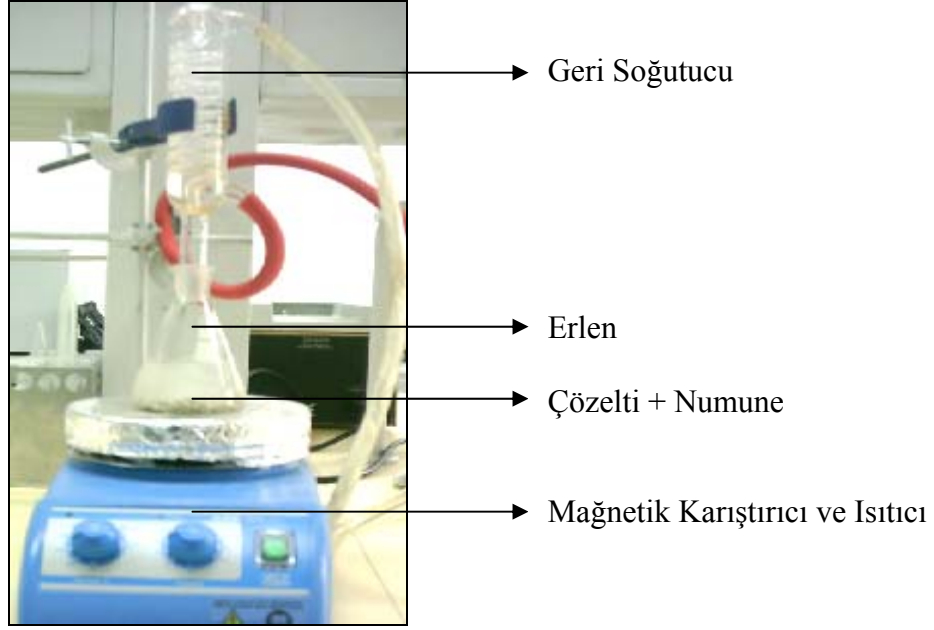
7.1. Modifiye İşlemi

Bu işlemde Gördes yöresine ait doğal zeolit türü olan klinoptilolit ve modifiye işlemi için Merck firmasına ait ve M: 169,87 gr/mol olan teknik tip $Ag^+(NO_3)^-$ (Gümüş Nitrat) kullanılmıştır.

İlk işlem olarak, klinoptiloliti suda çözünebilen yabancı maddelerden temizleyebilmek amacı ile klinoptilolit geri soğutuculu, magnetik karıştırıcıda ve 90 °C' ta 350 rpm' lik devirde 1 saat boyunca erlende yıkanmıştır. Yıkanan klinoptilolit numuneleri 110 °C' lık etüvde 20 saat boyunca kurutulmuş ve klinoptilolit numuneleri kurutulduktan sonra modifiye etme işlemi yapılmıştır.

Modifiye işleminde kullanılacak olan 0,1 molar çözeltiyi elde edebilmek için erlendeki 100 ml deiyonize suya 1,6987 gr/mol $Ag^+(NO_3)^-$ eklenmiştir. Elde edilen çözeltinin içine 5 gr klinoptilolit eklenerek 50 °C' ta ve 48 saat boyunda klinoptilolitin iyon değişim işlemi gerçekleştirildi. 48 saat sonunda iyon değişimi gerçekleştirilen numunelerden nitratları yok etmek amacı ile deiyonize su ile yıkama işlemi yapılmıştır. Modifiye işlemine tabi tutulan numuneler 110 °C' ta 24 saat boyunca etüvde kurutulmuştur.

Modifiye işleminde kullanılan sistem Şekil 7.1' deki gibidir.



Şekil 7.1. Geri soğutuculu, mağnetik karıştırıcılı ısıtma sistemi

7.2. Deney Düzeneginin Hava Döngüsü

Deney düzeneği, modifiye işlemine tabi tutulan klinoptilolit in yerleştirileceği 10 kolon, 1 hava deposu ve 1 hava pompasından oluşmaktadır. Ortamın havasını içinde bulunduran ve istenmedikçe dışarıdan hava geçişi engellenmiş düzende hava akışı, hava deposundan havayı emen hava pompasından geçtikten sonra kolonlara ulaşmaktadır. Kolonlardan (Adsorbent yatak) geçen hava tekrar hava deposuna gelmektedir.

7.3. Petri Kabının Besi Maddesinin Hazırlanması

7.3.1. Besi maddesinin içeriği

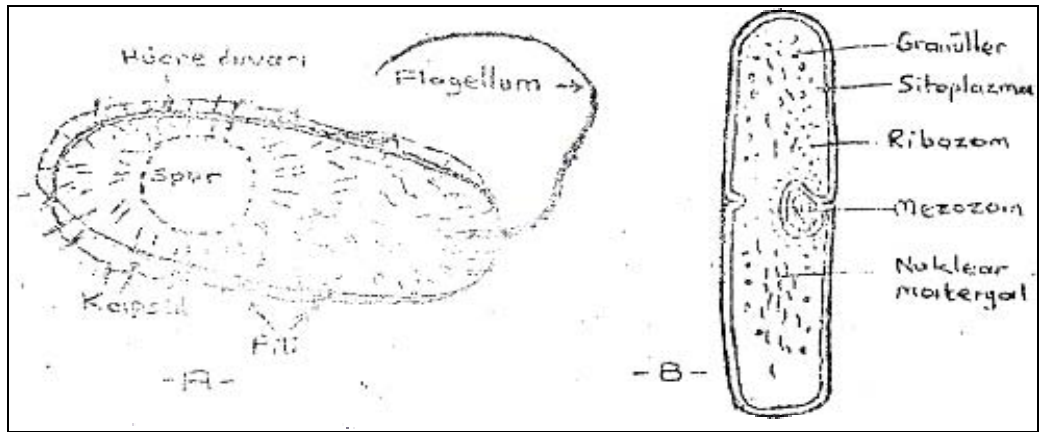
Tryptone	5	gr/lt
Yeast Extract	2,5	gr/lt
Glucose	1,0	gr/lt
Agar	15	gr/lt

LAB M Firmasına ait genel amaçlı besi maddesi kullanılmıştır. 23,5 gr PCA (Plate Count Agar) 1 Litre saf suya ilave edilmiştir. 15 dakika 121 °C' ta 1,5 atmosfer basınçta otoklav edilerek sterilizasyonu sağlanmıştır. Elde edilen karışım petri kabının içine konularak deneylerde kullanılmıştır.

