

HAFİF ANTİBAKTERİYEL SERAMİK
VE ANTİBAKTERİYEL SERAMİK FİLTRE ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sümeray KOYAŞ

Danışman
Yrd.Doç.Dr. Atilla EVCİN

SERAMİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mayıs 2006

“Bu tez çalışması “051.MUH.03” numaralı proje olarak A.K.Ü BAPK tarafından desteklenmiştir.”

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAFİF ANTİBAKTERİYEL SERAMİK VE ANTİBAKTERİYEL
SERAMİK FİLTRE ÜRETİMİ

Sümeray KOYAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman
Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN

AFYON
2006

...Sümeray KOYAŞ.....'ın yüksek lisans /doktora tezi olarak hazırladığı “HAFİF ANTİBAKTERİYEL SERAMİK VE ANTİBAKTERİYEL SERAMİK FİLTRE ÜRETİMİ .” başlıklı bu çalışma, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

... / ... / ...

Jüri Üyesi :
(Başkan)

Jüri Üyesi:
(Danışman)

Jüri Üyesi:

Jüri Üyesi:

Jüri Üyesi:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun.....Gün
ve.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

1. GİRİŞ

Her geçen gün artan dünya nüfusu ve sonucunda oluşan çevresel kirlenme bilim adamlarını yeni arayışlara yöneltmektedir. Biokirlenme artan şiddette insan sağlığını tehdit etmekte ve salgın hastalıklara yol açacak boyutlara ulaşmaktadır. Özellikle toplu kullanılan mekânlarda, insanlar çeşitli bakteri ve virüslere maruz kalarak hastalanmakta ve bu hastalığı yaymaktadırlar. Bakterilerle mücadeleyi yerinde yapmak üzere iki yol izlenmektedir. Birincisi antibakteriyel etkiye sahip bazı iyonların ortamda bulunmasını sağlayarak bakteri üremesini engellemek ve kontrol altına almak, diğer yöntem ise üreyen bakterilerin fotokatalitik etkiyle yok edilmesidir. Bilindiği üzere bazı metal iyonları bakterilerin metabolizmalarına girmekte ve enzimleri etkisiz hale getirmektedir. Diğer bazı sistemler ise hidrojen peroksit oluşturarak bakterilerin ölmesine sebep olmaktadır. Fakat bu mekanizmaların açıklanmasında halen bazı belirsizlikler bulunmaktadır. Antibakteriyel seramiklerde bir taşıyıcı bünyenin bulunması ve metal iyonlarının yapıya kolay katılması gereklidir. Taşıyıcı bünye baz alınarak antibakteriyel seramikler, amorf silika bünyeli, zeolit bünyeli, kalsiyum fosfat bünyeli olarak sınıflandırılabilirler (Doğan vd 2001).

İnsanın dışındaki her şey olarak nitelendirilen içinde yaşadığımız çevre, hastalıklara yol açan en önemli etkenlerin başında gelen mikroorganizmalar ile her an temasta bulunduğumuz ortamdır. Günümüzde yaşam koşullarının değişmesi ve bireylerin zamanlarının çoğunu ev dışında geçirmeleri, değişen beslenme alışkanlıkları ve ulaşım olanakları, uluslararası ziyaretler gibi faktörler, mikroorganizmaların, toplu yaşam alanlarında kolayca bireyden bireye geçişine ve bulaşıcı hastalıkların artmasına neden olmaktadır. Mikroorganizma miktarının belli oranın üzerine çıktığı koşullarda, kişisel ve çevresel özelliklere bağlı olarak değişik şiddetler de bulaşıcı hastalıklar hatta salgınlar (Epidemi) ortaya çıkabilmektedir. Toplumun sağlıklı olabilmesi için toplumu oluşturan bireylerin sağlıklarının korunması gerekmektedir. Bu nedenle, yaşadığımız ve çalıştığımız ortamlarda kullandığımız ürünlerde hijyenin sağlanması, bir başka deyişle ortamın hastalık oluşturabilecek mikroorganizmalardan arındırılması giderek önem

kazanmaktadır. Bilindiği üzere bazı metal iyonları bakterilerin metabolizmalarına girmekte ve enzimlerini etkisiz hale getirmektedirler. Metal iyonlarının mikroorganizmalara karşı gösterdikleri direnç sıralaması $Ag > Hg > Cu > Cd > Cr > Pb > Co > Au > Zn > Fe > Mn > Mo > Sn$ şeklindedir. Gümüş metalinin diğer metallere göre daha sık kullanılması bakterilere karşı en dirençli metal olmasına, vücuda karşı zararlı etkilerinin bulunmamasına, çoğu malzemeye göre daha ucuz olmasına ve kolay üretim işlemine bağlıdır. Gümüş iyonlarının anti mikrobik etki mekanizması onların enzim ve proteinlerindeki tiyol (sülfidril, -SH) gruplarıyla yakın ilişkisine bağlıdır. Bununla birlikte muhtemelen başka hedef yerleri de vardır. *P. aeruginosa*'nın bölünmesini inhibe eder; hücre zarı ve içeriğini bozar. Virüs etki -SH gruplarına bağlanma sonucudur. Mantar gruplarına bağlanarak bunlar üzerinde etkili olur. Gümüş, mikroorganizmalardan K^+ salınımına neden olur; sitoplazma ve sitoplazma membranındaki pek çok enzim gümüş etkisinin hedef yeridir. Gümüş iyonları nükleik asitlerle de ilişkiye girer. Anti-bakteriyel seramiklerde bir taşıyıcı bünyenin bulunması ve metal iyonlarının yapıya kolay katılması gereklidir. Anti-bakteriyel seramikler, taşıyıcı bünye baz alınarak; amorf silika, zeolit ve kalsiyum fosfat bünyeli olarak sınıflandırılabilirler. Bu malzemelerin ortak özelliği geniş kristal yapısına sahip olmalarıdır. Böylece metal iyonları sisteme girebilmekte ve bakteriler üzerinde etkin olabilmektedirler. Kimyasal arınma yöntemlerinden çoğunun insan sağlığını tehdit edecek yönde zararları olduğu düşünülerek hazırlanan metal iyon katkılı anti-bakteriyel toz üretiminde kullanılan metal iyonu gümüş, taşıyıcı bünye ise bu tür malzemelerin insanla temas halinde olabileceğinden dolayı kalsiyum fosfattır (Doğan vd 2005).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hidroksiapatit (HA)

Seramikler insanlık tarihinin en eski doğal kaynaklara dayalı, sentetik malzemelerden olup tıpta kullanım alanı bulmalarının kökleri (ve günümüzde “bioseramikler” adı altında ileri teknoloji seramikleri arasında yer almaları) ise eski Mısırlılar’a kadar uzanmaktadır. Eski Mısır mumyalarının ağızlarında dolgu ve suni dişlere rastlanmıştır. 1700 ‘ lerin sonlarında yayınlanmış bir dişçilik kitabından suni diş üretiminin ve transplantasyonlarının 18. yüzyılda dahi oldukça popüler olduğu anlaşılmaktadır (Bremmer 1939). 1892 ‘de Dreesman tarafından yayınlanan bir raporda alçının kemik çatlak ve kırıklarının tedavisi için kullanıldığı belirtilmiştir (Dreesman 1892). Bundan yaklaşık 30 yıl kadar sonra bioaktif tri-kalsiyum fosfat [TCP : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] bileşiği ilk defa Albee ve Morrison tarafından kemik boşluklarını doldurulması için kullanılmıştır (Albee vd 1920). Fakat, seramiklerin sentetik kemik uygulamalarında kullanılmasına yönelik araştırma çabaları ancak 1960 ‘ ların sonlarına doğru artmaya başlamış ve ilk kez McGee tarafından bioaktif osteoseramik (tri-kalsiyum fosfat ve MgAl_2O_4 kompozit seramiği) diş protezleri üretilmiş ve köpekler üzerinde başarı ile denenmiştir (Janikowski 1969).

Kemiksel kusurun “üçlü kalsiyum fosfat bileşimi” olarak tanımlanan, kalsiyum fosfat ile başarılı tamiri ilk defa Albee tarafından 1920’ de belirtilmiştir (Albee vd 1920). Yarım yüzyıl sonra Levitt et. al. 1969’ da ve Monroe et. al. 1971’ de mineral florapatit’ den $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2]$ seramik apatit’ in hazırlanması metodunu tanımlamışlardır ve bu apatit seramiğin dental ve medikal uygulamalarda kullanımın mümkün olduğunu önermişlerdir. Clark et. al. ve Hubbard mevcut ticari kalsiyum fosfattan kalsiyum fosfat seramikleri hazırlama metodunu tanımlamışlardır. Fakat, bu seramikler uygun olarak karakterize edilmemiştir. Bu yüzden de Nery et. al. tarafından ilk kliniksek uygulamalarında TCP ya da tri-kalsiyum fosfat olarak tanımlandığı bildirilmiştir ki bu gerçekte beta-tri kalsiyum

fosfat [β -TCP , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_6$] ile hidroksi apatitin [$\text{HA} : \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] bir karışımıdır (Janikowski 1969).

Yetmişli yılların ortasında 3 grup : Jarcho et. al. Amerika’ da, deGroot et. al. ve Denissen Avrupa’ da ve Auki et. al. Japonya’ da aynı zamanda ve birbirlerinden habersiz hidroksiapatit üretimi ve ticareti üzerine çalışmışlardır. Daha doğrusu kemik tamirinde biomalzeme, büyütme (çoğalma) ve kemik yerine geçen bir malzeme olarak kalsiyum hidroksiapatit üzerine çalışmışlardır. Bu Hench tarafından yetmişli yılların başında kemiğin bir biyoaktif cam seramikle kalsiyum fosfatça zengin tabaka içinden “kimyasal bağlanması” şeklinde rapor edilmiştir. Bu da kemik mineralinin genellikle hidroksi apatit olarak tanımlandığı gerekçesine dayanır.

Tüm omurgalı canlılar iskelet dokuları ve dişlerin oluşturulması için vücutta kalsiyum ve fosfat biriktirilmesi ve kullanımına yarayan fizyolojik mekanizmalarla donatılmıştır. Kemiklerdeki canlı hücrelerin başlıca işlevi, iskelet içinde kemik dokularının gelişmesi ve rehabilitasyonu için gereken minerallerin düzenli ve yeterli bir biçimde “bioavailable” olmasını kontrol etmek ve kemik dokularına bunları sağlamaktır. Kemik matrisi, inorganik, organik ve su şeklinde üç ana bileşenden oluşur.

İnorganik faz hemen tümüyle, günümüzde sentetik olarak da üretilabilen kalsiyum hidroksiapatit [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] olup kemik ağırlığının %70’ ini ve hacimce %50’ sini hidroksiapatit oluşturmaktadır. Makro gözenekli malzeme yapımı için gerekçe çok açık değildir ve dokuların mimarisi için bir değerlendirme ve bunun yenileme ve tamir üzerine etkileri zorunluluk arz eder. Karaciğer, böbrek ve kemik gibi organlarımız paransimal ve stromal komponente sahiptir. Paransima, organın fiziksel olarak aktif parçasıdır. Stroma ise, iskelet (kafes) dir ki bu paransimanın organizasyonunu destekler. Yumuşak dokularda stromanın iyi durumda tutulmasıyla paransima kaybı dikkate değer bir yenileme ve tamir derecesine izin verir (Janikowski 1969).

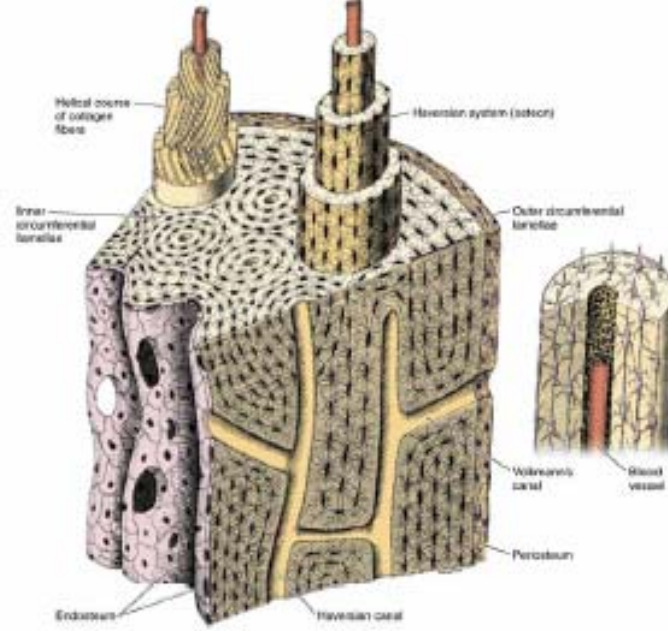
Bu çalışmada, makroporöz (makrogözenekli) HA ve TCP bioseramik parçalarının üretimi üzerinde odaklanılmıştır. Bunlar trabeküler ve kortikal kemiklerin mikro yapısını taklit edebilir, basit fazla başlar kalsiyum hidroksiapatit tozları [HA : $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] ya da tri-kalsiyumfosfat [TCP : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] olup laboratuarda sentez edilmiştir. HA ya da TCP bioseramik tozları elde mevcut olan en ucuz polimerlerden birisiyle uygun miktarda karıştırılarak şekillendirilebilir.

2.1.1. Bioseramik Tozlar

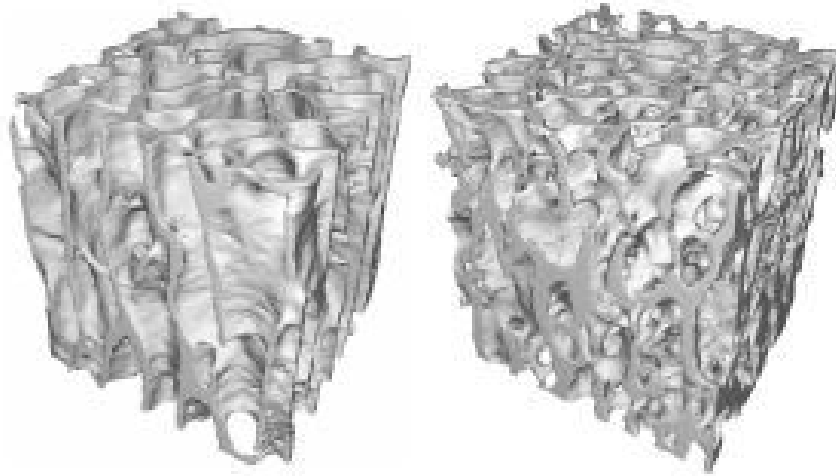
Kemik yapı malzemesi olarak kalsiyum hidroksiapatitin [HA: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] mantıklı kullanımı açıktır. Doğal kemik ağırlıkça ~ % 70 hidroksi apatittir. İnsan organlarının tümü, örneğin ; karaciğer, böbrek, kemik gibi paransimal ve stromal komponente sahiptir. Paransima organın fiziksel olarak aktif parçasıdır. Stroma ise paransima organizasyonunu destekleyen bir iskelettir. Yumuşak dokularda stroma korumasıyla paransima kaybı fevkalade yenileme ve tamir derecesine izin verir. Bir kusurlu kemik, eğer bir stromal yapı osteonların organizasyonu için iskelet üretiminde implante olursa tahmin edilebilecek kadar çok rejenere olabilir. Stromal yapıya kusurlu kemik sağlanması, osteonlarla ve onların vasküler bağlarıyla morfolojik olarak uyumlu boşluklar içerir. Biomateriyaller ile biyolojik rejeneratif ve tamir cevapları arasındaki ilişki teşvik edilebilir.

İnsan vücudu kemiklerinin osteonlardan ya da haversian sistemlerinden oluştuğu bilinmektedir. Bunlar da sert doku sistemini ayakta tutar. Silindirik osteonlar (çoğunlukla kollojen fiberleri) kortikal kemiklerin paransimasını oluştururlar. Osteonların (ya da kollojen parçaların) boşalmasından sonra %65' lik poroziteyle bağlanırlar veya aynı kalırlar. Ortalama 190 – 230 μm çaplı osteonlar için ideal kemik aşı yapısı boşalmış osteon kortikal kemiğini taklit edebilir ve benzer boyutlardaki kanallar arası bağlı poröz sistemine sahiptir. Bu porlar seramik yapılarda kemiğin büyümemesi için minimum 100 μm boyutlarında olduğu görülmüştür (Şekil 2.1-2.2).

Kanselyus (ya da trabeküler) kemikler açık boşlukludurlar ve trabeküler olmalarıyla da kortikal kemiklerden farklıdır. Bir ideal kanselyus kemik yedeği boşaltılmış-osteon kanselyus kemiğini taklit edebilir.



Şekil 2.1. Kortikal kemiklerin boşalmış-osteon mikroyapısının şematik resmi.



Şekil 2.2. Trabeküler kemiklerin boşalmış-osteon mikroyapısının şematik resmi.

HA bioaktif olarak bilinir ve HA implantlarıyla ara yüzeysel bağlı olan dokularda zaten vardır. TCP bioseramikleri, diğer taraftan bioçözünebilirler ve kemik dokuları TCP implantlarda azar azar yerini alır. Kollojen, kemiklerin ana organik fazıdır. Kemiklerde bulunan diğer bioseramik (inorganik) fazlar şu şekilde sıralanabilir ; Trikalsiyumfosfat [TCP : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] , dikalsiyumfosfat,

oktakalsiyumfosfat ve amorf kalsiyum fosfattır. Kemiklerin bioseramik matriks fazı iskeletin mekanik ve yapısal özelliklerini düzenler ve canlı hücre ve yumuşak dokuları için poröz kafesi sağlar.

Kemik doku ve sentetik kemik uygulamalarında düşünülen ideal malzeme ve/veya malzemeler şu özelliklere sahip olmalıdır.

- Kimyasal uyum sağlama yetisi
- Canlı organizma içinde olumsuz tepkimelere yol açmamak
- Mekanik sağlamlılık ve yeterlilik
- Cerrahi müdahale ortamında kullanım kolaylığı
- Kolayca sterilize olabilme yeteneğine sahip olması

Kalsiyum fosfat bazlı sentetik seramik “dişlerin ve kemiklerin” inorganik matriks fazlarına olan kimyasal ve elementel benzerlikten dolayı ideal implant malzemeler olarak düşünülmüştür. Bütün kalsiyum fosfat fazları arasında özellikle HA ve TCP , yukarıdaki kriterler altında ideale en yakın sentetik sert doku malzemesi olarak tanınmıştır.

Bioseramiklerin medikal uygulamaları kalçalar, dizler, dişler, tendonlar ve ligamentler için yerine geçecek yedekler içerir ve periodental hastalıkların tedavisinde taşıyıcıdır, mixillofacial reconctraction, augmentation, çene kamiklerinin stabilizasyonu, spinal füzyon ve tümör ameliyatlarından sonra kemik dolgu olarak kullanım yerleri vardır.

Bioseramik implantlar bu iki fazın (HA ve TCP) uniform ve ihtiyaca tam cevap veren karışımlardan yapılabilir. Bioçözünebilirlik boyunca TCP, uygun Ca ve P iyonlarıyla kemiklerin üretimi ve en iyi çözünme zamanında meydana gelebilir.

Hidroksiapatit kemiğin inorganik komponenti olduğu için yaş seramik kaplama formlarında, medikal uygulamalarda geniş ölçüde kullanılmıştır. Ayrıca, HA birincil alkollerin dehidrojenasyonu ve dehidrasyonu için katalizör olarak

kullanılmıştır. HA birçok apatit yapıları malzemeler arasında en popüler olanıdır. HA' nın, özellikle insan sert dokusunun ana inorganik içeriği olduğu iyi bilinmektedir. Bu nedenle bir çok araştırmada kemik ve diş için yer değiştirme malzemelerine odaklanılmıştır. Bundan başka HA seramiklerinin ayrıca çok kullanışlı olduğu ve gaz kromatografik ayırma , iyon değişimi ve teknolojik alanlarda katalizör olarak çekici bir malzeme olduğu bilinmektedir (Engin 1999, Park ve Lakes 1992, Dorozhkin 2000,Weng 1997)

Son günlerde iyon-sensörü ve bio-sensör gibi sensör malzemeleri olarak fonksiyonel uygulamanın mümkün olduğu belirtilmiştir. Çünkü çeşitli katyonlar ve anyonlar kolaylıkla apatit yapının Ca bölgesi ve P bölgesi içindeki katı solüsyon içine yerleşmiştir (Nakahira vd 1999)

Bioseramik olarak adlandırılan seramikler vücudun tahrip olan ya da hasta olan bölgelerinde yeni parça ve tamir için kullanılır. Bunlar aynı zamanda kullanılan seramik malzeme tipine de bağlı olarak hasrın büyümemesi için bioinert, tekrar çözünebilir, bioaktif ya da poröz olabilirler. Bioseramikler hem tek kristal formunda hem de polikristalin gövdeler, camlar, cam-seramikler ya da kompozitler olarak implantasyonda kullanılabilirler (Engin 1999)

2.1.1.1 Tek Kristal ve Polikristalin Formundaki Bioseramikler

Al_2O_3 , tek kristal ve polikristalin yapıya çok güzel bir örnek olarak verilebilir. Yüksek yoğunluk, yüksek saflık, yüksek mukavemet, iyi biyouyumluluk, mükemmel korozyon direnci gibi özelliklerinden dolayı yük taşıyan kalça ve diğer eklem protezlerinde ve diş hekimliği implantları olarak kullanılmaktadır. Bazı dişçilik malzemeleri tek kristal Al_2O_3 (safir) olmakla beraber Al_2O_3 malzemesinin büyük çoğunluğu çok ince taneli, polikristalin $\alpha-Al_2O_3$ ' den üretilmektedir.

Polikristalin $\alpha-Al_2O_3$ ' nın mukavemet, yorulma direnci ve kırılma tokluğu gibi özellikleri tane boyutunu ve sinterleme katkısının bir fonksiyonudur.

Tek kristal ve polikristalin malzemeler (Al_2O_3 gibi) genelde ; kalça ve diz protezlerinde kullanılmaktadır. Bunlar protezin baş kısmını teşkil etmektedirler (Zeytin 2001, Park ve Lakes 1992)

2.1.1.2. Cam – Seramik Bioseramikler

İmplant edilmiş kimyasal cihazlar medikal bakımdan artan öneme sahiptir. Kemik implantları için kullanılan bu parçalar bioinert ya bağısız ve bioaktif ya da bağlı (yüzey reaktivitelerine bağlı olarak) ve kemik bağlı özellikler olarak sınıflandırılabilir. Ca-fosfat [α -tera kalsiyumfosfat (TCP)] , HAP ve bioaktif camlar gibi biouyumlu malzemeler paslanmazlık davranışı çeşitli derecelerde var olduğu gözlenerek bulunmuştur. Bioaktif camlar Hench tarafından 30 yıl önce $CaO-SiO_2-P_2O_5$ kompozisyonlu kimyasal kemikler üzerine üretilmiştir (Yurong ve Lian 2000)

2.1.1.3 Kompozit Bioseramikler

Kompozit fazlar üzerine en önemli bulgular diğer kimyasal toz sentez yöntemleriyle üretildiği yönünde olup bunların yüksek porozite eksikliği daha az kullanılabilir yapı ve kimyasal kararlılığa sahip olduğu ($1000^{\circ}C$) belirtilmektedir. Bu çalışmada sentezlenen toz bileşimlerinden hazırlanan peletler $1500^{\circ}C$ nin üzerinde hava atmosferinde sinterlenebilir ve kimyasal yapılarını ve üstün homojenliklerini koruyabilirler. İşletilen kimyasal hızlandırma prosesi HA / TCP “kompozit (bi-fazik) tozlar” ın sentezi için kullanışlı olabileceği keşfedilmiştir (Engin 1999)

Kompozit bioseramik tozlar %20’ den %90’ a (TCP fazıyla dengede olan) %10’ luk artışlardaki HA kompozisyonlarıyla hazırlanmıştır. Kompozit tozlar kuru hava atmosferinde $1200^{\circ}C$ de neredeyse tam yoğunluğu sinterlenmişlerdir (Engin 1999).

2.1.1.4. Karbonlar

Karbon,değişik polimorfik yapılarda bulunabilen bir malzemedir. Kristalin elmas, grafit, kristalin olmayan camı karbon ve yarı kristalin prolitik karbon. Bunlar arasında sadece prolitik karbon implant üretiminde kullanılmaktadır.

İmplant malzemelerde kullanılan kristalin karbon, hegzagonal yapılıdır. Bu haliyle grafit yapısına benzer. Bu yapıda hegzagonal düzlemler kuvvetli kovalent bağlarla birbirine bağlanmıştır. Her atomun bir valans elektronu serbestçe hareket eder. Böylece yüksek fakat anizotropik bir elektrik iletkenliği söz konusudur. Bir tabaka, diğer tabakaya zayıf bağlanır. Bu tabakalı yapı da kayganlığı sağlar.

Karbon, dokularla mükemmel biouyumlu bir malzemedir. Özellikle kanla olan uyumluluğu nedeniyle prolitik karbon kaplanmış kalp kapakçıkları yaygın olarak kullanılmaktadır. Prolitik karbon kaplamalar, kontrollü bir sıcaklık ve basınçta akışkan yatak ortamında yapılmaktadır. Karbon kaynağı olarak hidrokarbon gazları ve inört gaz olarak helyum kullanılmaktadır. Kalp kapakçıkları sürekli olarak abrasif aşınmaya maruz kalır. Bu nedenle kalp kapakçıkları üzerine yapılan kaplamalarda karbonla beraber silisyumda biriktirmekte ve sertlik artışı sağlanmaktadır (Zeytin 2001).

2.1.2. Bioseramiklerin Sınıflandırılması

Günümüzde en çok kullanılan bioseramikler ; (Zeytin 2001)

- Alüminyum oksit
- Kalsiyum fosfat
 - Hidroksiapatit (HA)
 - Trikalsiyumfosfat (TCP)
- Cam/cam seramikler
- Karbon

Bizim çalışmamızda yer alan kalsiyum hidroksiapatit [$\text{HA} : \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] ve trikalsiyumfosfat [$\text{TCP} : \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] bioseramik tozlarıdır. Bu çalışmada bunlara geniş bir şekilde yer verilmiştir.

Genel olarak bioseramikler ,

- Problem türüne göre
- Biomalzemenin kullanıldığı doku veya organ türüne göre
- Kullanıldıkları vücut sistemlerine göre
- Malzeme cinsine göre sınıflandırılmaları mümkündür (Park ve Lakes 1992)

2.1.2.1. Problem Türüne Göre Sınıflandırma

<u>Problem Türü</u>	<u>Örnek</u>
Hastalıklı veya yaralı parçanın değiştirilmesi	Yapay diz protezi
İyileşmeye yardımı	Ameliyat iplikleri, kemik plaka ve vidaları
Fonksiyonlu iyileşme (daha iyi görev yapma)	Kalp pili, kontakt lens
Fonksiyonel anormalliği azaltmak	Harrington omurga çubuğu
Tedavi yardımı	Kateter

2.1.2.2. Biomalzemenin Kullanıldığı Doku veya Organ Türüne Göre Sınıflandırma

<u>Doku/Organ</u>	<u>Örnek</u>
Kalp	Kalp pili, yapay kalp kapakçığı
Ciğer	Oksijen makinesi
Göz	Kontakt lens
Kemik	Kemik plakası, kemik çimentosu
Böbrek	Diyaliz makinesi

2.1.2.3 Kullanıldıkları Vücut Sistemlerine Göre Sınıflandırma

<u>Sistem</u>	<u>Örnek</u>
İskelet sistemi	Kemik plakası, total kalça protezi
Kas sistemi	Ameliyat ipliği
Dolaşım sistemi	Kalp kapakçığı
Solunum sistemi	Oksijen makinesi
Boşaltım sistemi	Kateter

2.1.2.4 Malzeme Cinsine Göre Sınıflandırma

1. Metaller (Ti, Paslanmaz çelik, Co-Cr alaşımları vb.) ; Yüksek mukavemetli, yüksek tokluğa sahip, sünek, korozyona uğrayabilir, yoğunlukları yüksektir.

Örnek ; Kalça/eklem protezleri, kemik plakaları, diş implantları olarak kullanılabilir.

2. Polimerler (Nylon, Slikon, Teflon vb.) ; Rezilyans yüksek, üretimleri kolay, düşük mukavemetli, zamanla deforme olabilir ve bozulabilirler.

Örnek ; Ameliyat iplikleri, suni kan damarları, kalça yuvalarında kullanılabilirler.

3. Seramikler (Al_2O_3 , HAP, TCP, karbon esaslılar) ; Biouyumlulukları yüksek, inert, basma mukavemetleri iyi, gevrek, üretimleri zor, rezilyansları (toklukları) düşüktür.

Örnek ; Diş hekimliğinde, kalça yuvalarında kullanılabilirler.

4. Kompozitler (C-C) ; Mukavemetli, şekil olarak istenilen şekil verilebilir, bileşim istenildiği gibi ayarlanabilir, üretimleri zordur.

Örnek ; Eklem implantlarında, diş hekimliğinde ve kalp kapakçığı yapımında kullanılabilir.

2.1.3. Bioseramiklerin Üretim Yöntemleri

Bioseramiklerin üretimi üzerinde ilk defa Albee ve Morrison tarafından çalışılmıştır (Albee ve Morrison 1920). Fakat 1892’de Dreesman tarafından yayınlanan bir raporda alçının kemik çatlak ve kırıklarının tedavisi için kullanıldığı belirtilmiştir (Dreesman 1892). Bu raporun yayınlanmasından 30 yıl sonra yaklaşık 1920 yıllarında bioaktif trikalsiyumfosfat [TCP : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] bileşiği ilk defa Albee ve Morisson tarafından kemik boşluklarının doldurulmasında kullanılmıştır.

Seramiklerin sentetik kemik uygulamalarında kullanılmasına yönelik araştırma çabaları ancak 1960’ların sonlarına doğru artmaya başlamış ve ilk kez McGee tarafından trikalsiyum fosfat ve MgAl_2O_4 kompozit seramiğiyle diş protezleri üretilmiş ve köpekler üzerinde başarıyla denenmiştir (Janikowski 1969).

Lewitt et. al. (1969’da) ve Monroe et. al. (1971’de) mineral florapatitten [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$] seramik apatitin hazırlanması metodunu tanımlamışlardır ve bu apatit seramiğin dental medikal uygulamalarında kullanımın mümkün olduğunu önermişlerdir (Engin 1999).

Clark et. al. Ve Hubbard mevcut ticari kalsiyum fosfattan kalsiyum fosfat seramikleri hazırlama metodunu tanımlamışlardır. Fakat bu seramikler uygun olarak karakterize edilmemiştir (Engin 1999).

Yetmişli yılların ortasında Jarch o et. al. Amerika’da , de Groot et. al. Ve Denissen Avrupa’da ve Auki et. al. Japonya’da birbirlerinden habersiz hidroksiapatit üretimi ve ticareti üzerinde çalışmışlardır. Bu olay Hench tarafından kemiğin bir bioaktif cam seramikle kalsiyum fosfatça zengin tabaka içinden kimyasal bağlanması şeklinde rapor edilmiştir. Bu da kemik mineralinin çoğunun hidroksiapatit olmasından kaynaklanır (Engin 1999).

Günümüze kadar bioseramik tozlarının üretimi ve bunların üretim yönteminin çeşitliliği de artmıştır. Bu konuda gelişmelerin hızla devam etmesi önemli bir gelişmedir. Bioseramiklerin biouyumluluğu, inert olmaları ve yüksek mukavemet gibi özelliklerinden dolayı kullanım alanını hızlı bulmuş ve üretimde de çeşitlilik artmıştır.

Bioseramik implant için başlangıç malzemesi çoğunlukla tozdur. Bu daha sonra kesin implant şeklinde birleştirilir ve yoğunlaşma için sinterlenir. İnce ve kimyasal olarak homojen olan sentetik hidroksiapatit tozları hem sulu hem de susuz yöntemlerle hazırlanabilir.

Yaş yöntem kalsiyum hidroksiapatit tozları iki genel yolla hazırlanır ;

- Kimyasal çökeltme
- Bürsit'in ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) hidrotermal transformasyonu ya da trikalsiyum fosfatın [TCP : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] HA' ya dönüşümü.

Tipik kimyasal çöktürme yönteminde, uygun konsantrasyonlarda kalsiyum nitrat tetrahidrat [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$] solüsyonları ve di-amonyum hidrojen fosfat [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$], amonyum hidroksit (NH_4OH) varlığında yüksek pH değerleri ile reaksiyona sokulur (Engin 1999).

Bürsit'in hidrolizi, NaOH solüsyonunda düşük konsantrasyonda, 25-100 °C'de 20 saat saf suda kaynatma ile meydana gelir. HA, bu koşullar altındaki karalı kalsiyum fosfat fazıdır. Öte yandan TCP'nin hidrolizi 40-80 °C sıcaklık oranlarında, pH = 3 – 7,5 oranlarında olduğunda yetersiz kalsiyum hidroksiapatit fazı formunda sonuçlandığı bilinir (Engin 1999).

Kalsiyum hidroksiapatit tozları (yaş olmayan sentez yönteminde) ayrıca 900 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda katı hal reaksiyonlarıyla hazırlanabilir.

Kalsine dokulara benzerliğinden dolayı organik ve biyolojik maddelerle Ca-fosfat kompozitleri en çok yapay kemik yedeklerinde kullanılır. Bu gibi kompozitlerin sentezi kemik taklidinde en karmaşık yapılardan biridir. Bu problemin çözümünde farklı deneysel yaklaşımlar uygulanmıştır. Örneğin ; kolesterol, sialo proteinleri, jelatin, metil selüloz, steorik, poli gulutamid, poli asportit asitlerinin bulunduğu Ca-fosfat kristalizasyonu üzerine deneyler yapılmıştır. Bu maddelerin kristalizasyonu ilerlettiği ve kristal şeklini değiştirdiği bulunmuştur. Fakat Ca-fosfat ile organik / biyolojiksel bileşimler üzerinde kimyasal bağ hakkında hiçbir bilgi belirtilmemiştir (Dorozhkin 2000).

HA sentezi için bir çok yöntem ya hidroliz, hidrotermal ya da hızlandırma metotları kullanılarak geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin birçoğu sıvı sistemlere dayanır. Brendel, HA sentezi ve kalsiyum nitratın oksidasyon ve hidroliziyle HA kaplama için bir metot geliştirmiştir. HA 700 – 1100 °C sıcaklık oranında kalsine edilmesiyle sağlanmıştır. Bu çalışmada ticari olarak mevcut olan Ca-Nitrat ve P₂O₅'in etanol solüsyonu HA tozlarının hazırlanması için öncü olarak kullanılmıştır (Weng 1997).

Ravoglioli'ye göre ticari olarak mevcut olan hidroksiapatitler 3 gruba ayrılabilirler.

1- Tip A : Yüksek poroziteli aglomeratlar, ortalama 1-2 µm, 60 m²/g'a yakın spesifik yüzey alanına sahiptir.

2- Tip B : >45m²/g spesifik yüzey alanıyla, (50-300 µm) birkaç yüz mikrondan daha büyük aglomeratlar içeren tozlar.

3- Tip C : Hayek ve Newesely reçetelerine göre hazırlanana tozlar (> 80-90 m²/g) son derce yüksek spesifik yüzey alanıyla mikron altı partiküller.

Slosarczyk özellikle pişmiş poliüretan sünger kullanımına dayanan kemik implantları için poröz hidroksiapatit malzeme üretmiştir. Bu çalışmada kullanılan hidroksiapatit tozu CaO ve H₃PO₄ kimyasallarından kimyasal metotla elde edilmiştir. pH = 8-9 oranlarında hacimce %12,5 NH₄OH solüsyonu ilavesiyle ayarlanmıştır. Böylece jelatinimsi çökelti elde edilmiş ve sonra 65 °C' de

kurutulmuştur. Elde edilen toz 850 °C’ de 3 saat havada kalsine edilmiştir. toplam porozitenin %32 civarında olduğu kaydedilmiştir (Terpstra vd 1993).

Fabri’ye göre, sinterleme basamakları boyunca yıkıcı başarısızlığa sebep olabilen mikro yapı formasyonları ya da mikro çatlaklardan kaçınmak için kurutma adımları çok uzun zamanda gerçekleştirilmektedir. Bu poröz parçalarla olan ana problem çok düşük eğme mukavemetleri (1 MPa’dan daha az) kazanılmış ve eğme mukavemetleri de hiçbir zaman 2 Mpa’dan daha yüksek olmamıştır. Granül yüzeylerinde pek çok çatlak mevcuttur. Bu durumda bu çatlaklar için tek sebep polimerik fazın yanmış kısmının sertliğidir. Ana dezavantaj porların yüzeyde ya da yüzeye yakın yerlerde bulunmasıdır. Bunların hem miktarca hem de boyca daha düşük olduğu bulunmuştur. Buradan daha sonra bazı malzemeler içinden gövde akışkanları difüzyonu ve akış limiti tahmin edilebilir ki bu yeni kemik formasyonu ve büyümeyen dokuda erteleme sebebi olabilir (Engin 1999).

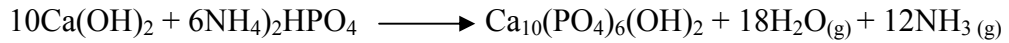
Bir benzer metot Fabri tarafından uygulanmıştır. Bu esas olarak ticari hidroksipatitin doğal aminoasitten türemiş uygun bir bağlayıcı ile yoğrulması şeklindeki kullanıma dayanır. Viskoz HA-bağlayıcı karışımı önce 80 °C civarında sürekli olarak homojenleştirilmiş ve daha sonra likit nitrojen altında özel damlama prosesi ile granüle edilmiştir. böylece damlacık şeklinde elde edilen partiküller sonra atmosfer ortamında kurutulmuş ve 2 farklı sıcaklıkta (1170 °C ve 1280 °C) termal olarak işlenmiştir. Yapısal kararlılığını yaş durumunda hava ortamında hiçbir özel problem yaratmadan kurutulmasına izin verdiği gözlenmiştir. Fakat bu HA tozlarının ana dezavantajı arzulanan TCP fazına fazladan sahip olmasıdır. 1170 °C’ de işlenmiş numunelerde %5-10 arasında ve 1280 °C’ de işlenmiş numunelerde ise %10-15 arasındaki konsantrasyonlarda TCP vardır.

Uchida, poröz HA ve TCP bioseramiklerini üretmek için farklı bir yol kullanmıştır. HA numuneleri ağırlıkça %28 kalsiyum hidroksitin [Ca(OH)₂] , ağırlıkça %72 kalsiyum monohidrojen fosfat (CaHPO₄) ile birlikte öğütülmesiyle hazırlandığı belirtilmiştir. Toz karışımı önce 800 °C’ de 2 saat kalsine edilmiş ve

daha sonrada 1000 °C’ de 3 saat kalsine edilmiştir. Bunları ezme ve öğütme takip etmiştir (Engin 1999).

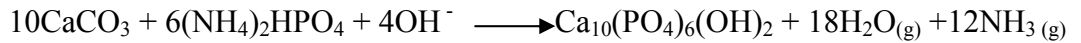
Yamasaki, poröz HA üretimi için alışılmamış bir yol geliştirmiştir. Bu çalışma hidrotermal koşullarda sıcak presleme sonrası yüksek sıcaklık HA örneklerinin katılaştırılması ve bu katılaşmış HA dan elde edilen poröz HA seramik formasyonlarının kontrolü ile ilgilidir.

“Hidrotermal sıcak presleme” için otoklav tipi bir oda kullanılmıştır. Başlangıç numunesi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ’ ün uygun karışımını içerir, hidrotermal sıcak presleme odasında ağırlıkça %10 destile suyla karıştırılmış ve üstten-alttan kalıp çubuklarıyla sıkıştırılmıştır. Hidroksiapatite dönüşüm reaksiyonu ise ;



şeklindedir.

Pensilvanya Üniversitesi’nin Malzeme Araştırma Laboratuvarı’nda geliştirilen yeni proseste ise kalsiyum karbonat iskelet ilk diamonyum hidrojen fosfatla etkileşmiş (karbonat ve fosfat tozları arasında yer alan hidrotermal değişim reaksiyonu ile) ve sonra aşağıdaki reaksiyona göre kalsiyum hidroksiapatite dönüşmüştür (Engin 1999).



Üretilen bioseramik tozların (HA ve TCP) çeşitli şekillendirme yöntemleriyle şekillendirilmesi mümkündür. Bu şekillendirme yöntemleri ,

- Slip döküm yöntemi
- Film döküm yöntemi
- Hidrotermal teknik
- Tek yönlü hidrolik pres ile

şeklinde olup bu şekillendirme teknikleriyle Ha ve TCP plakaları üretilebilir ve bu plakalar üzerinde istenilen karakterizasyonlara bakılabilir.

2.2. Filtreler

Filtrelerin filtrasyon amaçlı kullanılmaya başlanmasından sonra çok geniş sıvı uygulamalar için düşünceler ortaya çıkmıştır. Bu düşüncelerin başında ise ‘Hücrel’ ve ‘Köpük’ filtreler gelmektedir. Hücrel filtreler, alüminyum ve düşük ergime sıcaklığına sahip metaliklerden süper alaşımlara kadar birçok uygulamalarda kullanılmıştır. Döküm filtrasyonunda kullanılan bu filtreler, düzgün yapılarıyla; odun sobalarında, otomotiv ve endüstriyel kirlilik kontrollerinde, katalitik yanma ürünlerinde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır (Stone ve Day 1985).

En çok kullanılan filtreler arasında yer alan diğer bir filtre ise, ‘Köpük’ lerdir. Köpük filtreler, uçak ve uzay sanayisine yönelik birçok hassas bileşenlerin üretilmesinde kullanılmaktadır. Bu filtrelerin uçak ve uzay sanayisinde kullanılmasının nedeni, 1800 °C gibi yüksek ergime sıcaklığına sahip olmasıdır. Bundan dolayı köpük filtreler birçok avantajlara sahiptir. Bu avantajların arasında, yüksek gözeneklilik, dönüşsüz sıvı akış karakteristiği ve tortusuz akış sağlaması gösterilebilir. Bu filtreler, SiC kompozisyonlu üretilenlerin yanında daha çok alüminyum oksit ve zirkonyum oksit karakterli olarak üretilmektedir. Bunlar birer avantaj olan sıvı kompozisyona kimyasal uygunluk gösterirler (Gören ve Huskonen 1987).

Seramik filtrelerin gelişmesiyle bu alanda yapılan çalışmalarda hızla bir artış göstermiştir. Filtre kullanımının zor ve zahmetli bir iş olması bu alanda yapılan çalışmaları engelleyememiş aksine tecrübeli kişiler sayesinde daha güzel ürünler ortaya çıkmasını sağlamıştır (Sugdan ve Brooks 1990).

Filtre, metalik sıvı veya herhangi bir hareketli ortamda asıltı halinde bulunan, değişik şekil, yoğunluk ve kompozisyonlarda olabilen, döküm dilinde safsızlıklar

olarak tanımlanan parçacıkların belirli bir süreç içerisinde tamamen veya olabildiğince en az sınırlara kadar elenerek sistemden uzaklaştırılmasına yarayan araçlardır (Yıldız 2004).

Döküm çalışmalarında kullanılan filtreler, sıvı banyosundaki döküm ürünün içerisindeki zararlı maddeleri fiziksel veya kimyasal olarak yapıdan uzaklaşmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Filtrasyon amaçlı kullanılan ilk seramik filtreler, genellikle yuvarlak şekilli deliklere sahip basit süzekler halinde geliştirilmiştir.

Yapılan bu açıklamalar ışığında filtreleri şu şekilde tanımlamak mümkün; Filtreler, yapısında belirli bir boyut ve yoğunlukta gözenekleri bulunan, uygun kompozit bileşiminde oluşan, filtrelenecek sıvının kimyasal içeriğiyle büyük çapta uyumlu yapısal özelliklere sahip eleiyici malzemelerdir (Morris vd. 1990).