7.4. Bakteri Morfolojisi

Bakteriyel hücreler türe bağımlı olmak üzere küresel, çubuksu veya spiral olabilirler. Bakteri hücreleri, hücre çeperinin iç kısmında veya dışında olmak üzere çeşitli yapılar taşıyabilir. Her ne kadar hücre çeperi ve sitoplazma gibi hücre yapıları doğal olarak hemen hemen tüm bakteri hücrelerinde bulunsa da, bazı yapılar sadece belirli türlere özgüdür [42].

Bir bakteri hücresinin yapısal organizasyonu Şekil 7.2' deki gibidir [42].



Şekil 7.2. Bir bakteri hücresinde yapısal organizasyonun şematik görünümü, A(Kaba) B(İnce) yapı [42]

7.5. Bakteri Boyama Metodları

Bakteri boyalarının kimyasal davranışı temel alındığında bu boyalar asidik, bazik ve nötral boyalar olmak üzere basitçe sınıflandırılabilirler. Boyama görevini yerine getiren organik kısım bir boyanın negatif yüklü kısmını oluşturuyorsa asidik (anyonik) boya, pozitif yüklü kısmını oluşturuyorsa bazik (katyonik) boya ve asidik bir boya iyonu ile bazik bir boya iyonundan oluşuyorsa

(Asidik ve bazik boya iyonundan oluşan bir tuz kompleksi) nötral boya olarak tanımlanır. Asidik boyalar genellikle bazik hücre bileşenlerini, bazik boyalar da asidik hücre bileşenlerini boyarlar.

Bakteri hücresi çoğunlukla nükleik asit gibi negatif yüklü bileşenlerden oluştuğundan fiziksel olarak pozitif yükleri daha çok çeker ve bu nedenle de genellikle bazik boyalarca boyanır [42].

7.6. Ağır Metallerin Mikroorganizma Üzerine Olan Etkileri

Bazı metaller mikroorganizmalar üzerine “Sidal” etkiye sahiptirler. En küçük dozlarda dahi görülen bu etki, bazı hücre proteinlerinin bu metal iyonlara ilgisinin fazla olmasındandır. En çok bilinenleri gümüş, civa, bakır, çinko ve altın tuzlarıdır. Hepside hücreyi enzimlerini çökeltirerek veya –SH gruplarıyla birleşerek inaktive ederler [42].

7.7. Uygun Ortamın Belirlenmesi

Uygun ortamın belirlenmesinde bakterilerin çoğalabileceği uygun besi içeren petri kapları kullanılmıştır. Laboratuvar ve ev ortamı olmak üzere iki bölgede ölçüm yapılmıştır.

Uygun ortamı belirleme aşamaları, yapılan ölçümler ve sonuçları aşağıdaki gibidir.

1. Ölçüm:

Uygun besi içeren iki petri kabı hava deposunun içine yerleştirildikten sonra hava deposunun petri kabı giriş kısmı kapatılmıştır. Her iki petri kabının kapakları hava deposunun içinde açılmıştır. Petri kapları açık bir şekilde hava deposunun içinde yarım saat tutulmuştur. Hava deposunun içinde kapakları kapatılan petri kapları dışarı alınmıştır. En kısa sürede petri kaplarından biri 35 °C’lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. Her iki petri kabı bu ortamlarda 24 saat boyunca bırakıldıktan sonra oluşan koloniler sayılmıştır. 35 °C’lık etüve bırakılan petri kabında 1 koloni, oda sıcaklığına bırakılan petri kabında ise koloni

oluşmadığı görülmüştür. Bu nedenle oda sıcaklığındaki petri kabı 24 saat daha aynı ortamda tutularak tekrar kontrol edilmiştir. Kontrol sonucunda 2 koloni olduğu gözlenmiştir. Doğal yaşam ortamında bakterinin pek çok çeşidi olduğundan bu koloni sayıları yetersiz bulunmuş ve ölçümün tekrar yapılmasına karar verilmiştir. Bu nedenle de dışarıdan bakteri girişi sağlamak amacı ile hava deposunun kapağı açılarak hava deposundaki hava değişimi sağlanmıştır. Bu işlemden sonra ikinci ölçüme başlanmıştır.

2. Ölçüm:

İlk ölçümden sonra kapağı açılarak hava değişimi sağlanan hava deposunun kapağı kapatılarak iki petri kabı hava deposunun içine yerleştirilmiştir. Petri kapları hava deposunda yarım saat tutulduktan sonra çıkarıldı ve en kısa sürede petri kaplarından biri 35 °C'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. Petri kapları 24 saat bu ortamlarda bırakıldıktan sonra koloni oluşumu kontrol edilmiştir. 35 °C'lık etüve bırakılan petri kabında 1 koloni, oda sıcaklığında bulunan petri kabında koloni oluşmadığı gözlenmiştir. Koloni sayısı yetersiz olduğundan üçüncü ölçüm yapılmıştır.