2.2.1 Filtre Özellikleri

Filtreler genellikle düşey yolluklu kesitler içerisinde kullanılmaktadır. Filtreler bu nedenle, yüksek sıcaklıkta kimyasal yapısını koruyabilmeli, potansiyel ve kinetik enerjiler sonucu oluşabilecek yüzey gerilmelerine dayanabilmeli, korozyonlu ortamlarda aşınmamalı ve ısıl şoklara dayanıklı olmalıdır.

Bütün bunlar göz önünde tutularak seramik döküm filtreleri için şu özellikler aranmalıdır:

- Kimyasal kararlılığı
- Fiziksel özellikler
- Mekanik özellikler
- Isıl özellikler

Bu özelliklerin önem derecesi döküm sıcaklığının ısısına, kimyasal içeriğine, akıcılığına, dökme hızı ve filtrelenecek miktarına göre değişir ve öncelik kazanır.

Filtreler; Alüminyum gibi düşük ergime sıcaklığına sahip metallere, 1800 °C' lere kadar ulaşan karbonlu çelikler ve süper alaşımlar gibi yüksek ergime sıcaklığına sahip sıvılar için kullanılacağı düşünüldükçe, bu sıcaklıklara rağmen hassas yapısını koruyabilmelidir.

Filtreler, sıvı alaşıma karşı kimyasal kararlı malzemeler içermelidir. Genellikle bu özellik açısından bakıldığında en önemli malzemeler oksitlerdir. Örnek Mg' un kullanıldığı kısmen kararlı Zirkonya köpük filtre, düşük ve yüksek karbonlu çeliklerin filtrasyonuna hem kimyasal hem de mekanik açıdan uygundur (Morris vd 1990)

Seramik filtreler, bütün ortamlara karşı yapısını aynı şekilde koruyabilmeli ve kırılmamalıdır. Filtrasyon aşamasında bütün özelliklerini koruyarak ısı, mekanik ve kırılma ortamlara dayanıklı olabilmelidir.

Isıl özellikler, seramik döküm filtreleri için en önemli özelliklerin başında gelmektedir. Seramik filtrelerin kompozisyonu ve iç yüzey yapısı meydana gelirken filtreye uygulanacak ısı şok dirençler yüksek olmalıdır. Çizelge 2.1 de bazı seramik köpük filtrelerle ilişkin çeşitli özellikler görülmektedir.

(Çizelge 2.1 Seramik Köpük Filtre Karakteristik Özellikleri (Castedline 1985))

Filtre köpük Malzeme	Sıcaklık Hassasiyeti (°C)	Yüksek Sıcaklık Mukavemeti	Kimyasal Kararlılık	Isıl Şok Dayanımı
Mullit	1650	İyi	İyi	İyi
98 Alümina	1750	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Alümina	1750	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
Zirkonya	1800	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi

2.2.2 Sınıflandırma

Filtreler, üretim süreçleri, filtrasyon mekanizmaları ve döküm sıvılarına uygunlukları bakımından farklılık gösterirler. Filtreler, karmaşık ve ileri tip

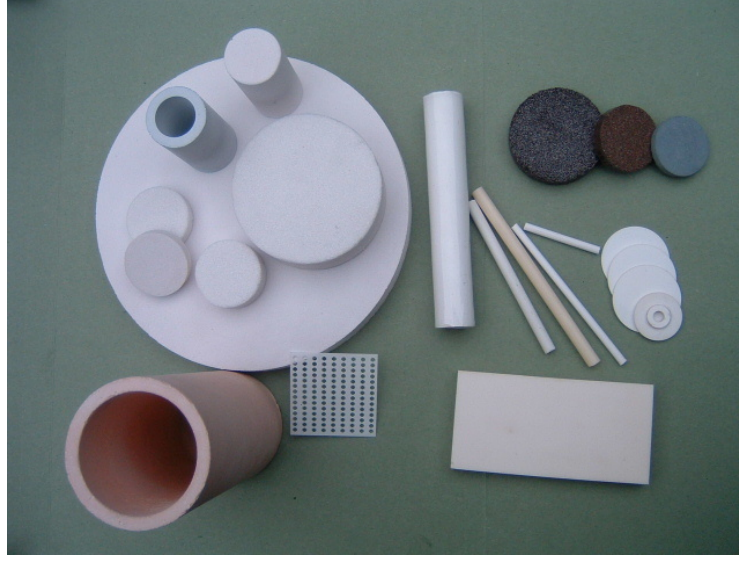
filtreler olarak ikiye ayrılır. Karmaşık tip olarak; cam elyaf metalik süzücüler, seramik çekirdekler, yine cam elyaf veya yüksek silika fiber dokumalı Refrakter Örgüler, serbest seramik toprak ve ekstrüzyon ürünü hücresel filtreler. İleri tip olarak da Seramik Köpük Filtreler.

Karmaşık tip filtrelerin genel özelliklerini fiziksel karakterli oluşları nedeniyle, ekstrüzyon ürünü hücresel filtrelerinden ayırabiliriz. Son zamanlardaki uygulamalarıyla hücresel filtrelerin daha çok yüzey eleyici filtreler olmasının yanında, başarılı şekilde yumuşak demir sıvılarda görülen safsızlıkları kimyasal olarak eleddikleri görülmüştür. Bu nedenle, bu filtreleri ileri sınıf filtreler olarak kabul edebiliriz (Castedline 1985).

Üretim yöntemleri, ekonomikliği, filtrasyon verimi ve akış karakteristikleri gibi filtrelere ait kendi özellikleri ve döküm kalitesi açısından avantaj ve dezavantajları göz önüne alınmaksızın basit yüzey eleme mekanizmalı filtreler ve derin yatak eleme mekanizma filtreler olarak sınıflandırılırlar.

2.2.2.1 Hücresel Filtreler

Ekstrüzyon ürünü hücresel filtreler, birbirine bağlı ince ağların oluşturduğu bal peteğine benzer matris yapıdadır. Filtre parçaları içinde ağlar arasında kalan çeşitli boyutlardaki delikler bir kesitten diğerine boylamasına uzanırlar. Bir hücresel filtrenin ön yüzey alanını, hücre (delik/boşluk) şekli, boyutu ve duvar kalınlıkları saptar. Hücresel filtreler, açık alanları cinsinden tanınırlar. 50 csi'den 400 csi'lere varan (csi ; inç alanındaki hücre sayısı) hücre yoğunluklu filtreler için ortalama gözeneklilik %70 civarındadır. Hücresel filtreler, tipik yüzey eleyici filtreler olarak tanınmasına rağmen boşluklarını çevreleyen duvarlarında yüzey enerjiler sayesinde metal safsızlıklarını gidermektedir.



Şekil 2.3. Hücresel seramik filtreler (Ekstrüzyonla üretilen)

Bu filtrelerin yolluk sistemlerine yerleştirilmeleri kalıp ve alaşım pratiklerine bağlıdır. Filtreler, yatay yolluk bölgesinde ve düşey yolluk tabanlarında kullanılırlar. Filtrelerin boyutu, filtreli ve filtresiz yolluk dizaynlarında birbirine yakın kalıp dolum hızı sağlayacak büyüklükte olmalıdır. Hücre yoğunluğu arttıkça sıvı miktarı azalacak buna karşın safsızlık giderimi artacaktır. Bu filtrelerden sıvı akışını sağlamak çok zordur. Bunun için filtreler ön ısıtmaya tabii tutulur. Bu ısıtma sonucu bir ön ısı havuzuna gereksinim olabilir.

Çizelge 2.2 Hücresel filtrelere ait karakteristik özellikler

Hücre Yoğunluğu	Ortalama Gözeneklilik %	Hücre Boyutu (inç)	Hücre Şekli
50	67	0.115	Kare
100	69	0.083	Kare
200	69	0.058	Kare
300	63	0.044	Kare
400	75	0.043	Kare
50	35	0.094	Yuvarlak
242	62	0.077	Üçgen

Hücresel filtreler, ekstrüzyon yöntemiyle üretilirler. Önce belirli bir kesit ve boyda kütükler halinde çekilirler. Bu kütükler daha sonra uygun mukavemet sağlayacak şekilde fırında kurutulurlar. Kurutulan bu kütüklerden kesilen uygun boyutlu dilimler, yüksek sıcaklıklarda pişirilirler.

Uygulama alanları yüksek sıcaklık filtrasyonları olup 1983'ten beri dökme demirlere yönelik kullanılan bu filtreler, son zamanlarda Alüminyum ve hafif alaşımlardan demir dışı birçok alaşımlara, düşük ve yüksek karbonlu çeliklerle süper alaşımlara varan bir kullanım yelpazesine aittir. Bu filtreler; gözeneklilikleri ile yüksek filtrasyon hızları, düzenli hücre geometrisi sayesinde düzenli döküm zamanı, filtrasyon ve sıvı kapasitesi; mukavemetli yapısı ve yine kalıba homojen akış sağlaması gibi diğer birçok filtrelere üstünlükleri vardır (Sugdan ve Brooks 1992)

2.2.2.2 Seramik Köpük Filtreler

Köpük Filtreler, oldukça geniş sıvı uygulamalarda kullanılan yüksek kalıntı giderici, ağısı yapıda ileri seramik filtrelerdir. Belirli sayıda gözenekleri olan, ısıl işlemle kolaylıkla uçabilecek organik süngerlerin üç boyutlu kopyası şeklinde üretilir. Seramik tozlardan oluşan çamur bu organik süngere iyice emdirilir. Çamurla kaplı organik ağlar, belirli bir ısıl işlem sürecine alınır. Organikler uçarken organikleri kaplayan seramik çamur sinterlenir ve uygun mukavemet kazanır. Üretim süreci kısaca bu adımlardan oluşan seramik köpük yapısına sahip filtre, yapısal ve işlevsel yönden diğer filtrelere göre avantajlara sahiptir. Şekil 2.4' te iki boyutlu bir köpük filtre örneği görülmektedir. (Sutton vd. 1985)



Şekil 2.4. Seramik Köpük filtreler

Seramik Köpük Filtreler, ağ yapısına sahip bir Poliüretan (organik) süngerin taslağından üretilir. Seramik Köpükler, tıpkı organik süngerde olduğu gibi çok karmaşık seramik ağlara sahiptir. Şekil 2.4’te iki boyutlu örneği görülen köpük filtre yapılarının karakteristik tanımlaması şu başlıklar altında yapılabilir (Sutton vd. 1985)

Gözeneklilik

Filtrelerin gözenekleri, üç boyutlu ve çeşitli yönelimlerle birbirine bağlı şekilde sürekli bir dizin oluştururlar. Gözenekler, yuvarlak hücreler halindedir. Filtredeki gözeneklilik inç yada cm. ile ölçülmektedir. İnç uzaklıkta 3 adet gözeneğin varlığını gösteren 3 ppi kaba filtrelerden 50 ppi’ lere kadar ince (gözenekli) köpük filtreler vardır (ppi; pore per inch).

Birim Yığın Yoğunluğu

Birim yığın yoğunluğu köpüklerin ağırlık ve hacminden saptanır. Boşluk hacmi arttıkça birim yığın yoğunluğu azalır. Çizelge 2.3’ te görüldüğü gibi, 1800 °C’ leri aşan demir çelik ve süper alaşım sıvılarında kullanılan ZrO₂ köpükler, iki farklı yoğunlukta üretilmişlerdir. Mukavemetin en yüksek değerde olması için, daha

kalın ağ yapılı ve kısmen küçük boyutlu gözeneklere sahip yüksek yoğun köpükler, sıvı akışın yüksek olmasının ön planda olduğu uygulamalar içinse daha ince yapılı ve kaba gözenekli düşük yoğun köpükler üretilmişlerdir. Bu tür uygulama, belirli bir sıvı için başka alternatifleri bulunmayan köpük filtreler açısından önemlidir (Hack vd 1990)

Çizelge 2.3 Bazı Oksit Köpük Filtre Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri
(LD: Low Density, HD: High Density) (Hack vd 1990)

Köpük Malzeme	Gözenek Sayısı, ppi	Ağ Kalınlığı, μm	Birim Yığın Yoğunluğu g/cc	Birim Gözeneklilik %
Mullit	10	686	0,44	78
	20	508	0,45	77
	30	279	0,47	71
98 Alümina	10	508	0,51	82
	20	356	0,61	80
	30	254	0,66	77
Alümina	10	432	0,57	85
	20	330	0,61	83
	30	229	0,69	80
Zirkonya LD	10	508	0,72	85
	20	356	0,74	84
	30	254	0,84	82
Zirkonya HD	10	457	0,93	81
	20	356	1,12	77
	30	254	1,18	76

Toplam Gözenek Hacmi

Köpük hacmindeki toplam gözenekliliği tanımlar. Çizelge 2.3’de de görüleceği üzere birim gözenek değeri %80 civarında olmaktadır. Gözenek boyutu küçüldükçe & gözenek (gözeneklilik %’si) düşmektedir.

Kullanım Alanları

Seramik Köpük Filtreler, kompozisyonlarına bağlı olarak birçok kullanım alanına sahiptirler. Bu avantajlarına yüksek filtrasyon verimleri de eklenince çok düşük ergime sıcaklıklı metaliklerden, ergime sıcaklıkları 1800 °C’ lara varan metaliklere kadar uygulama alanı bulurlar.

Seramik Köpüklerin demir dışı uygulamaları için Foseco tarafından üretilip tanımlanan tescilli (F) filtreleri şu isimlerle;

SIVEX: Alüminyum ve alaşımları için

SEDEX: Bakır bazlı alaşımlar için

STELEX: Magnezyum alaşımlar için kullanılmaktadır. Köpük Filtrelerin demir – çelik ve süper alaşımlar gibi 1800 °C’ı aşan sıcaklık filtrasyonları için Mg ve Alüminyum filtre malzemeler kullanılmaktadır. Mg yüksek performanslı, stabilize ajan olarak Mg’un kullanıldığı kısmen kararlı Zirkonya’yı Alüminyum ise; bir Mullit bağlayıcı sistem ile Zirkonya içerikli Alümina köpükleri ile tanımlar (Hack vd.1990)

2.2.3 Alümina Esaslı Filtre Üretimi

2.2.3.1 Tanım

Alümina oksit, seramik malzemeler içerisinde en çok kullanılanlardandır. Alüminanın bilimsel keşfi geçen yüzyıldır. Fakat ticari olarak kullanımı 1907 yılında yüksek alümina seramik üretimine ait bir patentle başlamıştır. 1920 lerin sonundan itibaren geniş çapta ticari üretimi ve kullanımı sürekli artmıştır.

Alümina çok yönlü bir seramiktir.Çünkü, yüksek sıcaklıklarda bile kimyasal, elektriksel ve mekanik özelliklerini korur. Nispeten düşük sermayelidir ve fabrikasyonla kolayca elde edilir. (Geçkinli 1992, <http://www.azom.com> 2004, Arcasoy 1983).

2.2.3.2 Özellikleri

Yukarıda detayları anlatılan yönteme göre üretilen Alümina köpük filtreler, kırılmaya karşı yüksek dirençli, çok gözenekli ve merkezinde delik olan bir ağ

yapısına sahip, yapısal gerilime karşı duyarlı ve kendi yapısını sınırlayan hale geldiği öne sürülmüştür. (Han vd. 1993, Brezny ve Green, 1989).

2.2.3.3 Üretim Yöntemleri

Yapılan bir literatür çalışmasında, direncin sinterleme sıcaklığının kontrolü ile arttırılabileceği ile ilgili görüş öne sürülmüştür. Sinterleme sıcaklığının Alümina köpüklerinin direnci üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Alümina filtrelerin üretimi için yapılan literatür çalışmasında Alümina köpükler, genellikle polimerik köpük metoduyla üretilir ki bu üretimde poliüretan köpükler kullanılır. Köpükler, seramik çamurunu emmek zorundadır ve bunu takiben içindeki tutkalların köpüğün sıkılması sonucu ayrılarak yüksek sıcaklıklardaki sinterlenmeye dayanması gerekir. Bunun sonucunda yüksek sıcaklıklara dayanıklı Alümina esaslı köpük filtre meydana getirilmiştir. (Han vd. 1993, Holland 1963, Woyansky ve Scott 1962)

2.2.3.4 Kullanım Alanları

Alümina çok değişik kullanım alanlarına sahiptir. Aşağıda yer alanlar bunların en önemlileri arasında yer almaktadır;

- Öğütme araçları,
- Aşınmaya dayanıklı tuğlalar,
- Çelik yelekler,
- Laboratuar giysileri,
- Kağıt ve tekstil ürünlerindeki parçalarda,
- Elektronik endüstrisinde geniş çapta kullanılmaktadır (Geçkinli 1992, www.azom.com 2004, Arcasoy 1983, <http://www.bpminerals.com> 2004).

2.2.4. Membran Filtreler

Membran iki faz arasında sürekli olarak seçicilik yapan yarı geçirgen malzemeye verilen bir isimdir. Seramik malzeme ile arıtımın nano seviyede olabilmesi için

seramik filtrenin membran ile kaplanması da gerekir. Seramik filtreler daha çok çapraz akışlı (crossflow) filtrasyon sistemlerinin de kartuş veya altı kapalı tüp olarak kullanılmaktadır. Crossflow filtrasyon sisteminde kullanılan seramik filtreler, ters (reverse) ozmoz, nanofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve microfiltrasyon şeklinde filtrasyon sisteminde istenilen basınç, gözenek boyutu ve kullanılacak amaç doğrultusunda kullanılmaktadır.

İnsanoğlu, filtrasyon – seperasyon işlemini, bilinçli ve bilimsel bir biçimde gerçekleştirilmiş olamasa da, eskiçağlardan beri bilmektedir. Örneğin, antik döneminde, insanlar yanmış tahta ile suya müdahale de bulunmuşlar ve suyun tadının iyileştiğini görmüşlerdir.

Ülkemizin kırsal bölgelerinde toprak yani doğal inorganik killeri halen ağartıcı ve temizleyici olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde ülkemiz köy halkı gözenekli inorganik malzeme ile filtrasyon yöntemini gerçekleştirmişlerdir.

Bugün filtrasyon / separasyon işlemleri, granül / pelet formundaki absorbanlar ve inorganik / organik membranlar ile kaplı (yada kaplı olamayan) seramik filtreler ile yapılmaktadır.

Proses endüstrisinde ayırma işlemleri için membranlar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Fiziksel olarak ayırma sağlayan yani bir çeşit elek görevi gören membranlar özelliklerine göre:

- Geçirgen
- Yarı Geçirgen
- Polimerik
- İnorganik
- Metalik

olarak sınıflandırılmıştır.

Kullanım Alanları:

- Gaz / Buhar Ayırımı
- Organik Karışımların Ayırımı (pervaporasyon)
- Su / Organik Karışımların Ayırımı
- Katı / Sıvı Ayırımı
- Sıvı / Sıvı Ayırımıdır.

Membran Uygulamaları:

- Mikrofiltrasyon
- Ultrafiltrasyon
- Reverse Osmos (Hyper filtrasyon)
- Nano Filtrasyondur.

İnorganik seramik membranlar, yüksek sıcaklık uygulamalarının gerekli olduğu alanlarda kullanılır. 900 °C' ye kadar kullanılmaları mümkündür. Daha çok gaz ve su ayırımında, biyolojik ayırımlarda, kimya endüstrisinin çeşitli dallarında endüstriyel ölçekte kullanılmaktadır (S.S. Tarar 1999).

2.2.4.1 İnorganik Seramik Filtreler

Sıvı arıtımının 4 aşamada gerçekleştiği görülmektedir:

- 1) Tortu Giderme
- 2) Sertlik Giderme
- 3) Kimyasallardan arındırma
- 4) Mikrofiltrasyon – dezenfeksiyon

İlk 3 adım, organik veya inorganik malzeme ve / veya katkıları ile giderilmektedir. Seramik malzemenin kullanıldığı etap ise 4. adımdır.

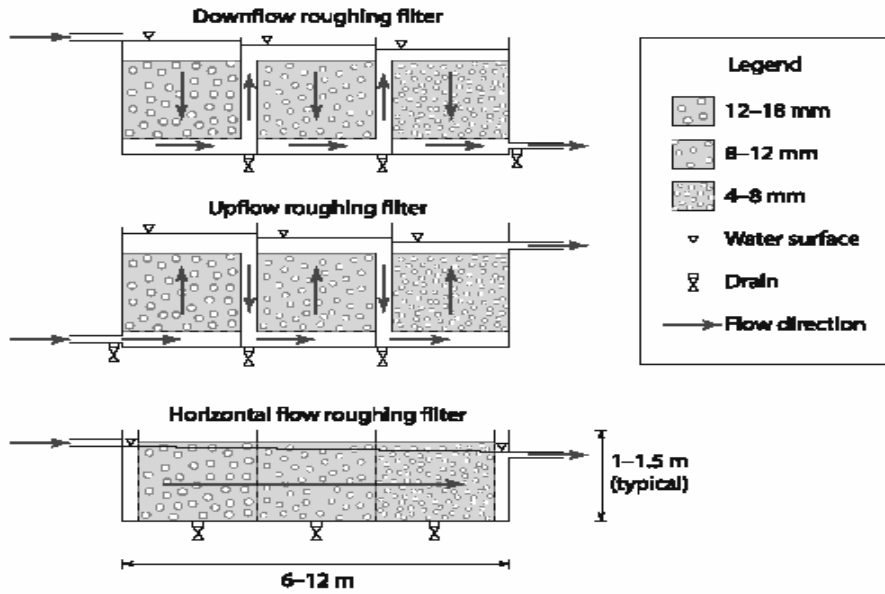
Kullanılan sıvının mikrop ve bakterilerden arındırılması için klorlama ultraviyole, gümüş uygulanıyor olmasına rağmen canlı sağlığı için en elverişli yöntem seramik malzeme ile mikrofiltrasyon – dezenfeksiyondur.

2.2.5. Suların Filtrasyonu

2.2.5.1 Mikro Süzgeçler

Mikrosüzgeçler paslanmaz çelik veya polyster üzerine geçirilmiş ince kumaş dokulardan oluşur. Bu ince dokunun gözenek boyutları 15-45 mikron arasındadır. Bu süzgeçler algal hücreleri ve büyük protozoaları uzaklaştırmak için uygundur fakat bakteri ve virüsler üzerinde belirgin bir etkileri yoktur (Şekil 2.5). %40-70 oranında algalları uzaklaştırabildiği gibi bulanıklığı da %5-20 oranında iyileştirebilir (Mouchet ve Bonnely,1998).

Mikrosüzgeçlerin özel uygulamalar için performansları; algalların türü ve yapısına da bağlıdır. İhtiyaç duyulan koagulant miktarını azaltabilmelerine rağmen algalların üreyen tiplerini veya daha küçük parçacıklarını uzaklaştıramazlar (Şekil 2.6-2.7).



Şekil 2.5. Tipik kaba filtre konfigürasyonu (Collins vd 1994)

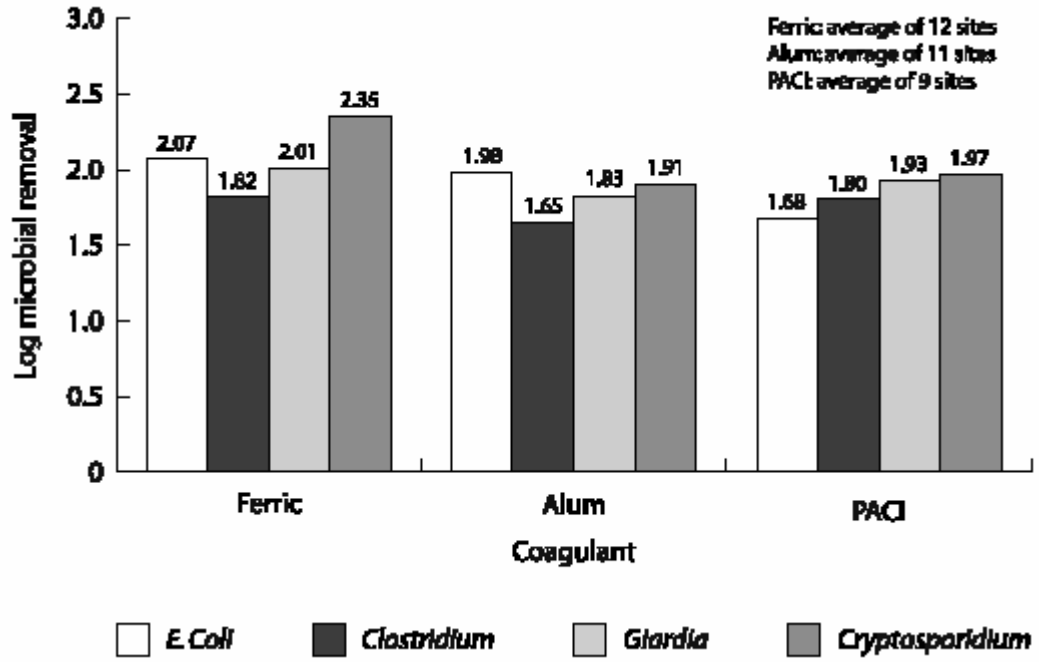
2.2.5.2 Koagulasyon, Flokulasyon ve Çöktürme

Koagulasyon, flokulasyon ve çöktürme; filtre prosesi ile yakından ilişkilidir.

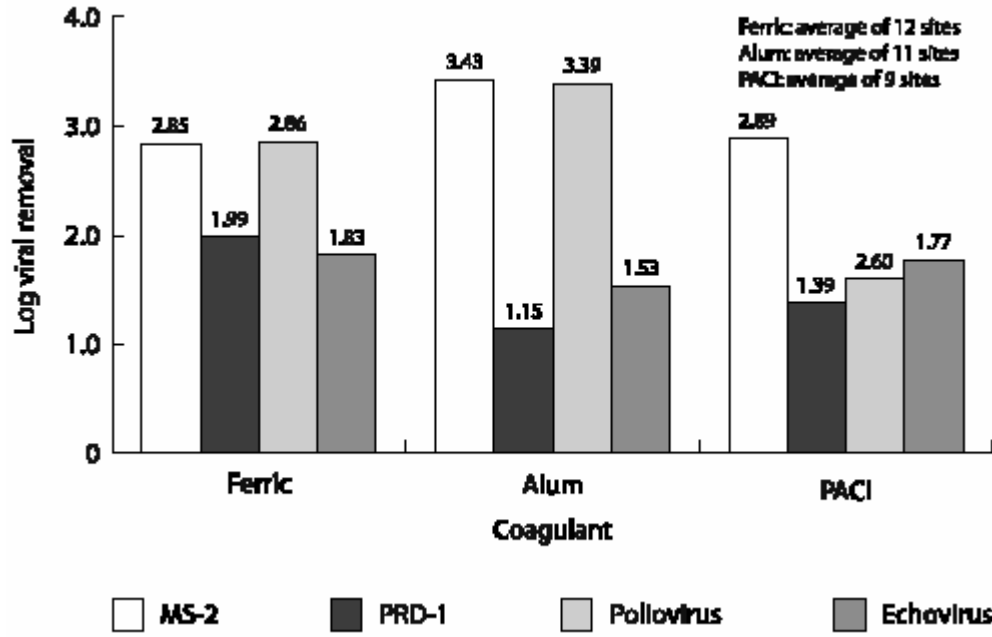
Koagulasyon; küçük parçacıkların etkileşimle daha büyük, geniş parçacıklara dönüşme olayıdır.

Flokulasyon; büyük parçacıkların oluşmasına sebep olan fiziksel bir prosestir.

Çöktürme; bir katı-sıvı ayırma işlemi olup büyük parçacıklar yer çekiminin etkisiyle dibe çökelirler (LeChevallier vd 1991).



Şekil 2.6. Optimum koagülasyon şartlarında bakterilerin giderilmesi (Bell vd 2000)



Şekil 2.7. Optimum şartlar altında virüslerin giderilmesi (Bell vd 2000)

2.2.5.3 Granüler Filtrasyon

Granüler filtrasyon en yaygın olarak içme suyunda kullanılır. Optimal şartlar altında Koagulasyon, Flokulasyon – Çökelme ve Granül birleşmesinden oluşan bir filtre sistemi protozoa patojenlerini daha iyi uzaklaştırabilir.

Granül filtrede granül malzemeden oluşan paketlenmiş bir yatak boyunca su geçer; mikroplar veya küçük parçacıklar filtre edici ortam üzerinde depolanarak (birikerek) ortamdan uzaklaştırılırlar. Uzaklaştırma işlemi en üst seviyeden ziyade (kek filtrasyonu) granül ortam içerisinde gerçekleşir. En alt tarafta en derin filtrasyon olur. Belli bir süre sonunda basıncın da artmasıyla süzgeçte verim düşebilir. Böyle durumda filtrenin geri yıkamayla temizlenmesi, tıkalı gözeneklerinin açılması gerekir. Temizlenme işleminde mikrobiyal patojenler etkili olabilirler. Bu etkileri azaltmak için farklı yollar denenebilir.

- 1) Filtrasyon oranı istenilen filtre kalitesi elde edilene kadar sınırlandırılabilir.
- 2) Geri yıkamadan sonra bir süre filtre dinlendirilir.
- 3) Su kaynağına göre yardımcı bir filtre parçası filtre sistemine eklenebilir.

Granüler filtreler; tek ortamlı (silika kumu), iki ortamlı (antrakt kömür ve kum) ve üç ortamlı (kömür, kum ve garnet) gibi farklı şekillerde dizayn edilebilirler. Organik bileşiklerin adsorpsiyonu istendiğinde aktive edilmiş granül karbon kullanılır. Filtre edilen su kaynağına bağlı olarak granül filtrasyon üç şekilde kullanılabilir:

- 1) Geleneksel (klasik) Filtrasyon: Koagulant ilavesi -hızlı karıştırma-flokulasyon-yavaş karıştırma – çöktürme ve filtrasyon basamaklarını içerir.
- 2) Direk Filtrasyon: Çöktürme işlemi hariç diğer basamakları içerir.
- 3) Doğru Filtrasyon: Flokulasyon ve çöktürme basamakları yoktur.

Geleneksel arıtma hemen hemen bütün su kaynakları için uygun bir arıtmadır. Diğer ikinci ve üçüncü arıtmalar ise düşük bulanıklığa sahip olan iyi kalitedeki sular için uygundur.

2.2.5.4 Granül Filtrasyon Mekanizması

Granül filtrasyonla mikrobik patojenlerin uzaklaştırılması sadece fiziksel proseslere bağlı değildir. Uzaklaştırma işleminin iki temel noktası vardır; parçacıkların süspansiyondan filtre ortamına transferi ve ortam tarafından bu parçacıkların tutulması (Yao, Habibian & O' Melia, 1971).

Geçiş basamakları, sistemin fiziksel ve hidrodinamik özelliklerine bağlıdır. Difüzyon, tutma ve çöktürme basamakları vardır. Mikropların boyutu ve yoğunluğu, filtre ortamının ölçüleri ve derinliği ve filtrasyon oranı geçiş verimini etkiler. Parçacıklar ve filtre ortamı arasındaki istenmeyen etkileşimler önlenmelidir ki parçacıklar ortama rahatça tutunabilsinler. Parçacıkları destabilize etmek için kimyasal koagülasyon, filtrasyondan önce kullanılır. Bu basamak, filtre veriminin tanımlanmasında en önemli basamaktır. Düzgün kimyasal işlemler olmadan hızlı filtrasyon oranı, mikrobiyal patojenler üzerinde yeterli etkiyi göstermez.

Granül filtrasyon ile mikropların arıtma işleminde kimyasal koagülasyonun önemi birçok çalışmada açıklanmıştır. Kimyasal işlemler olmadan önce giardianın uzaklaştırılması %69 ve bulanıklığın azaltılması %28 oranlarında iken alümina ve polimer filtre elemanlarının kullanılmasıyla giardia %95 oranında temizlenmiş, bulanıklılık ise % 70 oranında azaltılmıştır. Filtrasyon oranının 5m/h den 20 m/h ye çıkması toplam koliform bakterilerin bertaraf edilmesinde çok az bir etkisi vardır; ama bunlar filtre edilmiş sudaki bulanıklığı arttırırlar (Swertfeger,1999).

2.2.5.5 Yavaş Kum Filtrasyonu

Yavaş kum filtrasyonunun kullanılmasıyla içme suyunun mikrobiyal riskten korunması 100 yıldan beri bilinmektedir.1890 da Amerika’da ve Almanya ‘da kum filtrasyonunun kullanılmasıyla kolera vakalarında bir azalma görülmüştür (Haas CN., 1995). Yavaş kum filtrasyonunda yerçekimi ile su, kum filtreden geçer. Koagülasyon işlemlerine gerek yoktur. Filtre, derecelenmiş tabaka üzerine yerleştirilmiş bir kum tabakasından oluşur.

Su, filtre içinden geçerken mikroplar ve diğer maddeler tutulur. Bu tutma mekanizmaları biyolojik, fiziksel ve kimyasal işlemlerin bir kombinasyonu gibi görünse de mekanizma tam olarak anlaşılabilmiş değildir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Yavaş kum filtrasyonu için tipik dizayn kriterleri

Design criterion	Normal range
Filtration rate	0.04–0.4 m/h
Sand media	
Depth	0.5–1.5 m
Effective size	0.15–0.40 mm
Uniformity coefficient	1.5–3.6
Gravel media	
Depth	0.2–1 m
Graded	Fine to coarse (top to bottom)

Source: Letterman, 1991; Cleasby & Logsdon (1999)

Yavaş kum filtrasyonu ile parçacıklar tutulur. Kum yatağının üzerindeki tabaka biyolojik olarak aktif durumdadır. Ölü ve canlı mikro organizmalar ve makro

organizmaları barındırır. Filtrasyon işlemi boyunca çöken maddeler birikip arttıkça filtrasyon verimi de düşer, bir süre sonra kullanılamaz duruma gelir. Genel olarak tipik bir filtre, su kalitesine bağlı olarak altı ay boyunca kullanılabilir. Yavaş kum filtrasyonu, mikroplara karşı bazı koruma şekillerini oluşturur. Eğer su, fazla miktarda parçacıklar içeriyorsa, yardımcı olarak fiziksel arıtma işlemleri kullanılabilir.

Bu filtrasyonda mikroplardan arıtma işlemi önemli olduğu kadar bulanıklığın giderilmesi de çok önemlidir. Bulanıklığın tam olarak giderilememesi, filtre içinden geçen suda bulunan ince kil tanelerine bağlıdır (Taner and Ongerth 1990).

2.2.5.6 Prekot Filtrasyon

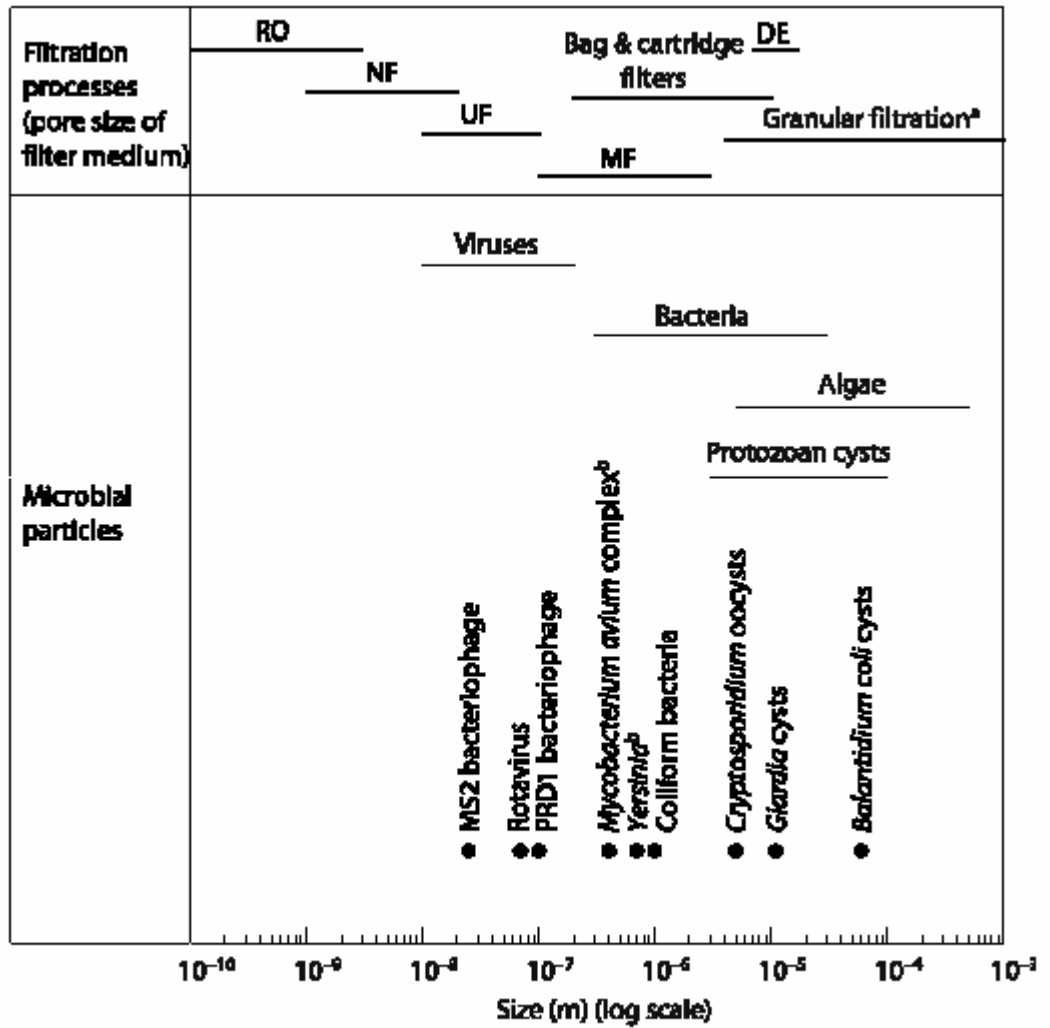
Prekot filtrasyon, 2.Dünya Savaşı sırasında Pasifik bölgesinde görülen “*Entamoeba histolytica*” adı verilen bir paraziti, içme suyundan uzaklaştırmak için Amerikan ordusu tarafından kullanılmış bir filtrasyon sistemidir. Su, bir basınç veya vakum uygulanarak geçirgen, rijit bir malzeme üzerine kaplanmış filtre ortamından geçer. Kaplanmış filtre ortamları genelde perlit içerir. Su geçerken fiziksel kirlilik oluşturan mikroplar ve diğer parçacıklar yüzeyde tutulur. Bir solüsyon da sisteme ilave edilerek devamlı surette filtrenin geçirgenliği sağlanır.

Filtre verimi, kaplama malzemesinin ebatlarına, mikrobun boyutuna bağlıdır. Diğer faktörler filtre ortamı, filtre oranıdır. Suyun iyi kalitede olup bulanıklığın düşük olması da oldukça önemlidir. İçme suyunun iyileştirilmesinde kullanılan diatomitin gözenek çapı 7-17 mikron arasındadır. Prekaryot filtrasyon ile protozoa bakterisi olan “*Giardia*” etkili şekilde elimine edilebilirken başka bir bakteri olan “*Cryptosporidium*” u elimine etmek daha güçtür. Çünkü daha küçük boyutlara sahiptir.

Bu tür filtreler kimyasal işlemde geçirilmezse çok küçük parçacıkları uzaklaştırmak çok zor olur. Kimyasal işlemler için alüminyum veya demir koagulantlar veya katyonik polimerler kullanılır.

2.2.5.7. Membran Filtrasyon

Membran filtrasyonunda, ince-yarı geçirgen film; sudaki kirlilikleri uzaklaştırmak için kullanılır. Bazı kirlilikler membran prosesiyle bile uzaklaştırılmaz. Membran proses türleri; Şekil 2.8’de görüldüğü gibi mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF), ve ters ozmoz (RO) dur. Mesela RO sudaki tuzları uzaklaştırmak için kullanılırken, NF ise yumuşamayı sağlamak için kullanılır.



DE = diatomaceous earth; MF = microfiltration; NF = nanofiltration; RO = reverse osmosis; UF = ultrafiltration.

Şekil 2.8. Mikrobiyal taneciklerin boyutları ve filtre ortamının gözenek boyutu.

Membran filtrasyonu mikrobiyal patojenleri boyutlarına göre ayırır. Gözenek boyutundan büyük boyuta sahip olan mikroplar yüzeyde tutularak uzaklaştırılır.

Kimyasal koagulasýona ihtiyaç duyulmaz. n hazırlık işlemlerine örnek olarak mikrosüzme, pH ayarlanması, biosit (klor veya bakır sülfat) ilavesi olabilir. Eğer kaynak suyun kalitesi çok düşükse daha teknik hazırlık işlemlerine (koagulasyon, çöktürme) ihtiyaç duyulabilir (izelge 2.5). Por çapına bağlı olarak en etkili arıtma işlemi sırasıyla RO, NF, UF ve MF dir (Taylor and Weisner 1999).

Çizelge 2.5. İçme suyu işleminde kullanılan ana membran filtrasyon prosesi

Type	Operating pressure ^a (kPa)	Pore size ^b (µm)	Primary applications	Microbes removed
MF	30–50	≥ 0.1	Removal of particles and turbidity	Algae, protozoa and most bacteria
UF	30–50	≥ 0.01	Removal of dissolved nonionic solutes	Algae, protozoa, most bacteria and viruses
NF	500–1000	≥ 0.001	Removal of divalent ions (softening) and dissolved organic matter	Algae, protozoa, most bacteria and viruses
RO	1000–5000	≥ 0.0001	Removal of monovalent ions (desalination)	Algae, protozoa, most bacteria and viruses

MF = microfiltration; NF = nanofiltration; RO = reverse osmosis; UF = ultrafiltration

2.2.6 Seramik Köpükler

Hücresel katılara bakıldığı zaman, yük taşıyıcı eleman olarak elik, beton, cam gibi yoğun katılar kullanılırken doğada benzer görevi üstlenen elemanlar odun, kemik vb. yapılardır. Gözenekli yapıların, tokluk, mukavemet gerektiren yerlerde kullanımı sınırlıdır.

Hücresel (gözenekli) seramikler, poligonların (hücrelerin) farklı şekilde düzenlenmelerinden oluşur. Başlıca iki gruba ayrılır; bal petekleri ve köpükler. Bal peteğinde hücreler iki boyutlu bir düzen oluştururken köpüklerde delikli poligonlardan oluşan üç boyutlu bir yapı vardır. Köpükler türlerine göre farklı kategorilere ayrılırlar. Eğer köpükte sadece hücre (gözenek) sınırları varsa bu malzemeye açık gözenekli malzeme, sadece hücre yüzeyleri bulunuyorsa o zaman kapalı gözenekli malzeme denir. Bağımsız, bireysel hücreler de birbirinden ayrı pozisyonlardadır.

Köpükler kısmi açık kısmi kapalı gözenekli olabilir. Böyle gözenekli ağ yapısına sahip malzemeler düşük kütle, düşük yoğunluk ve düşük termal iletkenliğe sahiptir. Geçirgenlik özelliğine göre farklılık gösterirler. Ne kadar çok açık gözeneğe sahipse geçirgenlik de o ölçüde artar. Uygun seramik malzeme, uygun sünger ve uygun proses sonucu gözenekli seramikler; daha yüksek mukavemete, kimyasallara ve yüksek sıcaklığa karşı daha yüksek dirence ve yüksek yapısal homojenliğe sahip olurlar. Böyle özellikler, seramik köpüklerini pek çok uygulama için cazip hale getirir. Hem açık gözenekli hem de kapalı gözenekli köpükler; ısı yalıtım malzemeleri olarak fırınlarda, uzay araçlarında, ateşten koruyan malzemelerde düşük kütleli fırın elemanı olarak kullanılabilir. Açık gözenekli seramikler, en sık olarak erimiş metal ve Diesel motor filtrelerinde kataliz destekleyicisi olarak ve endüstriyel sıcak gaz filtrelerinde kullanılır. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak biomedikal ve elektronik alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır.

Köpükler ticari olarak satılmaktadır. Özel uygulamalar için kordierit, müllit, silikon karbür, alümina, kısmi stabilize zirkonya, SiC-alümina, alümina – zirkonya, alümina- müllit, müllit- zirkonya gibi özel şekillerde üretilmektedir (LeChevallier and Keung 2004).