3. Ölçüm:

Laboratuvar havasında asılı bulunan bakteri yoğunluğunu değiştirmek amacıyla pencereler yarım saat açık tutulmuş aynı sırada hava deposunun kapağı da açık tutularak hava deposundaki hava değişimi sağlanmış ve sonra da kapak kapatılmıştır. İki petri kabı hava deposunun içine yerleştirilerek yarım saat tutulmuştur. Çıkarılan petri kaplarından biri en kısa sürede 35 °C'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. Petri kapları 24 saat bu ortamlarda tutulduktan sonra oluşan koloniler kontrol edildi. 35 °C'lık etüvede bulunan petri kabında 1 koloni, oda sıcaklığında bırakılan petri kabında da 1 koloni olduğu gözlenmiştir. Koloni sayısının az olmasından dolayı dördüncü ölçüme geçilmiştir.

4. Ölçüm:

Hava deposunun kapağı açılarak hava deposunun hava değişimi sağlandıktan sonra kapak kapatılmıştır. İki petri kabı hava deposuna yerleştirilerek

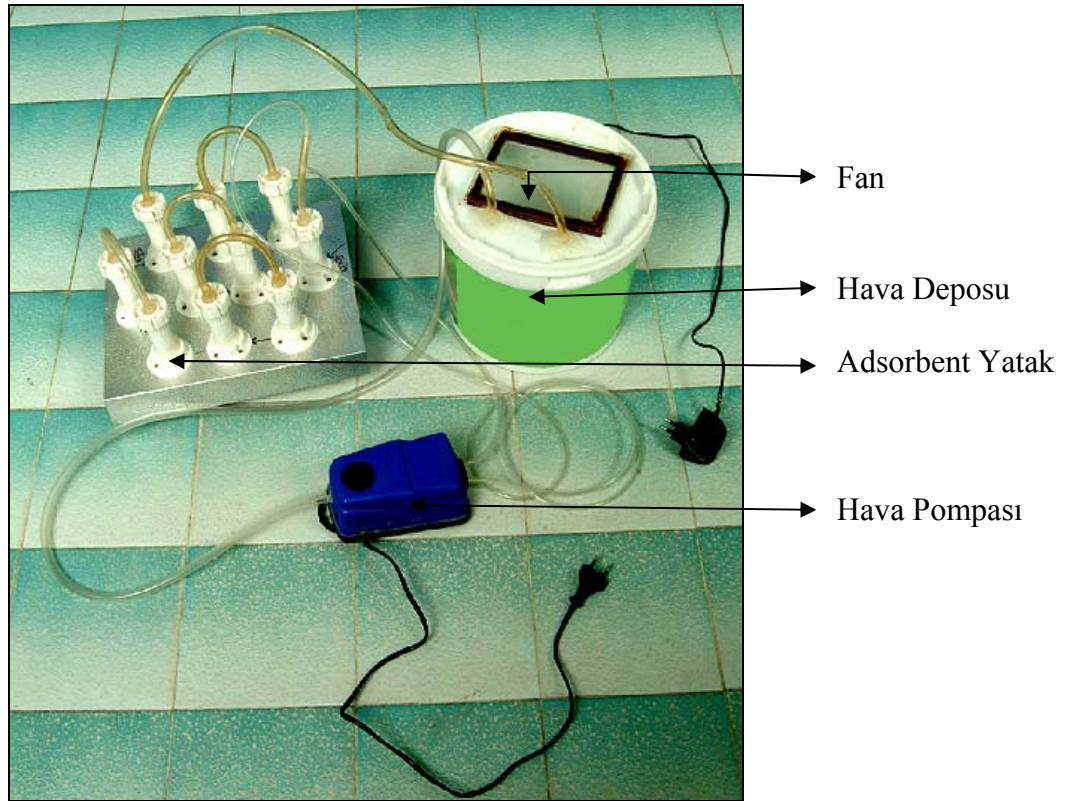
yarım saat tutulmuştur. Hava deposundan çıkarılan petri kaplarından biri 35 °C'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. 24 saat bu ortamda tutulan petri kaplarında oluşan koloniler kontrol edilmiştir. 35 °C'lık etüvede bulunan petri kabında 1 koloni, oda sıcaklığındaki petri kabında 1 koloni olduğu gözlenmiştir.

Bakterilerin toz zerreciklerine tutunarak hareket ettikleri bilindiğinden ve laboratuvarın sık kullanılmadığı da dikkate alınarak toz zerreciklerinin büyük bir oranının yer çekimi etkisi ile çökelmiş durumda kaldığı da düşünülerek ortam değişimine karar verilmiştir.

5. Ölçüm:

Bu ölçümde ev ortamı kullanılmıştır. Yapılan ölçüm neticesinde, 24 saat boyunca 35 °C'lık etüve bırakılan petri kabında 7 koloni, oda sıcaklığına bırakılan petri kabında 2 koloni olduğu gözlenmiştir. Sayı yeter derecede bulunduğundan deneyler için uygun ortamın ev ortamı olduğuna karar verilmiştir.

Deneyde kullanılan düzenek Şekil 7.2' deki gibidir.



Şekil 7.3. Deney Düzenegi

7.8. $Ag^+(NO_3)^-$ Kullanılarak Modifiye Edilen Klinoptilolit Bakterileri Giderme Etkisinin Belirlenmesi

Uygun ortamın belirlenip bakterileri ortamdaki uzaklaştırması beklenen klinoptilolit numuneleri hazırlandıktan sonra deneysel işleme geçilmiştir. Her kolona 10 gr konulmak üzere 100 gr modifiye edilmiş (Ag^+ ile) Gördes yöresine ait klinoptilolit kolonlara yerleştirilmiştir. Düzenek çalıştırılarak ölçümler alınmıştır.

Modifiye edilmiş Gördes yöresine ait klinoptilolit bakterileri giderme kapasitesi için yapılan deneyler ve sonuçları aşağıdaki gibidir.

1. Deney

1. Ölçüm:

Ortamın havasını içeren hava deposuna, hava döngüsü başlatılmadan önce besi maddesi içeren iki petri kabı konularak yarım saat tutulmuştur. Petri kapları çıkarılarak hava döngüsü başlatıldı ve petri kaplarının biri $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. 24 saat sonra petri kapları kontrol edildiğinde $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lık etüvde bulunan petri kabında 52 koloni [Ek-1] ve oda sıcaklığına bırakılan petri kabında 20 koloni [Ek-2] olmak üzere toplam 72 koloni bulunmuştur.

2. Ölçüm:

Birinci ölçümden 24 saat sonra hava deposunun içine iki petri kabı yerleştirilerek örnek alınmıştır. Petri kaplarının biri $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. 24 saat geçtikten sonra petri kapları kontrol edilmiştir. $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lık etüvde bulunan petri kabında ve oda sıcaklığına bırakılan petri kabında koloni oluşmadığı gözlenmiştir [Ek -3,4].

3. Ölçüm:

İkinci ölçümden 24 saat sonra hava deposundan tekrar örnek alındı ve petri kaplarının biri $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. 24 saat geçtikten sonra petri kapları kontrol edilmiştir. $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lık etüvde bulunan petri

kabında ve oda sıcaklığına bırakılan petri kabında koloni oluşmadığı gözlenmiştir [Ek -5,6].

2. Deney

1. Ölçüm:

Hava deposunun kapağı açılarak ortamdaki havanın hava deposuna girişi sağlanmıştır. Hava deposunun kapağı kapatılarak hava girişi engellendi ve iki petri kabı hava deposunda yarım saat tutulup çıkarılmıştır. Petri kaplarının biri 35 °C'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. 24 saat geçtikten sonra petri kapları kontrol edilmiştir. 35 °C'lık etüvede bulunan petri kabında 20 koloni [Ek-7] ve oda sıcaklığına bırakılan petri kabında koloni oluşmadığı gözlenmiştir [Ek-8].

2. Ölçüm:

Birinci ölçümden 24 saat sonra hava deposunun içine iki petri kabı yerleştirilerek örnek alınmıştır. Petri kaplarının biri 35 °C'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. 24 saat geçtikten sonra petri kapları kontrol edilmiştir. 35 °C'lık etüvede bulunan petri kabında 1 koloni [Ek-9] ve oda sıcaklığına bırakılan petri kabında koloni oluşmadığı gözlenmiştir [Ek -10].

3. Ölçüm:

İkinci ölçümden 24 saat sonra hava deposundan tekrar örnek alındı ve petri kaplarının biri 35 °C'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. 24 saat geçtikten sonra petri kapları kontrol edilmiştir. 35 °C'lık etüvede bulunan petri kabında [Ek-11] ve oda sıcaklığına bırakılan petri kabında [Ek-12] koloni oluşmadığı gözlenmiştir.

3. Deney

1. Ölçüm:

Hava deposunun kapağı açılarak ortamdaki havanın hava deposuna girişi

sağlanmıştır. Hava deposunun kapağı kapatılarak hava girişi engellendi ve iki petri kabı hava deposunda yarım saat tutulup çıkarılmıştır. Petri kaplarının biri 35 °C'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakıldı. 24 saat geçtikten sonra petri kapları kontrol edilmiştir. 35 °C'lık etüvede bulunan petri kabında 13 koloni [Ek-13] ve oda sıcaklığına bırakılan petri kabında 16 koloni [Ek -14] olmak üzere toplam 29 koloni oluştuğu gözlenmiştir.

2. Ölçüm:

Birinci ölçümden 24 saat sonra hava deposunun içine iki petri kabı yerleştirilerek örnek alınmıştır. Petri kaplarının biri 35 °C'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakıldı. 24 saat bu ortamlarda tutulan petri kapları kontrol edilmiştir. 35 °C'lık etüvede bulunan petri kabında koloni oluşmadığı [Ek-15] ve oda sıcaklığına bırakılan petri kabında da koloni oluşmadığı gözlenmiştir [Ek -16].

3. Ölçüm:

İkinci ölçümden 24 saat sonra hava deposundan tekrar örnek alındı ve petri kaplarının biri 35 °C'lık etüve diğeri oda sıcaklığına bırakılmıştır. 24 saat bu ortamlarda tutulan petri kapları kontrol edildi. 35 °C'lık etüvede bulunan petri kabında [Ek-17] ve oda sıcaklığına bırakılan petri kabında [Ek-18] koloni oluşmadığı gözlenmiştir.

8. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Gördes yöresine ait klinoptilolit türü doğal zeolit minerali kullanılmış ve bu zeolitin modifiye ($Ag^+(NO_3)^-$ ile) edilmiş formunun, doğal ortam havasında bulunan bakteriler üzerine olan etkileri incelenmiş ve şu sonuçlara ulaşılmıştır.

Doğal klinoptilolit Ag^+ formunun, bakterileri ortamdaki havadan temizleyebildiği bulunmuştur.

Bakteri hücrelerini boyama işleminde asidik boyalar (boyama görevini yerine getiren kısım negatif yüklü) bazik hücre bileşenleri, bazik boyalarda (boyama görevini yerine getiren kısım pozitif yüklü) asidik hücre bileşenlerini boyarlar. Bakteri hücresi genellikle Nükleik Asit gibi negatif yüklü kimyasal bileşenlerden oluşur ve bu nedenle de pozitif yükleri daha çok çeker [42].

Bu durumun tersi düşünüldüğünde pozitif yüklü bir malzeme Nükleik Asit taşıyan bir bakteriyi kendine doğru çekmektedir.