2.2.6.1. Isı Yalıtımı

Termal stabilite, düşük termal iletkenlik, düşük yoğunluk, düşük termal şok direnci, düşük gaz adsorpsiyonu, düşük spesifik ısı gibi spesifik özellikler nedeniyle bu köpüklerin temel uygulama alanı, ısı yalıt-kanlarını üretmektir. Refrakter köpük için karbon, oksit, oksit olmayan yapılar gibi pek çok farklı malzeme üzerinde araştırmalar devam etmektedir.

2.2.6.2. Erimiş Metal Filtrasyonu

Döküm işlemi esnasında köpük seramik filtreler, metal olmayan inklüzyonları ortamdaki uzaklaştırarak hem kaliteyi hem de üretim prosesini iyileştirirler.

Filtreler, alüminyum, titanyum, hafniyum ve karbon içeren erimiş metallerin yüksek sıcaklıkta saldırısına karşı da dirençli olmalıdır. Termal şok davranışı da oldukça önemli bir konudur. Gözenek boyutu ile direk olarak orantılıdır. Gözenek boyutu arttıkça şok direnci de artar. Yoğunlukla da birebir olmasa bile yine orantılıdır. Yoğunluk arttıkça artar (Çizelge 2.6).

Yüksek performans uygulamalarında yüksek sıcaklık kontrol seramik filtrelerinin işe yaraması beklenir. Sıcak gaz filtrasyonunun gelişmesi ve daha verimli şekilde uygulanabilmesi özel yüksek sıcaklık malzemelerinin dizaynına ve kullanımına bağlıdır. Başarılı bir uygulama için sadece filtrenin istenilen süzme işlemini yapması yeterli değildir. Seramik malzemenin termal, kimyasal ve mekanik stabilitesinin yanında uzun dönem yapısal kararlılığa da sahip olması gerekir.

Filtreler ortamdaki gaz kimyası, sıcaklık ve basınç etkisine karşı dayanıklı olmalıdır. Bununla beraber yüksek süzme gücüne, yüksek akış kapasitesine sahip olmalıdır. Uygulama esnasında filtre; mekanik, titreşim, termal stress gibi pek çok strese maruz kalabilirler. Böyle uygulamalarda en temel maddeler; alümina, müllit, kordiyerit, silikon nitrür ve silikon karbürdür. Oksit olmayan malzemelere göre alümina/müllit ve kordieritin pek çok belirgin avantajı vardır. Bu oksitler, ileriki faz geçişlerinde bile değişmeyen kararlı oksit fazlarına sahiptirler. Alkali gaz fazına maruz kaldıklarında bile fiziksel bütünlüklerini, yapılarını korurlar (Montanaro vd 1998).

2.2.6.3. Üretimi

Gözenekli seramik malzemeleri üretebilmek için pek çok yöntem söz konusudur; kapsülsüz HIP, süs-pansiyonda veya ısısal işlemler esnasında yaş bünyede hava kabarcıkları oluşturmak, kontrollü sinterleme, pişirmeden önce yapıya granüller veya fiberler eklemek, aerogel ve sol jel metodları, farklı organik katkıların pirolizi ve polimerik sünger metodu (Montanaro vd 1998).

Çizelge 2.6. Erimiş Metal Filtrelerin Bazı Özellikleri.

Marka	Kompozisyon	Uygulama	Özellikler
Celtrex	%55Al ₂ O ₃ %38 SiO ₂ %7 MgO	Demir alaşımları	Eskime oranında azalma.
Corning	%77Al ₂ O ₃ %23 SiO ₂	Düşük karbon alaşımları Paslanmaz çelik	1675 °C ye kadar dökülebilde sıcaklığı.
Cerapor	Alümina, SiC, ZrO ₂ Kordiyerit	Alüminyum, demir, bakır, bronz, çelik, çinko	Laminatlı 2'li veya 3 lü gruplar
Udicell	Alümina, Müllit, ZTA, PSZ	Süper alaşımlar, Düşük karbonlu çelikler	120 ton lara kadar büyük hacimler.
Alucel	Müllit fazla beraber %92 Alümina	Nonferrit alaşımlar	Gelişmiş termal şok direnci.
Sele	Alümina, PSZ	Alüminyum, demir, Çelik	Yüksek akış oranları

2.2.6.3.1. Polimerik Sünger Metodu

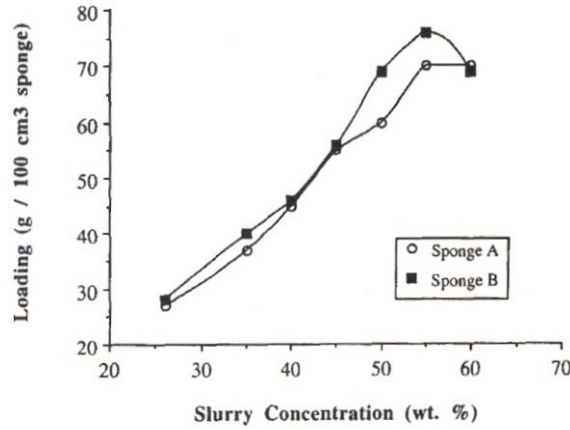
Bu metod, 1963 yılında patent almıştır. Polimerik sünger, hazırlanan seramik süspansiyonuna iyice daldırılarak emdirilir. Kurutma ve ısısal işlemin sonunda organik kısım tamamen yanarak geriye sinterlenmiş seramik yapı kalır.İstenilen özelliklerde bir ürün eldesi için çok önemli bazı parametreler vardır: Polimerik süngerin seçilmesi, seramik süspansiyonun hazırlanması, emdirilme, kurutma işlemi, organiklerin yanarak uzaklaşması ve seramik yapının sinterlenmesi.

Açık gözenekli, yarı açık gözenekli, kapalı gözenekli sünger malzemesi istenilen ürüne göre seçilebilir Süngerlerin porozitesi pişirim sonucunda seramik yapının gözenekliliğini belirtir. Sünger, düşük sıcaklıkta seramik iskelet yapısına hiçbir zarar vermeden, herhangi bir yan ürün (kalıntı) bırakmadan tamamen yu-muşayarak yanmalıdır. Hidrofobik davranışı ve uniform olarak tamamen kaplanabilmesi önemli özellikleridir.

Poliüretan, selüloz, polivinil klorid, polistern, lateks gibi pek çok polimerik sünger bu özelliklere sahiptir. Bazı durumlarda polisilan, polikarbosilan gibi süngerimsi polimerler piroliz yöntemiyle silikon karbür köpüklerinin hazırlanmasında kullanılırlar. Kompozit köpük, pirolize edilmiş porlu yapıların, seramik süspansiyonun (α -alümina) içine daldırılmasıyla elde edilir. Uygun seramik süspansiyonu hazırlamak, süspansiyonun polimerik duvarları homojen şekilde kaplaması, kolaylıkla sinterlenerek yoğun seramik ağ yapısına dönüşebilmesi ve dayanıklı olması çok önemlidir. Süspansiyon yaygın olarak toz hammaddeler dispersiyon ortamı ki genelde su ve bazı katkılardan oluşur. İki tip ortam vardır; sulu ve susuz. Elde edilmek istenen ürün özelliklerine göre bu ortam seçilir. Tane boyutu 45 mikronun altında olan tozların seçilmesi uygundur. Böylece daha homojen bir kaplama sağlanabilir.

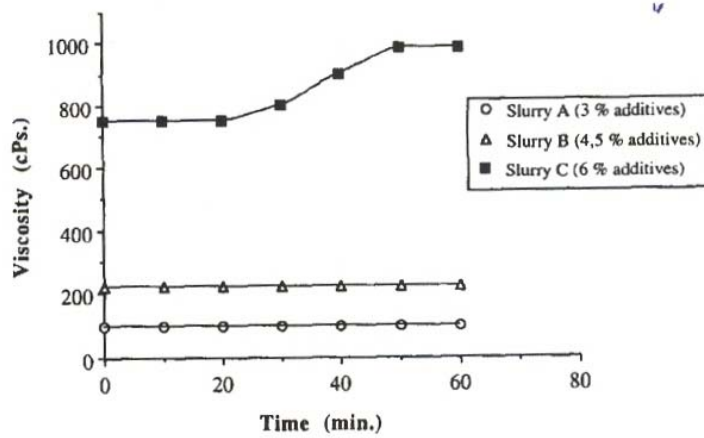
Sünger tarafından emilen miktar bazı faktörlere bağlıdır. Emme kuvveti ki süngerin açık porozitesinin artmasıyla optimize edilir. Süspansiyonun konsantrasyonu ile doğrudan ilişkilidir. Katı miktarı değişmekle birlikte ağırlıkça %50-70 arasındadır. Daha yüksek katı konsantrasyonlarda süspansiyon daha viskoz hale gelir; Şekil 2.9'daki gibi tanecikler süngere girmekte zorlanırlar ve süngerin yükleme kapasitesi düşer. Kaplama performansını veya sinterlenmiş nihai ürünün özelliğini arttırmak için farklı katkıları kullanılabilir.

Bağlayıcı, seramik yapıya kurutmadan sonra mukavemet kazandırırken organik kısmın yanması esnasında yapının çökmesini engeller. Viskoziteyi ayarlayabilmek için bazı katkıları kullanılır. Sünger, süspansiyona daldırılınca çözelti süngerin içini tamamen doldurmalı ve statik etkiler altında da sünger içinde kalabilmelidir. Yüksek viskoziteli bir süspansiyon, süngerin esnekliğini azaltabilir; orijinal haline dönmesi zorlaşabilir.

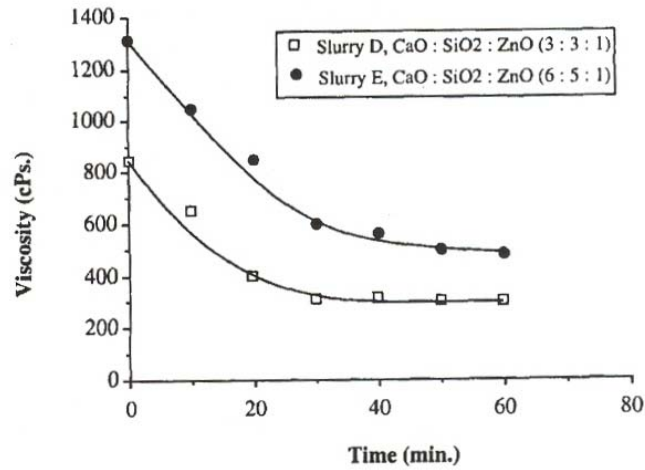


Şekil 2.9. Çamur konsantrasyonu ve tanecik yüklemesi arasındaki ilişki.

Yapılan çalışmalar neticesinde sodyum karbonat içeren bir döküm çamurunda katı oranının %45 ten fazla olması durumunda viskozitede belli bir artış gözükmemektedir. Poliüretan süngerin α -alümina süspansiyonuyla kaplanması durumunda katı miktarı ağırlıkça %60-70 tir.Kil, kalsiyum, çinko tuzları gibi farklı katkıları kullanılır.Şekil 2.10 ve Şekil 2.11 'deki gibi viskozitede farklılıklar görülür. Kil ilaveleri %6 dan sonra Newtonian davranışına sebep olurken, kalsiyum ve çinko ilaveleri ise tiksotropik davranışa sebep olur. Viskozite değerlerini kısıtlarlar. Optimum süspansiyon reçetesi, ağırlıkça katı madde bazında %40 sera-mik tozu (alumina veya alumina/zirkonya) içerir. %2 polielektrolit ve %1 PEO (polietilen oksit) içerir.



Şekil 2.10.Alümina kil çamuru için zamana karşılık viskozite grafiği.



Şekil. 2.11. CaO, ZnO ve SiO₂ içeren alümina çamurunun zamana karşılık viskozite grafiği.

Uygun koşullarda suspansiyonlar hazırlanarak köpük içine batırılır. İyice süngere emdirilir; tüm gözeneklerin dolması sağlanır. Sonra emilen fazla miktar sıkıştırılarak atılır. Pişirim işlemi oldukça hassas ve önemlidir. İki kısımdır. İlk kısım olan 300 °C civarında poliüretan sünger yavaşça, yapıya zarar vermeden dekompoze olarak yanar, daha sonra yavaşça istenilen yük-sek sıcaklıklara çıkılır, yapı sinterleşerek yoğunlaşır. Müllit için gerekli olan sıcaklık 1550 °C civarındadır. Alümina, alümina – zirkonya süngerleri için fırın rejimi şöyle ayarlanabilir; 550 °C ye kadar dakikada 1 °C ısıtma; 550 °C-1600 °C arası 2 saat ve 1600 °C de 1 saat bekletme (Montanaro vd 1998).

Çizelge 2.7 Bazı Müllit Süspansiyonlarının Özellikleri

Katı kons. Müllit(%Ağ)	Katkı (%Ağr.)	Viskozite (mPas) 20 s ⁻¹ 20 °C	Kaplanma
70	Polielektrolit (Darva C): 2	150 Newtonian	Kötü, kesik kesik
70	Polielektrolit (Darva C): 2 Süfektant (Silikon Tip): 1	520 Newtonian	Kötü, kesik kesik
70	Polielektrolit (Darva C): 2 Karboksimetilselüloz : 0.8	1500 hafif tiksotropik	Önceki kaplamalardan daha iyi
70	Polielektrolit (Darva C): 2 Karboksimetilselüloz : 1.6	6300 hafif tiksotropik	Önceki kaplamalardan daha iyi
70	Polielektrolit (Darva C): 2 Karboksimetilselüloz : 1.5	8300 tiksotropik	Önceki kaplanmalardan daha iyi fakat 50ppi den yüksekte tam homojen kaplanamıyor.
70	Polielektrolit (Darva C): 2 Karboksimetilselüloz : 1	8600 tiksotropik	50ppi den düşük köpüklerde iyi kaplanma
70	Polielektrolit (Darva C): 2 Polietilenoksit M.W:100000:1	130 pseudo plastik	50 ppi den yüksek köpüklerde iyi kaplanma

2.2.6.3.2. Baloncuk Oluşturma

Bu metod, 1973 yılında patent almış bir tekniktir. Belirli maddelerin ilavesiyle hazırlanan kimyasal karışımda gazın etkisiyle baloncuklar oluşur ve malzeme köpük halini alır. Killer; kalsiyum karbit, kalsiyum hidroksit, alüminyum sülfat ve hidrojen peroksit karıştırılır. Asitli bir ortamda magnezyum, kalsiyum, krom, manganez, demir ve kobalt hidrojen gazı oluşturmak için ortama ilave edilir. Köpükleştirici olarak, silika jel, karbon siyahı, talk, mika vb. kullanılırken freon çözeltiliye küçük damlalar halinde ilave edilerek disperse olur. Bir surfektant freonu disperse eder, gaz baloncuklarını da stabilize eder.

Polimerik sünger metoduyla kıyaslandığı zaman daldırma (emdirme) tekniğı ile oluşamayan küçük boyutlu, kapalı gözenekler meydana gelir. Bu yöntemle basınç sensörleri için gözenekli PZT malzemesi geliştirilmiştir. Ham bünyede düşük sıcaklıkta bir genleşme oluşturabilecek organik bir katkı seğıilmiştir. Kullanılan seramik tozun tane boyut dağılımı 1.5 mikrona yakındır. Köpük oluşturucu madde ile seramik toz etil alkol içerisinde karıştırılır. Organik katkı, bu ortamda çözünmez. Etüvde kurutmadan sonra karışım 100 mikron altına öğütölür ve 100 MPa basınç altında preslenir. Bu aşamada mikroyapıyı seramik taneleriyle iyi disperse olmuş organik parçacıklar oluşturur.

Daha sonra, organik katkının yüksek viskoziteli sıvıya dönüşerek seramik taneciklerinin etrafını sarabilmesi için ısıtıl işlem uygulanır. Isıtıl işlem esnasında organik katkı (glusit grubundan) yüksek viskoziteli sıvı oluşturur ki böylece ham/yaş bünzenin şekli bozulmaz. Ne belirgin bir deformasyon ne de dekompozisyon esnasında çıkan gazlardan dolayı çatlıklar oluşur. Üstelik sıcaklık düşürölldüğü zaman organik katkı bir bağlayıcı gibi davranır (Montanaro vd 1998).

2.2.7 Filtrelerin Performansları

Bir parçacık, filtre ortamına geldiği zaman sadece teması, yani canlıyla filtre yüzeyinin teması yetmez. Bu canlının yüzeye tutunması da gerekir. Yeterli bir sürtünmenin olması gerekir. “ α ” değeri bu sürtünme oranını temsil eder. İçme suyu filtrasyonunda, kimyasal koagülasyon işlemleri, yüzeye tutunma verimliliğini de arttırmaları. Eğer bu koagülasyon optimize şartlarda olursa “ α ” değerini de belli bir oranda arttırabilir (Al-An 1986;Ongerth, 1990).

Mikrobiyal kirliliklerin filtre ile uzaklaştırılmasında çok önemli parametreler de vardır. Koagülasyon durumları, filtrasyon oranı, filtre ortamının kalınlığı, su sıcaklığı filtre verimini etkiler.

Tane Boyutu: Canlının ortamdan uzaklaştırılırken, tane boyutunun çok önemli etkisi vardır. Mikronaltı parçacıklar; örneğin virüsler filtre ortamından moleküler difüzyonla yani Brownian hareketiyle geçerler. Böyle küçük parçacıklar için uzaklaştırma verimi, parçacık boyutu arttıkça düşer. Çünkü küçük parçacıklar, geniş parçacıklara göre daha kolay ve hızlı difüze olurlar. Birkaç mikrondan büyük mikropolar; “Protozoa” ve “Alg” ler gibi –interception-ile uzaklaştırılabilir. Bu uzaklaştırmadaki verim mikrobiyal boyutlar arttıkça artar. Çünkü büyük parçacıklar filtre ortamı tarafından daha kolay tutulurlar. Eğer filtre, optimal kimyasal koagülasyon şartları altında çalışıyorsa bakteri uzaklaştırılması yüksek düzeyde gerçekleşir. Bakterilerin uzaklaştırılmasında yer çekiminin çok büyük etkisi yoktur eğer daha büyük parçalarla beraber bulunmazlarsa.

Filtrasyon oranı, parçacığın boyutuyla birebir ilişkilidir. Birkaç mikrondan büyük olan parçacıklar ki eğer suyun yoğunluğuna yakın bir yoğunluğa sahip iseler bunların uzaklaştırılması sadece –interception- ile mümkündür. Filtrasyon oranına pek bağlı değildir. Eğer filtrasyon oranı 5m/h den 20 m/h ye çıkarılırsa sadece tutulma olayı biraz düşer. Örneğin “Giardia”ların tutulması 5 m/h filtrasyon oranında 4.03 log iken; oran 10m/h de 3.58log ve filtrasyon oranı 20 m/h ye çıkarıldığı zaman tutulması da 3.22 log’a düşer.

Filtre ortamı, boyutu ve kalınlığı da çok önemlidir. Ortamın boyutunu arttırıp azaltma, kalınlığı değiştirmek de tutulmayı değiştirir. Boyut arttırılırsa, bakterinin tutunma yüzeyi de artmış olur. Eğer azaltılırsa parçacıklarla, filtre ortamı arasındaki temas yüzeyi de azaltılmış olur.

Sıcaklık: Sıcaklık, mikronaltı parçacıkların uzaklaştırılmasında etkili olurken boyutu 1 mikrondan büyük olanlarda hiçbir etkisi yoktur. Örneğin sıcaklık 20 C den 5 C ye düşürülürse, MS2 kod adı verilen bakterinin tutulması da 6.38 log dan 4.66 loga düşer. Cryptosporidium lar için bu oran 1.44 logdan 1.31 loga düşmüştür. Burada fark çok azdır; buna sebep mikronaltı parçacıkların tutulmasının difüzyon yoluyla olması ve difüzyonun da sıcaklığa bağlı olmasıdır. Sıcaklıktaki artış, suyun viskozitesindeki azalış ve difüzyon hızlı birbirini etkiler. Daha büyük parçalar için tutulma olayı –interception- ile gerçekleştiği için sıcaklığın bir fonksiyonu yoktur (LeChevallier ve Keung 2004).

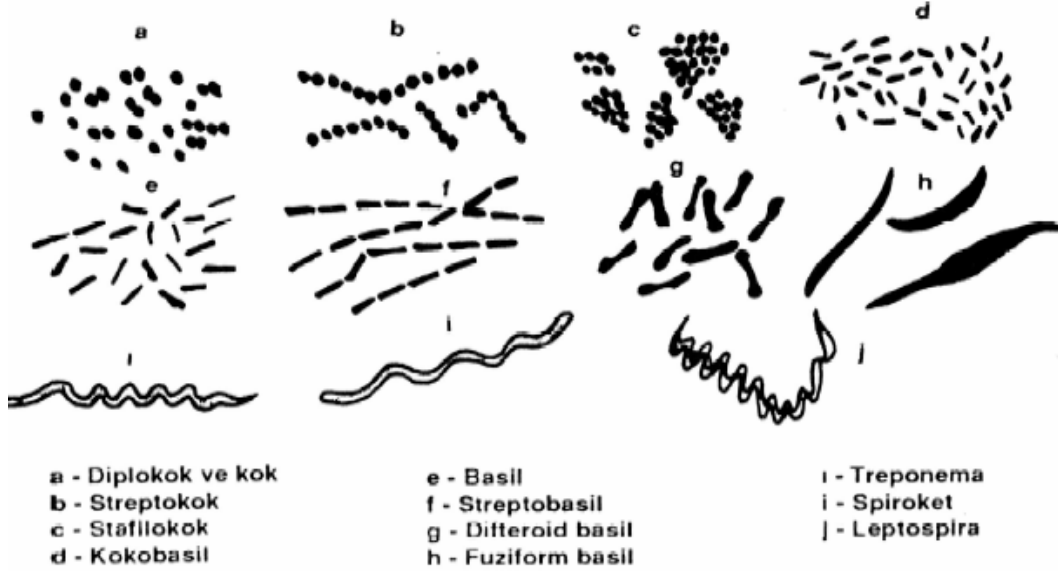
2.3. Bakteriler

Bakterilerin yapı ve fizyolojileri ünitesinde, bakteri hücresinin yapılarını, yapılarına ilişkin fonksiyonları, metabolizmalarını göreceksiniz. Bakteriler, organik, inorganik maddeler ve su içerirler. Organik maddelerin başlıcaları protein, karbonhidrat, lipid ve nükleik asitlerdir. Bakterilerin beslenme ve üremeleri için besin kaynaklarına ve özel çevre faktörlerine gerek vardır. Bakteri metabolizmasında enzimlerin rolü önemlidir ve bir çok enzim sistemi metabolik aktivite için gereklidir. Bakterilerin uygun çevre koşullarında metabolizmaları hızlanır, hacimleri artar, nükleustan başlamak üzere ikiye bölünürler. Sıvı bir ortama ekim yapılarak bakterilerin üremelerini izlemek mümkündür (Akşit 1996).