Ag^+ formundaki klinoptilolit' te pozitif yüklü olacağından negatif yüklü bakterileri kendine doğru çekerek yüzeyine yapışmalarını sağlamaktadır.

Klinoptilolit kurutucu bir materyal olduğundan, yüzeyine yapışan bakterilerin suyunu emerek bakterilerde hücre bozunması meydana getirir ve hücre bozunmasından dolayı bakterilerin ölümlerine yol açmaktadır [42].

Hastane ortamı, ev ortamı ve iş ortamlarında kullanılan hava sistemleri veya klimaların düzenli bakımı ve temizliği yapılmaz ise bu sistemlere bulaşan bakteriler uygun ortamlara yerleşerek çoğalmaktadırlar [2]. Yani bu ortamlarda canlı kalabilmektedirler.

Bazı metaller (Örneğin Ag^+) organizmalar üzerine sidal etkiye sahiptirler. Bunlar hücrenin enzimlerini çökeltirerek veya $-SH$ gruplarıyla birleşerek hücreyi inaktive ederler [42]. Bu nedenle bakterilerin çoğalmadan ve yayılmadan buldukları yerde ölümlerini sağlar. Bu durum Ag^+ formundaki klinoptilolit bu hava sistemlerinden üstün olduğu bir yönünü göstermektedir.

Klinoptilolit ucuz bir malzeme olduğundan dolayı hava temizleme sistemlerine harcanan maliyeti de düşürebileceği düşünülmektedir.

Ag^+ formundaki klinoptilolit antibakteriyel malzeme olarak kullanılabilmesi konusunda pek çok çalışmanın yapılması gerekse de elde edilen

deneysel sonuçlar, bakteriler üzerine etkili olduğu ve gelecek vadettiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

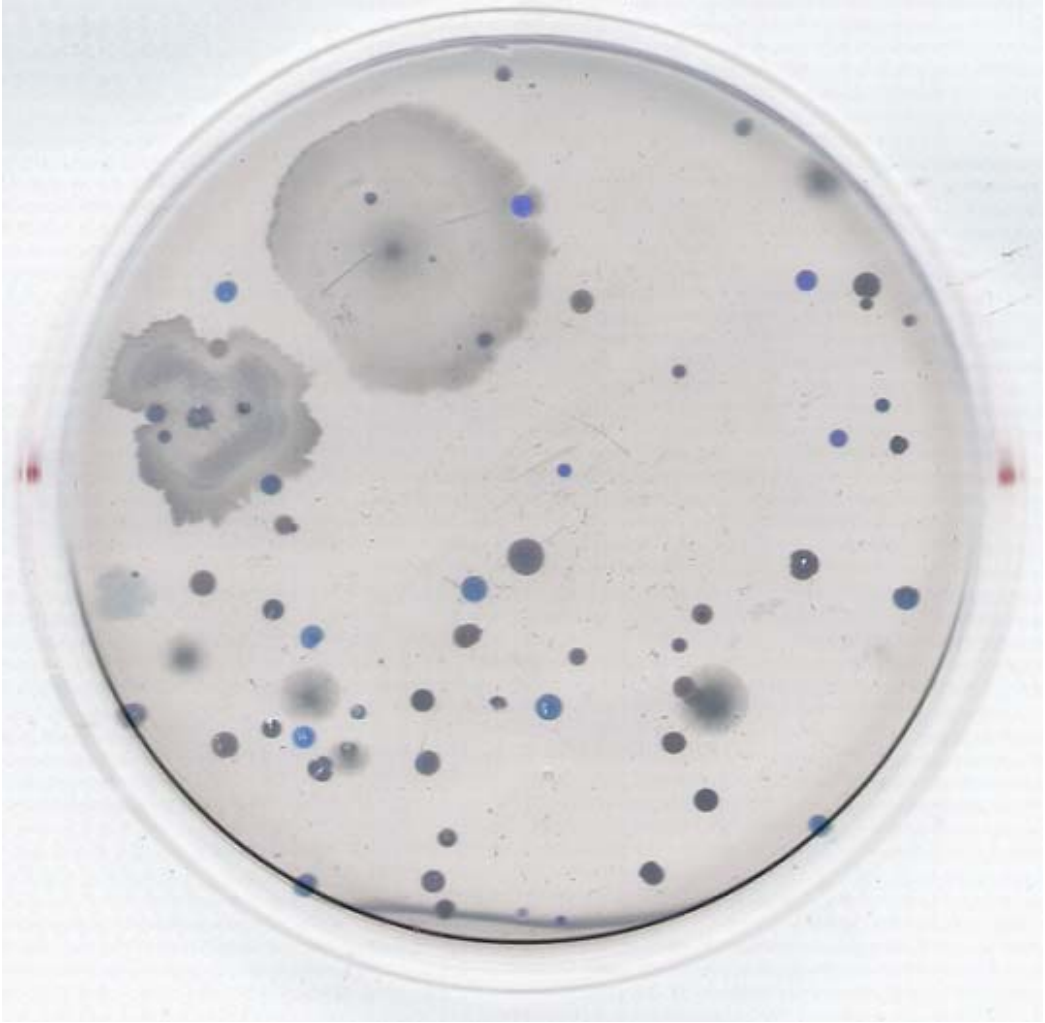
- [1] Ghosh T.K. ve Hines A.L., *Removal of Microorganism/ particulates from Indoor Air*, Columbia, Missouri 65211, USA, 1998
- [2] Practor, C.J., *A Comparison of the Volatile Organic Compounds Present in the Air of Real - World Environments With and Without Environmental Tobacco Smoke*, 82nd Annual Meeting of the Air and Waste Management Association, Anaheim, California, (1989)
- [3] Spengler, J.D., *Atmospheric Environment*, 1981
- [4] Eatough, D.J., Caka, F.M., Crawford, J., Braithwaite, S., Hansen, L.D. ve Lewis, E.A., *Atmospheric Environment*, 1992
- [5] Wallace L., *J. Air and Waste Management Assoc.*, 1996
- [6] Pierce, W.M., Janczewski, J.N., Roethlisberger, B., Pelton, M. ve Kunstel, K., *ASHRAEJ.*, 1996
- [7] Yücel, H., ve Çulfaz, A., *Doğal ve Yapay Zeolitlerin Endüstriyel Kullanım Alanları*, ODTÜ Uygulamalı Araştırmalar Dergisi Eki, 3-10, 1-20, 1984
- [8] Yörükoğulları, E., *Doğal Zeolilerde Fiziksel Adsorpsiyon Uygulamaları*, Anadolu Üniversitesi Yayınları No:988, Eskişehir, **58** 1997
- [9] İzci, E ., *Gördes Yöresi Doğal Klinoptilolitinin Doğal ve İyon Değiştirilmiş Formlarının Dielektrik Özelliklerinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü., Eskişehir, 2001
- [10] Kocakuşak, S., Savaşçı, Ö.T., Ayok, T., *M.A.M Raporu* No: KM 362 Kocaeli, 2001
- [11] Yang, T. R., *Gas Separation by Adsorption Processes*, Impererial College Pres, Michigan, 9-39, 1997
- [12] Çetinel, G., Esenli, F ve Baş, H., *Diğer Endüstri Mineralleri 1*, Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu, D.P.T. Raporu, No: 2421, Ankara, 1996
- [13] Bish, D., L., ve Ming, D., W., *Natural Zeolites: Occurance, Properties and Applications*, **45** Mineralogical Society of America, Washington, 2001
- [14] Bekkum, H., Flanigen, E., ve Jansen, J., *Studies in Surface Science and Catalysis*, **58** Oxford, 1991