2.3.1 Bakterilerin Yapısı

Bakteriler mikroskobik görünüm bakımından yuvarlak, çomak ve sarmal şekiller olmak üzere üç ana grupta toplanırlar.

Yuvarlak Şekilli Bakteriler (Koklar) : Ortalama 0.8-1.5 mikrometre (μm) boyutlarında yuvarlak şekilli bakterilerdir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Bakterilerin çeşitli şekil ve dizilişleri

Koklar ikili (diplokok), zincir şeklinde (streptokok) veya üzüm salkımı şeklinde (stafilokok) diziliş gösterebilirler. Diplokoklar, yuvarlak bakterilerin bölünmeleri esnasında birbirlerinden ayrılmayarak ikişerli olarak kalmaları sonucu oluşur. Örnek olarak, *Streptococcus pneumoniae*, ters mum alevi şeklinde dizilim gösteren diplokoklardır.

Üremeleri bir çizgi boyunca bölünmek suretiyle gerçekleşen yuvarlak şekilli bakteriler bir zincir oluşturur. Bu görünüme Streptokok denir. Bu gruba örnek olarak, irinli enfeksiyonlarda etken olan *Streptococcus pyogenes*'i verebiliriz.

Bazı yuvarlak şekilli bakteriler üç boyut halinde de üreyebilirler. Bunların dizilimi üzüm salkımını andırdığından stafilokoklar olarak adlandırılır. *Streptococcus aureus*, bu grubun tipik örneğini oluşturur.

Çomakcık Şeklindeki Bakteriler (Basiller): Silindir şeklindeki bakterilerdir. Ortalama 0,5-1 μm . eninde 1-5 μm boyundadırlar. Kokobasil şeklinden büyük bir

basil şekline kadar değişen uzunlukta olabilirler. Zincir biçiminde ve uc uca dizilebilirler. Bu görünüm streptobasil olarak tanımlanır.

Sarmal Şekilli Bakteriler: Sarmal bakteriler yalnız bir kıvrımlı olabildiği gibi, bazen de 10-15 kıvrıma sahip olabilirler. Sarmal bakteriler iki gruba ayrılır. Birinci grupta vücutları yumuşak, bükülebilen ve kıvrılarak yılanı hareket edebilen bakteriler (spiroketler), ikinci grupta ise sert vücutlu, kıvrılmayan sarmal şekilli bakteriler bulunmaktadır. Kolera etkeni tek kıvrımlı bu tür bakterilere örnek verilebilir (Akşit 1996).

2.3.2 Bakteri Hücresinin Yapısı

Bakteriler prokaryot hücre yapısındadırlar. Protozoonlar, algler, mantarlar ve gelişmiş canlıların hücreleri ise ökaryot hücre yapısındadır. Prokaryot ve ökaryot hücre arasında benzerlikler olmakla birlikte, 1. ünite de kapsamlı olarak açıklandığı gibi önemli farklılıklar bulunmaktadır. Genel olarak prokaryot hücre daha basit yapı göstermektedir.

Bakteri hücresinde başlıca şu oluşumlar yer alır: Çekirdek, Sitoplazma , Hücre zarı, Hücre çeperi. Bazı bakteri hücrelerinde ise kapsül, kirpikler, piluslar bulunur ve spor oluşturabilirler.

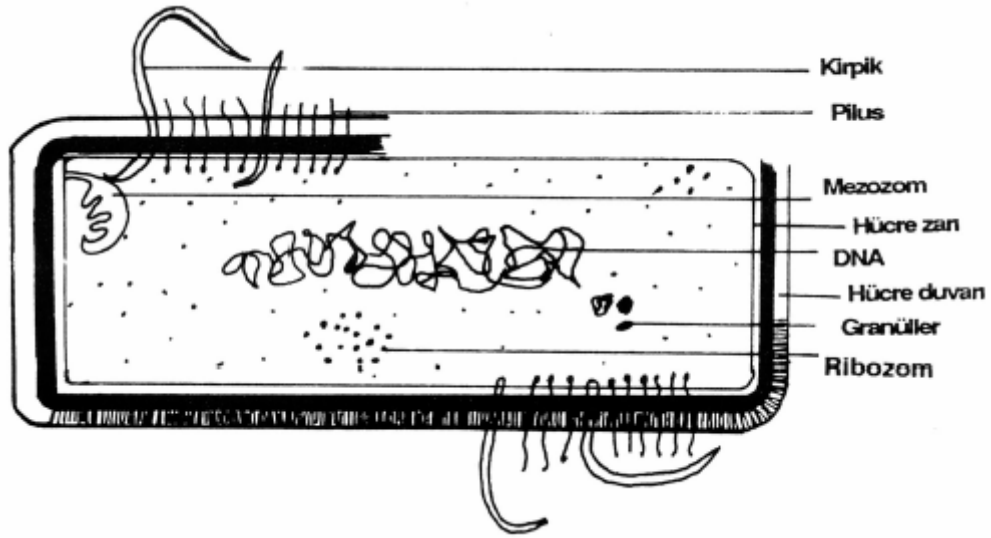
■ **Çekirdek (Nükleus):** Elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde bakteri kromozomu hücrenin ortasında, 1 mm. uzunluğunda, çift iplikli tek bir DNA molekülünden oluşmaktadır. Bakteri DNA'sı çembersel yapıda ve bir yün yumağı gibi birbiri üzerine sarılmış halde bulunur. Bakteri çekirdeğinde kromozomun etrafında bir nükleoplazma ve bunu çevreleyen çekirdek zarı yoktur. Bakteri DNA'sı sitoplazma zarında bulunan septal mezozoma bağlıdır. DNA sentezi bu bağlantı noktasından başlar. Bakteri hücresinde mitoz aygıtı yer almaz.

■ **Sitoplazma:** En önemli özelliği çok yüksek osmotik basınca sahip olmasıdır (5-20 atmosfer). Endoplazmik retikulumu bulunmaz. Ribozomları vardır. Golgi

aygıtı,mitokondri, sitoplazma hareketi ve vakuolleri yoktur. Bakteri sitoplazmasında eskidikçe çoğalan çeşitli granüller (tanecikler) oluşur. Granül oluşumu bakterinin ürediği ortamla ilgilidir. Özellikle iyi üreme koşullarında bakterilerin sitoplazmalarında madde birikimleri olur. Bu oluşumlar inklüzyon granülleri adı da verilmektedir. Bakterilerin tanımlanmalarında yararlanılan yapılardır. Bu konuda en güzel örnek difteri basilidir.

Hücre Zarı (Sitoplazmik Zar): Sitoplazmanın etrafını saran bir zardır. Temel yapısını fosfolipid ve proteinler oluşturur. Prokaryot hücre zarı ile ökaryot hücre zarları arasında pek fark yoktur. Prokaryot hücre zarı ökaryot hücreden farklı olarak sterol içermez.

Sitoplazma zarı bazı bölgelerde bakteri içerisine doğru uzantılar meydana getirir. Bunlara mezozom adı verilir. Sitoplazma zarında iki tip mezozom yer alır (Şekil 2.13). Bunlardan septal mezozom DNA'nın bölünmesinde rol oynamaktadır (Akşit 1996).



Şekil 2.13 Bakteri hücresinin ince yapısı

2.3.3 Mikroorganizmaların Beslenmesi ve Üremesi için Gerekli Maddeler

■ **Su:** Bakterilerin %70 -90'ını oluşturan su, beslenme ve üreme için gerekli temel maddedir. Ortamdaki besin maddelerinin kullanımı, suda çözülmüş olarak sağlanır. Enzimatik ve metabolik aktivitelerin devamı için su gereklidir.

■ **Karbon Kaynağı:** Bütün mikroorganizmaların bir karbon kaynağına gereksinimleri vardır. Bu amaçla farklı karbon kaynakları kullanılabilir. Ototrof mikroorganizmalar, CO₂ veya karbonatlardan, heterotroflar, organik karbon kaynaklarından yararlanırlar.

■ **Azot Kaynağı:** Mikroorganizmaların protein, nükleik asit ve enzim yapılarında yer alan azot için, bazı mikroorganizmalar atmosfer azotunu kullanırlar. Birçoğu ise, amonyum tuzları veya nitrat, nitrit ve amino asitlerde yer alan azottan yararlanırlar.

■ **Mineraller:** Yapı maddelerinin sentezi ve enzim kativiteleri için bazı minerallerin ortamda bulunması gerekir. Başlıcaları kükürt, fosfor ile Ca, Mg, Fe, K, Mn, CO, Cl, Cu, Zn v.b. gibi iyonlardır.

■ **Hidrojen Verici ve Hidrojen Alıcı Maddeler:** Hidrojen alıcı maddeler; oksidoredüksiyon reaksiyonları için gereklidir. Hidrojen alıcı madde, aerop üreme özelliğindeki mikroorganizmalar için oksijen, anaeroplara için inorganik veya organik maddelerdir. Hidrojen verici maddeler; tüm mikroorganizmalar için gerekli olan okside olabilen özelliktedirler ve enerji sağlarlar.

■ **Gelişme Faktörleri ve Vitaminler:** Mikroorganizmalardan bazılarının gelişmesi için gerekli olup, sentez edilmediğinden dışarıdan eklenen organik maddelerdir. Bazı mikropların çok sayıda gelişme faktörüne ihtiyaçları vardır. Pantotenik asit, biyotin, nikotinik asit, PABA, folik asit, glutamik asit, riboflavin, yağ asitleri, hematin v.b. örnek olarak verilebilir.

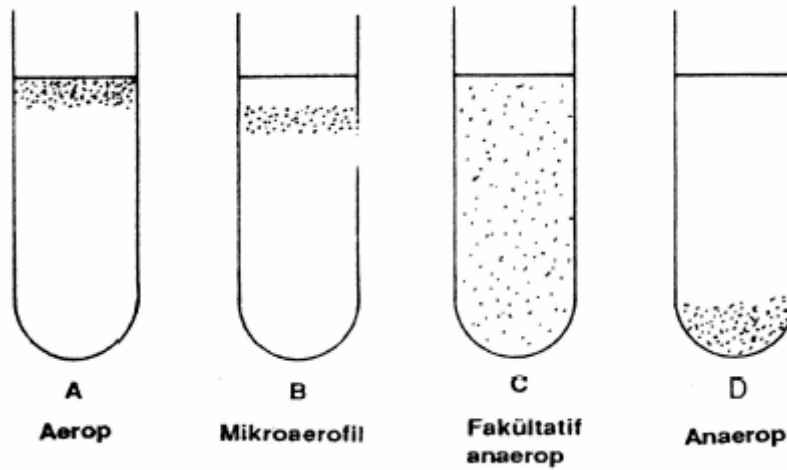
■ **Oksijen:** Mikroorganizmaların biyolojik oksidasyonları için; ya atmosfer oksijeni reaksiyona katılır ya da dehidrojenasyon yolu kullanılır. Oksijen gereksinimi aynı ünite içinde şematik olarak açıklanmaktadır.

■ **Karbondioksit:** Heterotrof bakterilerin çoğu atmosfer CO₂ ile üreyebilirler. Bazıları için CO₂ oranının %10 -20 ye çıkarılması gereklidir. Ototorof bakteriler ise, karbon kaynağı olarak CO₂ 'i kullanırlar (Akşit 1996).

2.3.4 Mikroorganizmaların Üremesine Etki Eden Çevre Faktörleri

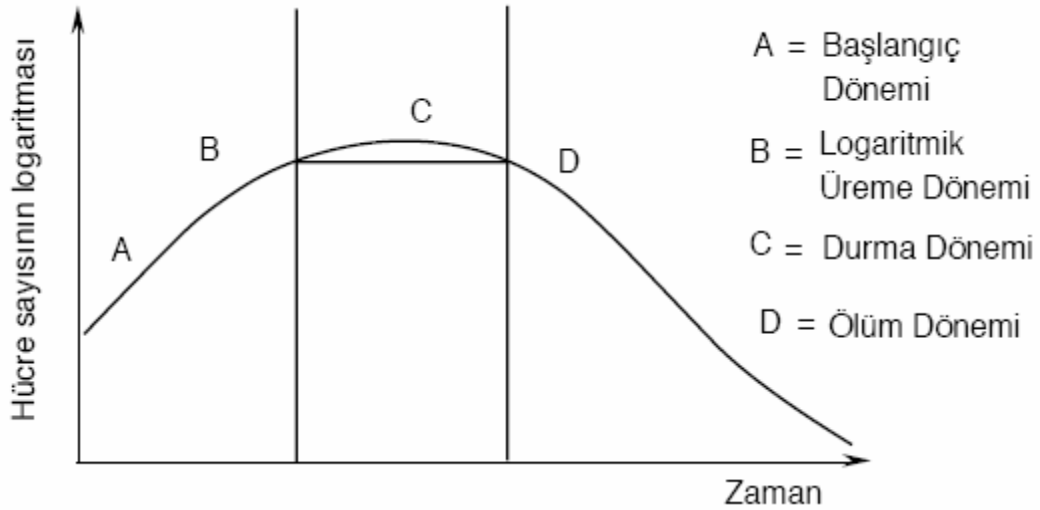
- Isı
- Hidrojen İyonları
- Osmotik Basınç
- Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli

Bakterilerin besleme ve üremeleri için gerekli madde ve çevre faktörlerine bağlıdır. Aşağıdaki Şekil 2.14 ve 2.15 'de bakterilerin oksijen gereksinimlerine göre adlandırılmalarına örnekler verilmektedir.



Şekil 2.14 Sıvı bir ortamda bakterilerin oksijen gereksinimlerine göre üremeleri

Aerob Bakteri	: Üremeleri için oksijene gereksinim duyanlar
Mikroaerofil	: Üremeleri için az miktarda oksijen gerekenler
Fakültatif Anaerob	: Hem oksijenli hem de oksijensiz ortamda üreyebilen bakteriler
Anaerob	: Oksijensiz ortamda üreyebilenler



Şekil 2.15 Bakteri üreme dönemleri

Sıvı besiyerine belirli sayıda bakteri ekilecek ve düzenli aralıklarla bu besiyerinden alınan örneklerde her milimetresindeki bakteri sayısı sayılacak olursa bunların düzenli ve aynı hızda üremedikleri görülür. Bakterilerin üremesi zamana bağlı olarak dört dönem halinde seyir gösterir.

Bakteri üremesinde başlıca dört dönem vardır.

■ **Başlangıç Dönemi:** Bakteri bu dönemde çoğalma için hazırlıklarını yapar. Ortamdaki bakterilerin metabolizmaları artar. Bakteri bu dönemde cinsinin en büyük hacmin ulaşır. Bakterilerin üremesinde yavaş yavaş artma görülür.

■ **Logaritmik Üreme Dönemi:** Bakteri sayısının hızla arttığı dönemdir. Her 20 dakikada bakteri türünün sayıca iki katına çıkar. Bu dönemde bakteri cinsinin hacimce en küçük durumundadır.

■ **Durma Dönemi:** Bakterilerin üremesi devam ederken bir yanda da bakterilerde ölüm görülür. Ölen bakteri ile üreyen bakteri birbirine eşit olduğundan ortamdaki bakteriler sayıca değişmez.

■ **Ölüm Dönemi:** Ölen bakteri hücreleri sayıca artmıştır. Daha sonra üreyen bakteri sayısı sifıra düşer ve bakteri ölümü giderek artar, sonuçta ortamda hiç canlı bakteri kalmaz (Akşit 1996).

2.3.5 İçme Ve Kullanma Sularının Temizlenmesi Ve İstenmeyen Özelliklerinin Düzeltilmesi

İçme ve kullanma suyu kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik özellikleri bakımından tamamen sağlığa uygun olmalı yani berrak, kokusuz, renksiz, lezzeti normal olmalı ve sağlığa zararlı veya kullanılma yerleri için sakıncalı hiçbir madde içermemeli ve içinde hiçbir patojen mikrop ve toksin bulunmamalıdır.

Temizlenmesi gereken sular çok defa renk, koku, bulanıklık veren süspansiyon veya koloidal halde organik ve organik olmayan cisimlerle az çok yüklü bir halde bulunur. Öncelikle suyun fiziksel özelliklerini ve temizleme elemanlarının etkilerini bozan maddelerden kurtararak berrak, renksiz, kokusuz bir duruma getirilmesi gereklidir.

Bu işlem ile suyun fiziksel özelliklerindeki bozukluklar giderilir. Suyun patojen mikroplarının ve parazitlerinin öldürülmesi için dezenfeksiyonu yapılarak tüketime verilecek duruma getirilir. Son olarak eğer gerekiyorsa suyun kimyasal özellikleri değiştirilir. Yani suyun sağlık yönünden eksik olan maddeleri varsa suya ilave edilir, tehlikeli ve zararlı maddeleri taşıyorsa bunlar uzaklaştırılır (Su Hijyeni ders notları 2003).

2.3.5.1 Kokunun Giderilmesi

Arıtma tesisine giren sularda ilk yapılan işlem, suya kötü koku veren ve suda erimiş halde bulunan gazların uzaklaştırılması için suyun havalandırılmasıdır. Su ya fiskiyeler tarzında püskürtülerek veya çağlayan tarzında yükseklikten düşürülerek havalandırılır. Bu işlem esnasında suda bulunan organik maddelerin ve planktonların çürümesinden oluşan, suya kötü koku ve lezzet veren kükürtlü hidrojen, karbon dioksit ve diğer birtakım kokulu gazlar bu şekilde uçurularak uzaklaştırılır. Ancak endüstriyel atık maddelerinin sebebiyet verdiği kokular, bu şekilde önlenemez. Suları aktif kömürden süzerek bu tip kokuların giderilmesine çalışılır.

Havalandırma işleminde sudaki organik maddeler de oksitlenirler. Eğer su, demir ve mangan tuzlarını taşıyorsa bunlar havanın oksijeni ile oksitlenerek suda erimeyen bileşikler haline dönüşürler ve çökerler.



Bu şekilde süzülme esnasında sudan ayrılmaları mümkün olur (Su Hijyeni ders notları 2003).

2.3.5.2 Bulanıklığın Giderilmesi

Bir suyun berrak olması, en önemli temizlik özelliklerinden birisidir. Bu yüzden, temizlenecek bir suda kokunun giderilmesinden sonra yapılacak ikinci önemli işlem bulanıklığın giderilmesidir. Zira suda suspansiyon ve koloidal halde bulunan ve bulanıklığı oluşturan maddeler suyun dezenfeksiyonunda zararlı etkilere sebep olurlar. Bunun için sudan mutlaka bertaraf edilmeleri gerekir.

Suda suspansiyon halinde bulunan maddelerin uzaklaştırılması için su, ya bir kum süzgecinden bir ön süzmeye tabi tutulur ya da büyük havuzlarda uzun süre

dinlenmeye sevk edilerek çökme ile durulmaya bırakılır. Çok kirli sular, bir süre dinlendirilir ya da akma hızları azaltılırsa, içinde bulunan asılı maddeler yavaş yavaş çökeltiye iyileştirilir. Bu çöken maddeler aynı zamanda önlerine gelen mikrop ve benzeri diğer cisimleri de sürüklerler. Barajlar ve dinlendirme havuzlarındaki sular bu şekilde büyük oranda temizlenirler. Buralarda sular çok yavaş ancak saniyede 2-10mm hızla akarlar. Temizlik derecesine göre suyun dinlendirme havuzlarında bekletilme süresi kısa veya uzun olur. Örneğin Thames nehrinden alınan Londra şehrinin içme suyu, 12m. derinlikte, 2 km. uzunlukta, 1.5 km genişlikte büyük dinlendirme havuzlarında 1-2 ay ve hatta nehrin çok bulanık olduğu zamanlarda 6 ay bekletildikten sonra asıl temizleme istasyonuna gönderilmektedir. Bu esnada su, önemli derecede berraklaşmakta, rengi açılmakta, bakteri sayısı da %80-90 oranında azalmaktadır.

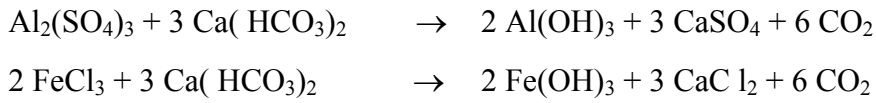
Bu dinlendirme havuzlarında suya renk ve koku verebilen ve suyun sonraki filtrasyonunu güçleştiren yosunların ürememesi için havuzlara beş milyonda bir bakır sülfat katılmaktadır. Buralarda biriken çamurlar da mekanik araçlarla temizlenir.

Sularda, bulanıklık ve renk veren ve koloidal halde bulunan kil ve humus gibi inorganik ve organik maddeler de vardır. Bunlar Brown hareketleri nedeniyle suda asılı halde kalıp çökmeyerek aralarında mikropları da saklayarak suyun dezenfeksiyonunda kullanılan klorun etkinliğini bozarlar. Bunları ne havalandırmayla, ne ön süzmeye ne de uzun süre dinlendirerek durultmayla sudan ayırmak mümkün değildir. Bunları bertaraf edebilmenin tek çaresi, elektriklerini boşaltmak suretiyle birbirleriyle birleştirip topaklaştırarak çöktürmektir.