- [15] Acun, Z., *Bazı Moleküler Adsorplanmış ve İyon Değiştirilmiş Zeolitlerin EPR ile İncelenmesi*, Doktora Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 116, Samsun, 1996
- [16] Tchobanoglous, G., ve Burton, F.L., *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*, Third Edition, Metcalf & Eddy, Inc. 2 1334pp, 1991
- [17] Ergun, O. N., ve Kuleyin, A., *Zeolit Volkanik Tüf (klinoptilolit) Kullanarak Sudan Kurşun Giderimi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, IX Mühendislik Sempozyumu, Çevre Bildirileri Kitabı, 29-31 Mayıs, Isparta, 13-16, 1999
- [18] Aroğuz, A. Z., ve Arnel, A., *Pb(II) ve Hg(II)'nin Sepiyolit Üzerinde Adsorpsiyon Yöntemleriyle Sulu Çözeltilerden Tutulması*, Marmara Üniversitesi, VII. Kimya Mühendisliği Sempozyumu, 7-11 Eylül, İstanbul, 207-211, 2001
- [19] Zenz, F.A., Krockta, H., *Brit. Chem. Eng. Process Technol.*, 1972
- [20] Flagan, R.C. ve Seinfeld, J. H., *Fundamentals of Air Pollution Engineering*, Prentice Hall, Prentice Hall, 1988
- [21] Baier, R.E., *Advances in Chemistry*, 1975
- [22] Hines, A.L., Ghosh, T.K., Loyalka, S.K. ve Warder, R.C., *Investigation of Co-Sorption of Gases and Vapors as a Means to Enhance Indoor Quality*, Report No. GRI-90/0194, p.268, NTIS No. PB91-178806, 1990
- [23] Acgih (American Conference of Governmental and Industrial Hygienists), *Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment*, The Conference, Cincinnati, Ohio, 1989
- [24] Turk, B.H., Grimsrud, D.T., Brown, J.T., Geisling-Sobotka, K.L., Harrison, J. ve Prill, R.J., *ASHRAE Transactions*, 1989
- [25] Mann, J.L. ve Airah, M., *Australian Refrigeration, Air Conditioning and Heating*, 1987
- [26] Pierce, W.M., Janczewski, J.N., Roethlisberger, B., Pelton, M. ve Kunstel, K., *ASHRAE J.*, November, 1996
- [27] Lee, S.Y., *Removal of Environmental Tobacco Smoke from Indoor Air by Solid Adsorbents*, M.S. THESIS, University of Missouri-Columbia, 1993
- [28] Lee, S.Y., Ghosh, T.K., Hines, A.L. ve Novosel, D., *Gas Separation and Purification*, 1995