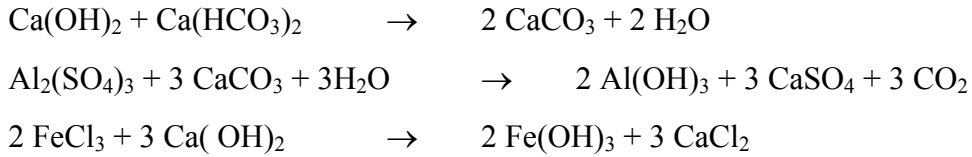
Sudaki koloidal cisimler, özellikle killer negatif elektrik yüklü parçacıklardır. Suyu pozitif elektrik yüklü bir elektrolit konursa, iki farklı yük birbirini nötralize edeceğinden; parçacıkların koloidal hallerini ve dispersiyonlarını sağlayan elektrik yükü ortadan kalkmış olur. Böylece koloidal dengeleri bozulan parçacıklar birbirleri ile birleşmeye, topaklaşmaya başlarlar. Topaklar, diğer

süspansiyon halindeki maddeleri ve mikropları da alarak gittikçe büyüyüp ağırlaştıklarından yavaş yavaş suyun dibine çökerler. Böylece üstte berrak su oluşur.

Bu amaçla kullanılan başlıca alüminyum sülfat, demir 3 klorür ve kireçtir. Bunlardan ilk ikisi toprak alkali bikarbonatlar ile suda pozitif yüklü hidroksitler verirler.



Kireç de kalsiyum bikarbonat ile kalsiyum karbonat vererek çöker.



Gerek alüminyum sülfat ve gerekse diğer maddelerle yapılan bu flokulasyon ve koagülasyon olayında çökme sağlanması için suda yeterli derecede alkali tuzları bulunmalı ve suyun pH'ı 7 den az olmamalıdır. Reaksiyonlarda meydana gelen CO₂ ile ortamın asiditesi artar ve pH düşer. Bunun için suyun pH ı soda veya sodyum alüminatla ayarlanmalıdır. Suyu ilave edilecek çöktürme maddelerinin miktarı, o suyun kimyasal analizinden sonra ayarlanır. Bu, özellikle suyun bulanıklık derecesine (litrede mg olarak SiO₂) tabi olup içindeki organik madde miktarına göre de değişir. Ortalama olarak metreküp başına %2-5 lik çözeltiler halinde 10-50 gr alüminyum sülfat veya 10-30 g demir 3 klorür katılmaktadır.

Su, koagülant kimyasal madde ilavesinden sonra iyice karıştırılarak oluşan topakların dibe çökmesi için, dekantasyon havuzlarına gönderilir. Burada hızı saniyede 4mm yi geçmemek üzere en az 6 saat dinlendirilir. Dekantasyon havuzlarının derinliği, suyun girdiği tarafta daha fazla olmalıdır. Böylece,

topakların %90 ı dibe çökerek bundan sonra geçeceği kum süzgeçleriyle daha kolay ve çabuk temizlenebilir bir duruma gelir.

Alüminyum sülfat ve diğer koagulant maddelerin herhangi bir antibakteriyel etkileri yoktur. Fakat, suyu berraklaştırarak kokusuz ve renksiz bir hale getirmeleri ilk temizleme açısından çok önemlidir. Tam berraklaşmayı ve mikropsuzlaşmayı sağlayamadığı için suların süzülerek ve dezenfekte edilerek son temizliklerinin yapılması gerekir (Su Hijyeni ders notları 2003).

2.3.5.3 Suların Mikrobiyolojik Özellikleri

Bir suyun içilmeye ve kullanılmaya uygun ve temiz olup olmadığına karar verilebilmesi için fiziksel ve kimyasal özellikleri yanında mutlaka mikrobiyolojik özelliklerinin de bilinmesi gerekir. Bunun da anlaşılabilmesi ancak suyun bakteriyolojik ve mikroskopik analizinin yapılmasıyla mümkündür.

2.3.5.4 Suyun Bakteriyolojik Analizi

Suyun bakteriyolojik analizinin birinci amacı, sudaki dışkı orijinli bakterilerin tesbitidir. Ancak bir suyun içilmeye uygun olduğunun ifade edilebilmesi için tek bir bakteriyolojik muayenesi de yeterli değildir. Senenin muhtelif tarihlerinde bu muayenelerin birçok defa tekrar edilmesi gerekir. Özellikle şiddetli yağmurlardan sonra bu muayenelerin yapılması gerekir. Zira bu durumlarda sel suları, su tabakalarına ve kuyulara idrar ve dışkı ile bulaşık suların girmesine en fazla sebebiyet verme tehlikesi yaratırlar.

Normalde suların hepsi bakteri içerirler. Suların içerdiği bu bakterilerin çeşit ve sayısı muhtelif yer ve koşullarda farklılık arz eder. Örneğin yağmur suyu, daha yağmur damlaları halinde yere inerken havayı yıkayarak mikropları bünyesine alır. Yeryüzüne düştüğü andan itibaren de yer yüzünün çeşitli kirlilikleri ve mikroplarını da alarak kirli ve bulaşık bir duruma girer. Toprak tabakalarından

süzülürken şartlar uygunsa mikrop ve kirlerden büyük ölçüde uzaklaşır. Kendi kendine temizlenme olaylarıyla da bu arınmayı en iyi duruma getirmeye çalışır.

Bunlardan dolayı suların bakteriyolojik durumlarının bilinmesinde bir nevi zorunluluk vardır. Suların bakteriyolojik analizleri, su muayenelerinin en önemlisini teşkil eder ve suyun temizliği hakkında en önemli bilgileri verir. Ancak elde edilen sonuçların sadece muayene edilen su numunesine ait olduğu daima hatırdâ tutulmalıdır. Analizin doğruluk derecesi de numunenin usulüne göre alınıp gönderilmesine ve deneyimli bir uzman tarafından zamanında muayene edilmesine büyük ölçüde bağlıdır.

Kısacası; suyun bakteriyolojik özelliklerinin bilinebilmesi yani suyun temizlik veya kirliliğinin anlaşılabilmesi için, içindeki mikropların sayı ve cinslerinin özellikle bunlar arasında patojen mikropların, kirlilik mikroplarının “endikatör mikroorganizmaların” aranması, sayı ve özelliklerinin tayin edilmesi gerekir (Su Hijyeni ders notları 2003).

Bunlar için şu incelemeler yapılır:

- 1) Suyun aerobik mikroorganizmalar bakımından durumunun incelenmesi,
- 2) Suyun fekal kaynaklı mikroorganizmalar bakımından durumunun incelenmesi,
 - a- Suda koliform grubu bakterilerinin aranması
 - b- Suda fekal streptokokların aranması
 - c- Suda anaerob bakterilerin aranması
 - d- Suda fekal streptokokların aranması
 - e- Suda patojen mikropların aranması

2.3.5.5 Suyun Aerobik Organizmalar Bakımından Durumunun İncelenmesi

Bu inceleme için suyun aerobik total mikrop sayımı yapılır. Söz konusu olan total mikrop sayısı, adi veya çeşitli maddeler eklenerek hazırlanmış agar besi yerlerinde

üreyebilen patojen veya saprofit mikroorganizmaların tüm sayısıdır. Bu amaçla genellikle tripton-glikoz-et ekstrakt- agar besi yeri kullanılır.

Muayene edilecek suyun sulandırmaları yapılarak petri kutularında ekimleri yapılır. Bir kısmı 20 °C lik etüvde 48 saat, bir kısmı da 37 °C lik etüvde bırakılarak üretildikten sonra gelişen kolonilerin sayımı yapılır. Suda bulunabilecek her bir mikroptan bir koloni meydana gelebileceğine göre, kolonileri saymakla besi yerine ilave edilen belli miktardaki su numunesi içinde var olabilecek mikrop sayısı tesbit edilmiş olur. Bu da sulandırma katsayısı ile çarpılarak suyun mililitresindeki mikrop sayısı bulunur. Ayrıca 37 °C deki plaklarda üreme fazla ise, patojen mikrop enfeksiyonundan şüphelenilir.

Böylece, bir su süzgecinde temizleme kademelerinin iyi çalışıp çalışmadığı kontrol edilir.

Suların kumlar arasından süzülerek temizlenmesi çok eskiden beri uygulanan yöntemlerden birisidir. Bu yöntem, küçük taneli kum katmanından suyu geçirmek suretiyle, yer altı sularında toprağın doğal olarak yaptığını yapay olarak uygulamaktan ibarettir.

Kum süzgeçlerinin ilk uygulanan şeklidir. İlk defa Simpson tarafından 1872 yılında, Londra şehrine verilen Thames nehrinin sularının süzülmesi için uygulanmış ve ondan sonra da her tarafa yayılmıştır. Bu süzgeçlerin özelliği ilk temizleme işlemi, koagulasyon ve flokulasyondan işlemlerinden geçen suları yeterli kalınlıkta konulmuş kum tabakasından geçirip süzmektir. Bu maksatla yapılan süzgeçler ortalama 400-800 m² genişliğinde yapılmış betonarme havuzlardır. Derinlikleri 2,5-3 m kadardır. Bu havuzların içine yerleştirilecek süzgecin iki önemli tabakası vardır. Biri suyu süzen ve temizleyen kum tabakası diğeri bu kum tabakasını üstünde tutan ve kumdan süzülen suyu geçiren drenaj ve sütiyen tabakasıdır.

Süzgeç, süzülecek suyun kendi kendine girebilmesi ve süzülen suyun kendi akışı ile çıkabilmesini sağlayacak şekilde uygun yükseklikte yapılır. Havuzların tabanı da süzülerek alta geçen suyun belirli yönde akması için biraz abartılı yapılmıştır. Havuzların içinde en altta dayanıklı tuğla tabakaları üzerine yerleştirilmiş 60-80 cm boyutundan oluşan taş ve kaba çakıl tabakası, üstünde 3-5 cm boyutundaki iri çakıldan oluşan 5-10 cm lik bir tabaka, bunun üstünde 1-2 cm boyutundaki orta çakıldan oluşan 10 cm kalınlığında bir tabaka en üstte de 3-5 mm tane boyutuna sahip iri kumdan meydana gelmiş bir tabaka bulunur. Bu söylenen tabakaların görevi, drenaj ve sütiyen tabakalarını oluşturmak, üste konacak süzücü kum tabakasını tutmak ve buradan süzülen suyu aşağıya geçirmektir.

Daha sonraları, bu tabakaların yerine demir çubuklar arasına çimento ile tutturulmuş, çakıldan yapılmış tek bir tabaka kullanılmıştır.

En üste konan süzücü kum tabakası, tanelerinin boyutu 1-1.5 mm olan saf silisli kumdan yapılmış 1 m. kalınlığında bir tabakadır. Süzgece konulacak kumun kalınlığının bundan fazla olması ve kum tanelerinin 1 mm den küçük olması aslında daha iyidir fakat bu şekilde daha ağır süzer ve suyu daha iyi temizler. Kum tabakası üzerinde daimi bir tabaka halinde duran suyun yüksekliği, kum tabakasının yüksekliğini geçmemelidir. Geçerse fazla basınç yaparak kum tabakaları arasından suyun iyice temizlenmeden geçmesine sebebiyet verir.

Süzgeçlerin üzerinin kapalı olması donmalara, hava saldırılarına ve sabotajlara karşı daha uygundur.

Süzgeç çalışmaya başlatılacağı zaman önce aşağıdan yukarıya temiz su sevk edilerek doldurulur ve bu esnada kumlar arasındaki hava dışarı atılarak kum taneleri sıkışır. Bu halde süzgeç 12 saat dinlenmeye bırakılır. Sonra süzülecek su yukarıdan süzgeç üzerine sevk edilir ve kum üzerinde belirli yüksekliğe kadar doldurulur. Alttan süzülmüş suların çıkacağı vanalar kapalı olarak 24 saat daha bekletilir. Sonra alt vanalar açılır; alttan akıtma ve yukarıdan süzülecek su sevk edilmek üzere süzgeç çalışmaya başlar. İlk süzülen sular kumlar arasından bir

elekten geçiyormuş gibi çabuk geçerler. Fakat yavaş yavaş suyun getirdiği asılı ve kolloidal maddeler ve özellikler ve humus kum tabakası üzerinde toplanıp bir tabaka teşkil etmeye başlar. Bu tabakaya, tür ve miktarları mevsimlere göre az çok değişen bir takım yosunlar, protozoerler, enfüzarlar, kabuklu (Crustaceae) sınıfından küçük hayvanlar da katılır. Bunların hepsi birden kum tabakasının üzerinde ve tabakanın üstüne yakın kumları arasında biyolojik membran denilen jelatine benzer bir tabaka oluştururlar.

Bu tabaka suyun temizlenmesinde ve mikropsuzlaşmasında en önemli rolü oynar. Bu zar seviyesinde saprofit bakteriler ve patojen bakteriler arasında bazı etkileşimler oluşur. Patojen bakteriler ölürler. Yosunların da yaydıkları oksijen, mikroplar üzerinde öldürücü etki oluşturur. İşte bu sebeplerle biyolojik zar tabakası, kum tabakasının suyu süzmesine ve temizlenmesine çok yardımcı olur. Bu tabakanın meydana gelmesiyle suyun süzülmesi yavaşlar ve süzülen sular daha berrak hale gelir. Geçen zamanla birlikte süzgecin çalışmasına bağlı olarak biyolojik zar tabakası daha fazla kalınlaşır, suyun geçmesi büsbütün yavaşlar, miktarı çok azalır ve nihayet süzgeç çalışamayacak bir hale gelir. O zaman ya bu tabakanın kumun üzerinden 0.5-1 cm lik bir kısmı alınarak veya süzgeç içinden aşağıdan yukarı doğru basınçlı hava ve temiz su sevk edilerek temizlenmesi gerekir. Aksi takdirde bu tabaka kalınlaştıkça içinde biriken organik maddeler buradaki mikropların tesiriyle süratle kokuşarak meydana gelen kokulu gazlar suyun özelliklerini bozar ve süzülmeyi tamamen durdurur. Bu arada sularda nitrit ve amonyak çıktığı da görülebilir. Bu sebeple biyolojik zar tabakasının sık sık temizlenerek bu sakıncalara meydan verilmemesi gerekir.

Bu tip süzgeçlerin 1 m² si 24 saatte 6-8 m³ kadar su süzer. Elde edilen su, oldukça berrak olup mikropların %90-98 i süzgeç tarafından tutulur. Ancak yine de bu süzgeçlerin suları, dezenfekte edilmeden kullanılamazlar.

Çabuk Süzen Amerikan Kum Süzgeç Sistemi

Bunlara teknik olarak “koagulan süzgeçler” de denir. İlk defa ABD de kullanılmıştır. Esas özellikleri ilk temizleme işlemleri gibi yalnız alüminyum sülfat gibi maddelerle koagulasyon suretiyle yapılmış olan suları süzmeleridir. Diğer bir fark da, kum tabakalarının yüksekliği 70 cm ye kadar inebilir ve kum tanelerinin boyutları da 2-3 mm dir. Temizlenme sırasında oluşabilecek flokul taneler gözenekleri çabuk tıkadığı için bu tip filtrelerin sık sık temizlenmesi gerekir.

Bu filtrelerde metrekareden saatte 4000-7500 litre su geçer. Yani, su saatte 4-7.5 metrelik hızla bu süzgeçten geçer. Suyun bakteriyolojik özellikleri fazla değişmez fakat suspansiyon halindeki maddelerden azotu okside eden bakteriler tarafından etkiye uğratılan amonyaktan ve içinde bulunabilen kum partiküllerinden kurtulur.

Bu filtrelerin rasyonel kullanılması, depolarda mevcut olan şartların iyi bilinmesini gerektirir. Debiyi, koagulantın dozunu ve suyun pH’ını daima kontrol etmek gerekir. Suyun 1 milyon litresine koagulanttan 10-80 kg ilave edilir.

Hızlı süzen bu filtrelerin, daha az kurulma masrafları vardır, daha az yer kaplarlar; çabukca büyük miktarlarda su verirler. Biyolojik zar oluşumu yoktur ve patojen bakterileri parçalayacak olan saprofit bakteriler artık fazla bulunmazlar. Patojen jermeler, öncelikle koyu bir jelin mikropları saran koagulasyonu sonra da mikropları ve organik maddeleri tutacak olan filtreden süzülerek mekanik olarak bertaraf edilirler.

Süzülen sular tamamen renksiz, kokusuz ve çok berraktır. Bunların mikrop tutma yetenekleri %70-80 olup İngiliz filtrelerine göre daha aşağıdadır. Fakat, İngiliz filtrelerinde olduğu gibi Amerikan filtrelerinin de süzdükleri sular dezenfekte edilmeden tüketime verilemeyeceklerinden bunun hiçbir sakıncası yoktur.

Gerek ağır gerekse çabuk süzen filtrelerin en önemli özellikleri, suyu tamamen renksiz, kokusuz, berrak bir hale getirmeleri ve mikropları da mümkün olduğu kadar azaltarak suları son dezenfeksiyon aşamasına hazırlamalarıdır. Suyun bu özellikleri her zaman aranılacak ve kontrol edilecek özellikler olduğu için suyu tamamen berrak ve kokusuz çıkarmayan bir filtrenin iyi çalışmadığı, iyi süzemediği anlaşılır (Su Hijyeni ders notları 2003)

2.4 Maya (organik katkı)

Çoğunluğu askılı mantar, bir bölümü de bazitli mantar sınıfında yer alan, tek hücreli mantar türlerine verilen ad. En yaygın olarak bilineni gıda sanayinde yaygın mayalandırıcı olarak kullanılan *Saccharomyces cerevisiae* dir. Ekmek, bira ve şarap üretiminde kullanılır. Mayalanma sürecinde ortamdaki şekeri alkole ve karbondioksit'e dönüştürür. Kabarmayı sağlaması açısından oluşması beklenen ürün karbondioksittir; pişirme işlemi sonrası ortamdan uzaklaşır (Ana Britannica 15, s 455)

3. MATERİYAL VE METOT

3.1 Deney Programı

Deneysel çalışma üç aşamada gerçekleştirildi. Birinci aşamada yaş kimyasal yöntemle metal iyon katkılı hidroksi apatit üretimi için gümüş iyonları su içerisinde çözöldü ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (kalsiyum hidroksit) çözeltisine ilave edildi. Üzerine H_3PO_4 (fosforik asit) çözeltisi damlatılarak manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. Üç farklı kapta farklı gümüş oranlarında hazırlanan süspansiyonlar sürekli karıştırılarak pH değeri kontrol edildi. Karıştırma ve stokiometrik oranda fosforik asitin katılması sonucu oluşan çökelti 120 °C’de kurutuldu. Öğütölen tozlar XRD (X-Ray Difraksiyon) analizleri yapılarak Ag iyon katkılı hidroksi apatit yapısı incelendi.

İkinci aşamada hazırlanan antibakteriyel tozlar farklı oranlarda bir döküm çamuruna (k:s 60/40 1600g/lt) katılarak karıştırıldı. Slip döküm yöntemiyle alçı kalıplara dökölerek şekillendirildi. Ayrıca hafif seramik malzemeler oluşturmak için organik katkı maddesi, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ağırlıkça %5-%7 oranlarda süspansiyona eklenerek aynı şekilde alçı kalıplara dököldü. Oda sıcaklığında kurutulduktan sonra AKÜ Mühendislik Faköltesi Kimya Laboratuvarında bulunan kamara tip fırında 1000 °C’de 3 saat süreyle numuneler sintealandı.

Üçüncü aşamada ise hazırlanan hafif seramik malzemelere AKÜ Mühendislik Faköltesi imkânlarından faydalanılarak ateş zaiyatı, pişme küçölmesi, su emme, 3 nokta eğme dayanım testleri tatbik edildi. Antibakteriyel seramik filtrelele, AKÜ Veterinerlik Faköltesi’nde antibakteriyel analizler, TUAM’da XRD ve Tubitak Gebze MAM’da Civa Porozimetresi ve Elektron Mikroskobu karakterizasyonu uygulandı.

3.2. Deneyde Kullanılan Malzemeler

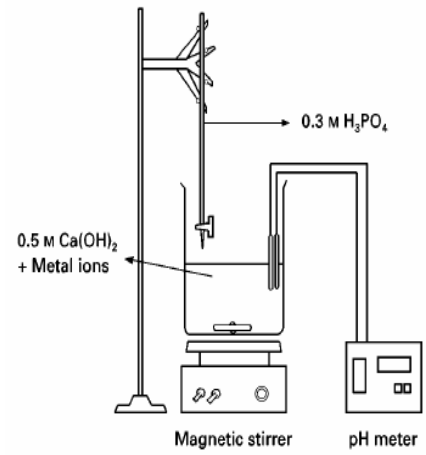
Ca(OH)_2 [Merck, d: 2,24 g/cm³ pH (20 °C) 12.1-12.5]

H_3PO_4 [Merck, %85 Saflıkta, M: 98 g/mol, 1lt: 1.71 kg]

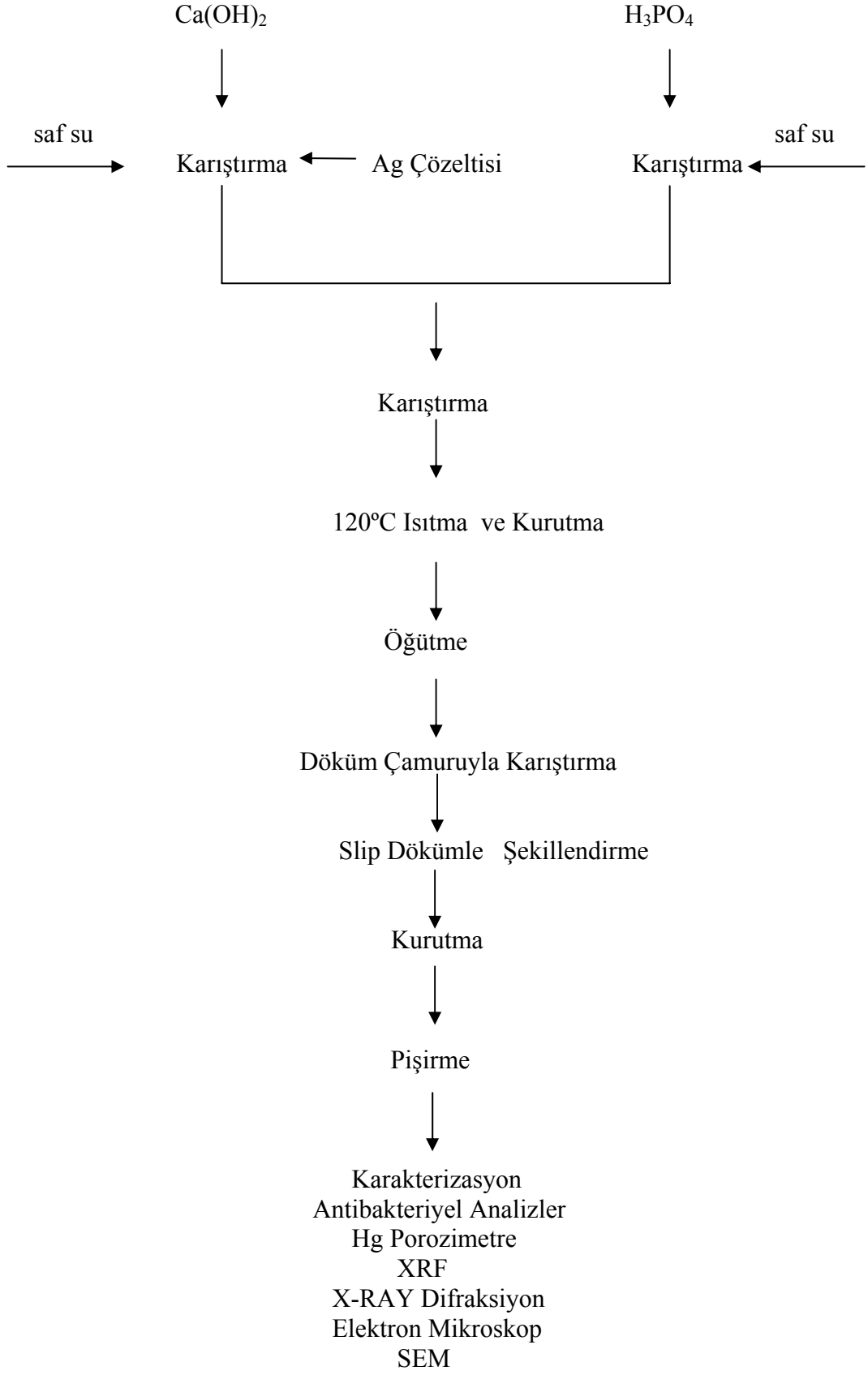
AgNO_3 [Merck, d: 4,35 g/cm³ pH (20 °C) 5.4-6.4 MP:435 °C]

3.3. Deneyin Yapılışı

Deney düzeneği Şekil 3.1 de akım şeması ise Şekil 3.2 de gösterilmiştir.