- [29] Hines, A.L. ve Ghosh, T.K., *Water Vapor Uptake and Removal of Chemical Pollutants by Solid Adsorbents*, Gas Research Institute, Chicago, IL, Report No. GRI-92/0157.2, p.234, NTIS No. PB95-104691, 1992
- [30] Hassan, N.M., Ghosh, T.K., Hines, A.L. ve Loyalka S.K., *Carbon*, 1991
- [31] Babu, J.C., *Adsorption of H₂O and Indoor Pollutant in a Fixed Bed*, M.S. Thesis, University of Missouri-Columbia, 1991
- [32] Leu, S.W., *Co-Adsorption of Indoor Air Pollutants in the Presence of Water Vapor on Solid Adsorbents*, M.S. Thesis, University of Missouri – Columbia, 1993
- [33] Bergey, D.H., in: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, Buchanan, R.E. ve Gibbons, N.E., WILLIAMS ve WILKINS Co., Baltimore, MD, 1989
- [34] Kovak B., Heimann, P.R. ve Hammel, J., *ASHRAE J.*, April, 1997
- [35] Pesaran, A.A. ve Parsons, B.K., *Desiccant Materials Contamination Research: Status Report*, SERI, December , 1987
- [36] Pesaran, A.A. ve Dresler T.J., *Desiccant Contamination Experiments: Preliminary Results*, Report No. SERI/PR-254-3677, Solar Energy Research Institute, Golden, CO, 1990
- [37] Farouk, S.M., Bruswitz, G.H., ve Bloome, P.D., *Desiccant Moisture Sorption as Altered by Dust*, ASAE Paper No. 80-3084, 1980
- [38] Partesky, L., Theodore, L., Pfeffer, R. ve Squires, A.M., *Journal of the Air Pollution Control Association*, 1971
- [39] Jackson, S. ve Calvert, S., *AICHEJ.*, 1976
- [40] Gebhart, J., Roth, C. ve Stahlhofen, W., *J. of Aerosol Science*, 1973
- [41] Top, A., *Doğal Zeolitlerde Katyon Değişiminin (Ag⁺, Zn²⁺, Cu²⁺) İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, İzmir, 2001
- [42] Tamer, A.Ü., Uçar, F., Ünver, E., Karaboz, İ., Bursalıoğlu, M., Tekin, R.O., *3. ve 4. Sınıf Mikrobiyoloji Laboratuvar Kılavuzu*, Anadolu Üniversitesi Eğitim-Sağlık ve Bilimsel Çalışmalar Vakfı Yayınları No: 74, Eskişehir, 1989

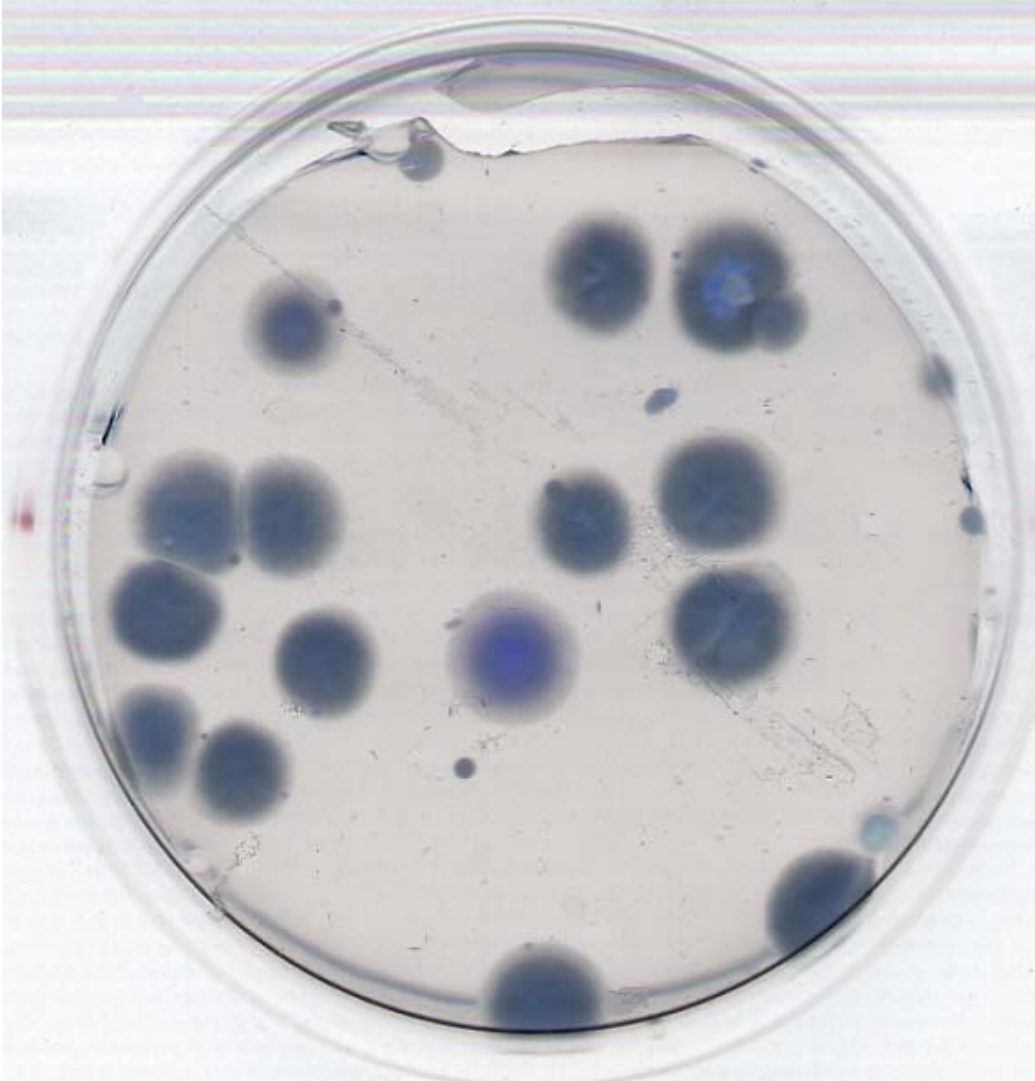
EKLER

DENEY NO: 1



Ek.1 35 °C' taki petri kabında birinci deneyin başında alınan birinci örnek (52 koloni oluşmuştur).

DENEY NO: 1



Ek.2 Oda sıcaklığındaki petri kabında birinci deneyin başında alınan ikinci örnek (20 koloni oluşmuştur).

DENEY NO: 1



Ek.3 35 °C' taki petri kabında 24 saat sonunda birinci deneyden alınan üçüncü örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 1



Ek.4 Oda sıcaklığındaki petri kabında 24 saat sonunda birinci deneyden alınan dördüncü örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 1



Ek.5 35 °C' taki petri kabında 48 saat sonunda birinci deneyden alınan beşinci örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 1



Ek.6 Oda sıcaklığındaki petri kabında 48 saat sonunda birinci deneyden alınan altıncı örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 2



Ek.7 35 °C' taki petri kabında ikinci deneyin başında alınan birinci örnek (20 koloni oluşmuştur).

DENEY NO: 2



Ek.8 Oda sıcaklığında petri kabında ikinci deneyin başında alınan ikinci örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 2



Ek.9 35 °C' taki petri kabında 24 saat sonunda ikinci deneyden alınan üçüncü örnek (1 koloni oluşmuştur).

DENEY NO: 2



Ek.10 Oda sıcaklığındaki petri kabında 24 saat sonunda ikinci deneyden alınan dördüncü örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 2



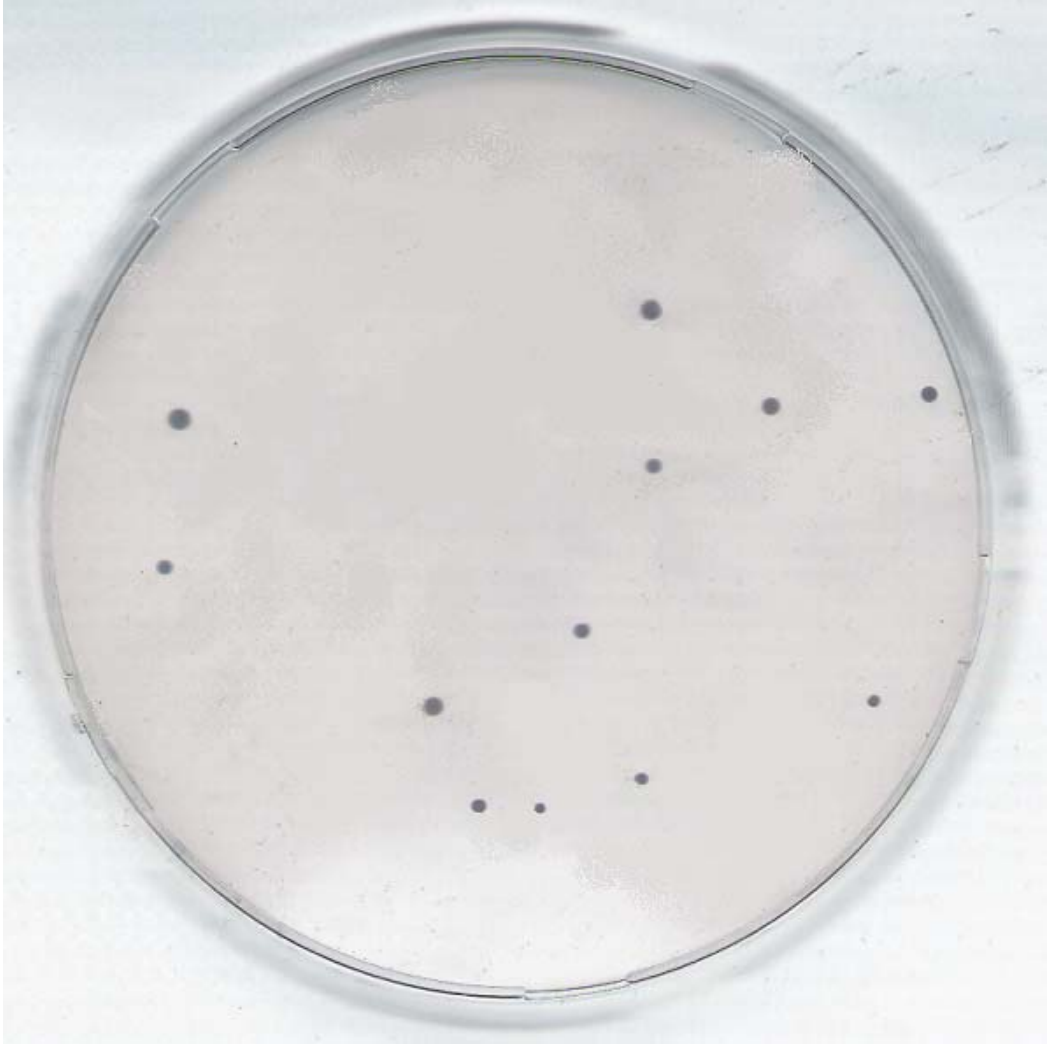
Ek.11 35 °C' taki petri kabında 48 saat sonunda ikinci deneyden alınan beşinci örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 2



Ek.12 Oda sıcaklığındaki petri kabında 48 saat sonunda ikinci deneyden alınan altıncı örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 3



Ek.13 35 °C' taki petri kabında üçüncü deney başında alınan birinci örnek (13 koloni oluşmuştur).

DENEY NO: 3



Ek.14 Oda sıcaklığındaki petri kabında üçüncü deney başında alınan ikinci örnek (16 koloni oluşmuştur, bazı koloniler çok küçük oluklarından fotoğrafta tam olarak fark edilememektedirler).

DENEY NO: 3



Ek.15 35 °C' taki petri kabında 24 saat sonunda üçüncü deneyden alınan üçüncü örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 3



Ek.16 Oda sıcaklığındaki petri kabında 24 saat sonunda üçüncü deneyden alınan dördüncü örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 3



Ek.17 35 °C' taki petri kabında 48 saat sonunda üçüncü deneyden alınan beşinci örnek (Koloni oluşmamıştır).

DENEY NO: 3



Ek.18 Oda sıcaklığındaki petri kabında 48 saat sonunda üçüncü deneyden alınan altıncı örnek (Koloni oluşmamıştır).