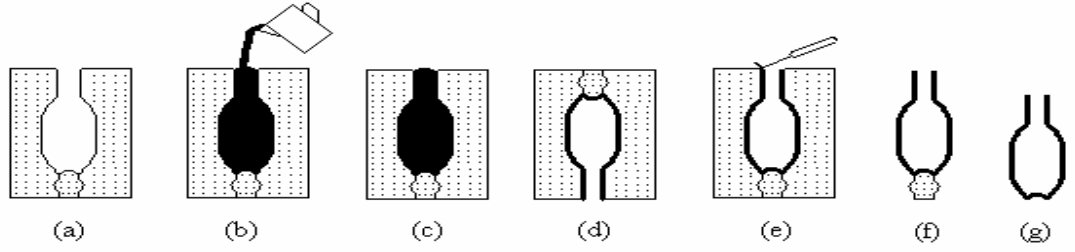


Şekil 3.1 Antibakteriyel tozun hazırlanması



Şekil 3.2 Deney akım şeması

Hazırlanan tozlar döküm çamuruna belli oranlarda katılarak slip dökümle Şekil 3.3 'deki gibi şekillendirilmiştir.



Şekil 3.3. Slip döküm

Hafif seramik malzemelerin üretim yöntemi Şekil 3.4 de verilmiştir.

Döküm Çamuru + Maya Karıştırma

Slip Dökümle Şekillendirme

Kurutma

Piştirme

Testler
Pişme Küçülmeleri
Ateş Zaiyatı
Su Emme
3 Nokta Eğilme
Hg Porozimetre
SEM Analizi

Şekil 3.4 Hafif Seramik Malzemelerin Üretim Şeması

3.4. Antibakteriyel Tozun X-Işınları Difraksiyonu

AKÜ Teknoloji Geliştirme Merkezinde bulunan, Lab X XRD-6000 SHIMADZU markalı XRD (X-Ray difraksiyon) cihazı bu çalışmada kullanılmıştır.

İnce bir tabaka haline getirilmiş olan öğütülmüş numune, yarıçapı r olan bir dairenin merkezine yerleştirilir. X-ışınları kaynağı ve alıcı slit, R daire çemberi üzerinde bulunurlar. Numune ve sayaç, daire eksenini etrafında bir motor ile döndürülür. Bu döndürme sırasında numunenin açısal hızı sayacının yarısı olacak şekilde bir düzen sağlayan dişliler vardır. Böylece herhangi bir pozisyonda Bragg eşitliğini sağlayan d değerine sahip kristal düzlemleri numuneye paralel olabilirler. Aslında iyice karıştırılmış bir toz örnekte mevcut tanelerin, çok azında yüzeye paralel atomsal düzlem bulunur.

XRD (X-Ray difraksiyon)‘lerin avantajları ise, açısal ayırım gücü kameralara göre daha iyilerdir. Küçük açı sınırı daha düşüktür. Uygun slit sistemiyle (D değerleri) düzlemden gelen yansımalar kaydedilir. Soğurması büyük olan numunelerden kaymış veya çiftleşmiş yansımalar elde edilmez. Difraktometreler daha kullanışlıdır çünkü, düşük duyarlılık için yüksek hız veya daha fazla duyarlılık için yavaş hız ile patern elde edilir. Difraktometreler elde edilen grafikten yansıma şiddetleri doğrudan doğruya görülebilir.

XRD analizi için numunenin hazırlanması ise; 1-10 μ m büyüklüğündeki tanelerden oluşmuş ince bir tabaka şeklindeki numune hazırlanır. En kolay olarak numune hazırlanması, bir cam lamel üzerinde çok az miktarda toz numunenin yayılması şeklinde olur. Bu da asetonla karıştırılmış olan toz numunenin cam üzerinde ince tabaka halinde yayılması ile olur. Aseton çabucak uçacağı için tabaka halinde toz numune kalır.

Laboratuarda en çok kullanılan şekil, r yarıçaplı daire şeklinde boşluk içeren metal plakalardır. Bu boşluğun bir tarafı soloteyp ile veya cam lam ile kaplanıp numune buraya yayılır ve üst yüzey düzleştirilir.

3.5 Seramiklerin Ateş Kayıpları ve Pişme Küçülmeleri

Slip döküm yöntemiyle katkısız, ağırlıkça %3 maya katkılı, %3 maya ile %5 ve %7 oranında antibakteriyel toz katkılı numuneler hazırlanmıştır. 105⁰C de sabit ağırlığa gelince AKÜ Mühendislik Fakültesi Kimya Laboratuvarı'ndaki fırında 3 saat 1000 ⁰C de sinterlenmiştir. Pişme küçülmeleri ve ağırlık kayıpları şu şekilde bulunmuştur:

$$\% L_s = \frac{(L_o - L)}{L_o} \times 100$$

% L_s: Pişme Küçülmesi

L_o: Sinterlenme öncesi uzunluk

L: Sinterlenme sonrası uzunluk.

$$\% LOI = \frac{(W_{ilk} - W_{son})}{W_{ilk}} \times 100$$

%LOI: Ateş Zaiyatı

W_{ilk}: Numunenin kuru ağırlığı

W_{son}: Sinterlenmiş numunenin ağırlığı

3.6 Seramiklerin Su Emmesi, Kütle Yoğunluğu ve Görünür Gözenekliliği

ASTM C20 80a'ya göre su emme testi için, sabit tartıma gelen numunelerin tartımı alınmıştır (D). Saf suyun içinde tamamı su ile örtülü olacak şekilde 4 saat kaynatılmış ve 12 saat suda bekletilmiştir. Su içinde asılı durumda tartımları alınmış (S); sudan çıkarılınca üzerlerindeki su bir bezle alınarak tekrar tartımları yapılmıştır (W). Su emme, kütle yoğunluğu, görünür gözenek hacimleri aşağıdaki formüllerle bulunmuştur.

$$\text{Su Emme (\%)} = \frac{(W - D)}{D} \times 100$$

Numunelerin Hacmi = W-S

Görünür Gözeneklerin Hacmi = W-D

$$\text{Görünür Gözeneklerin Yüzdesi (\%P)} = \frac{(W - D)}{(W - S)} \times 100$$

$$\text{Kütle Yoğunluğu (gr/cm}^3\text{)} = \frac{D}{(W - S)} \times 100$$

3.7 Seramiklerin Üç Nokta Eğilme Mukavemetleri

Sinterlenmiş seramik numunelere AKÜ Seramik Müh.Atölyesi'nde mukavemet testi yapılmıştır. Mesnetler üzerine konan numunenin düzgün bir şekilde artan kuvvetin etkisinde kalarak kırılması ile test yapılmış olur. Eğilme mukavemeti şu formüle göre hesaplanır:

$$F = \frac{(3 \times P \times L)}{(2 \times b \times d \times d)}$$

F: Eğilme Mukavemeti (kg/cm²) P: Kırılma anındaki Kuvvet (kg)

L: Mesnetler arası Mesafe (cm)

b: Numunenin deneyden önce birbirine dik doğrultuda ölçülen genişliklerinin ortalaması (cm)

d: Kırılmış numunelerin kırılma kesitinde dört yerinden ölçülen kalınlıklarının ortalaması (cm)

3.8 Antibakteriyel Seramik Filtrenin Hg-Porozimetresi ile Gözenek Boyutu ve Dağılımının Tesbiti

Civa porozimetresi ile toz veya bulk numunelerde por boyutu, por boyut dağılımı ve yüzey alanı ölçümlerinde kullanılmaktadır. Seramik numunelerin porozimetre analizleri Tubitak MAM'da Quantachrome Pore Master cihazıyla yapılmıştır.

3.9 Antibakteriyel Seramik Filtrenin Yarı Kantitatif Element Analizi

Yarı kantitatif element analizi periyodik cetvelde Oksijen-Uranyum arasındaki elementleri ve yüzde oranlarını belirten bir analizdir. Antibakteriyel toz içeren seramik filtrenin analizi Tubitak MAM'da Philips PW-2404 model dalgaboyu dağılımlı X-ışını Floresan Spektrometre cihazı ile yapılmıştır.

3.10 Antibakteriyel Seramik Filtrenin SEM Analizi

Taramalı elektron mikroskop analizinde elektron bombardımanı ile incelenen malzemeden kaynaklanan ikincil elektronlar ve geri saçınımli elektronlar kullanarak malzemeye ait üç boyutlu görüntü elde edilmektedir. Malzeme yapısını, yüzeyini karakterize etmek için yapılan bir analizdir. Antibakteriyel toz içeren seramik filtrenin SEM analizi Tubitak MAM’da JEOL/JSM-6335F/INCA-EDS Taramalı Elektron Mikroskopu ile yapılmıştır.

3.11 Antibakteriyel Seramiklerin Mikrobiyolojik Analizi

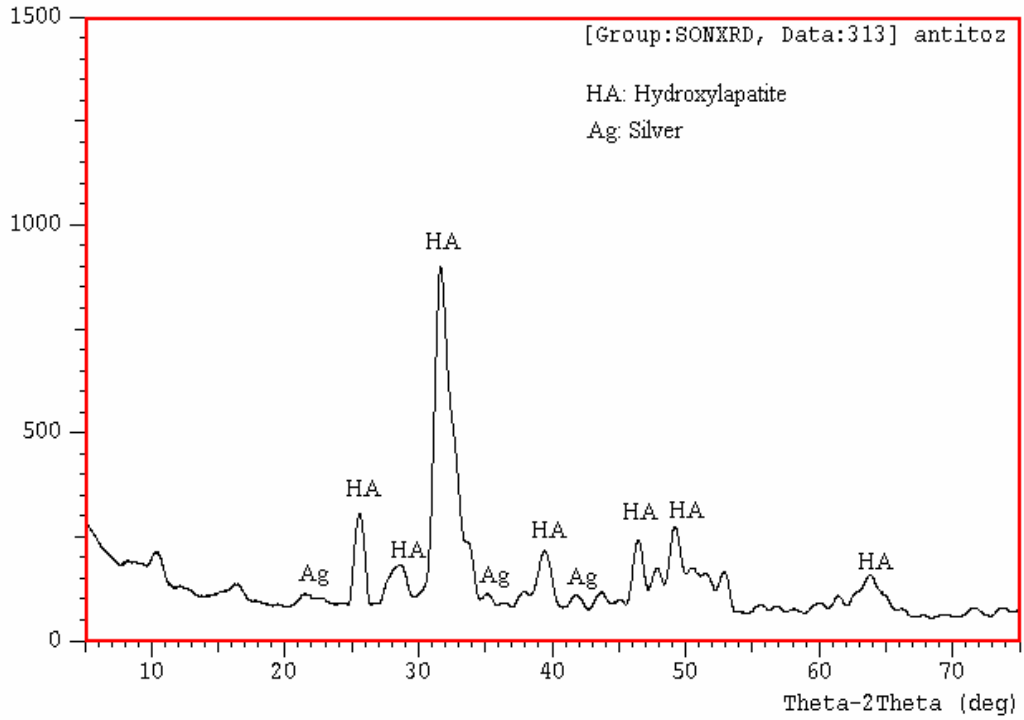
AKÜ Veterinerlik Fakültesinde Metal iyon katkıli anti-bakteriyel seramiklerin mikrobiyolojik analizi için laboratuvar da kullanılan su örneklerinde PCA ekimi yapılmıştır. Belirli oranda genel canlı tesbit edildikten sonra, aseptik şartlarda su içine filtreler yerleştirilmiştir.

Genel mikroorganizma sayımında Plate Count Agar besiyeri ve dökme plak yöntemi kullanılmıştır.. Plaklar 30 ± 1 0C de 24 ve 48 saat inkübe edildikten sonra değerlendirilmiştir. Koliform grubu mikroorganizmaların sayımında tahmin deneyi için Lactose Broth(Oxoid), doğrulama amacıyla Eosine Methylene Blue besiyeri kullanıldı. 24 saat sonra canlı bakteri sayımı yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Üretilen Tozun XRD Analiz Sonucu

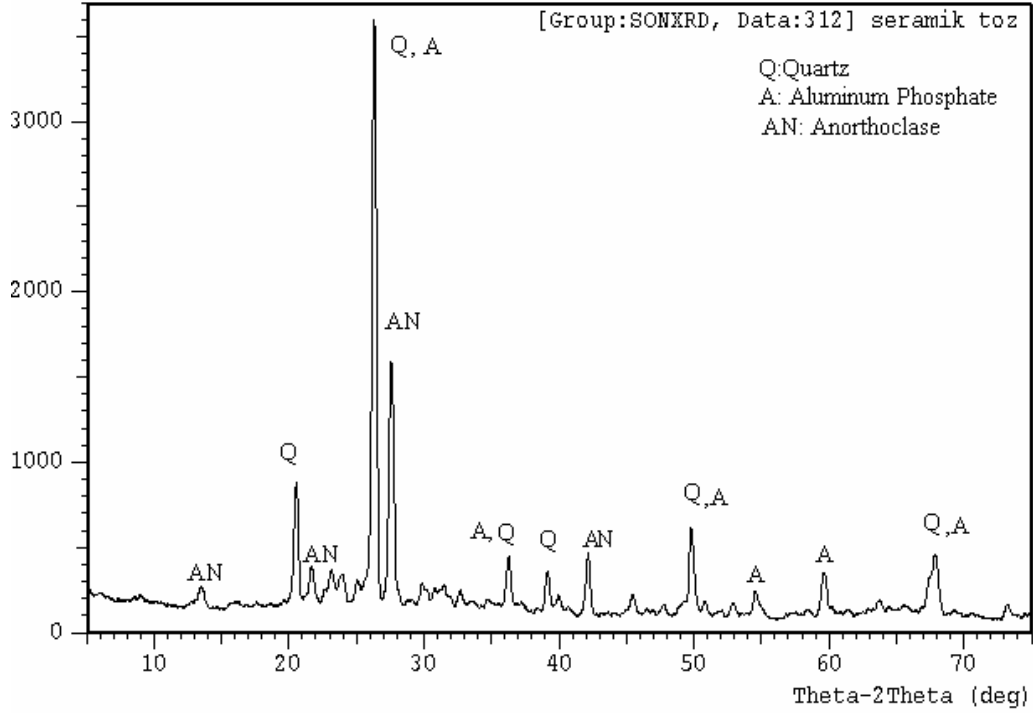
Üretilen antibakteriyel seramik tozların XRD analizi Şekil 4.1 'de verilmiştir. Şekil 'den gümüş iyonu ve gümüş iyon katkılı hidroksi apatit yapısı görülmektedir.



Şekil 4.1 Antibakteriyel tozun XRD paterni.

4.2. Antibakteriyel Seramik Filtrenin XRD Analiz Sonucu

Üretilen antibakteriyel seramik filtrenin XRD analizi Şekil 4.2'de verilmiştir. Şekil'den döküm çamurundaki kuvars, (Na, K) $AlSi_3O_8$ yapısı ve mayada bulunan alüminyum fosfat yapıları görülmektedir.



Şekil 4.2 Antibakteriyel Seramik Filtrenin XRD Paterni

4.3 Antibakteriyel Seramik Filtrenin Hg-Porozimetresi ile Gözenek Boyutu ve Dağılımının Tesbiti

Civa porozimetresi ile toz veya bulk numunelerde por boyutu, por boyut dağılımı ve yüzey alanı ölçümlerinde kullanılmaktadır. Seramik numunelerin porozimetre analizleri Tubitak MAM'da Quantachrome Pore Master cihazıyla yapılmıştır. Şekil 4.3 de 4.2 gr içeren seramik filtrenin, Şekil 4.4 de sadece maya içeren seramiğin gözenek dağılım grafikleri verilmiştir.

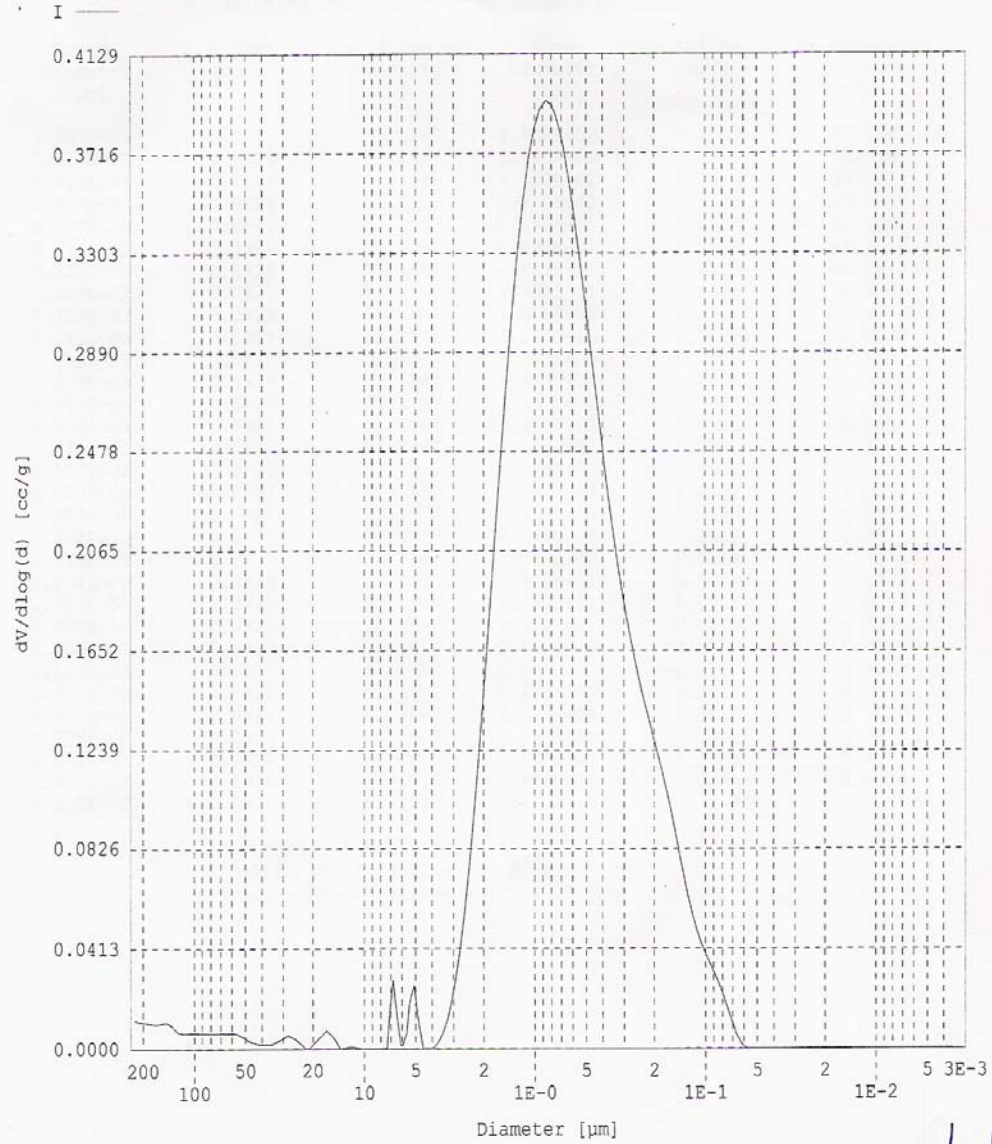
Report date: 08/21/2006

Merged File

Quantachrome Corporation
Quantachrome Poremaster for Windows® Data Report
version 5.00

Sample ID	Antitoz 4.2	File Name	S682101H_Merged.PRM
Sample Weight	0.2788 grams	Bulk Sample Volume	0.1815 cc
Sample Description	1000 C		
Blank Cell File	C:\porodata\S6512012.PRM		
Comments	Filtre		
Hg Surface Tension	480.00 erg/cm ²	Hg Contact Angle	(I)140.00°, (E)140.00°
Minimum Delta Vol.	0.000 % FS	Moving Point Avg.	11 (Scan Mode)
Operator	H. Bodur		Mercury volume normalized by sample weight.

-dV/dlogD vs. Pore Size



Şekil 4.3 Antitoz içeren seramik filtrenin gözenek boyut dağılımı

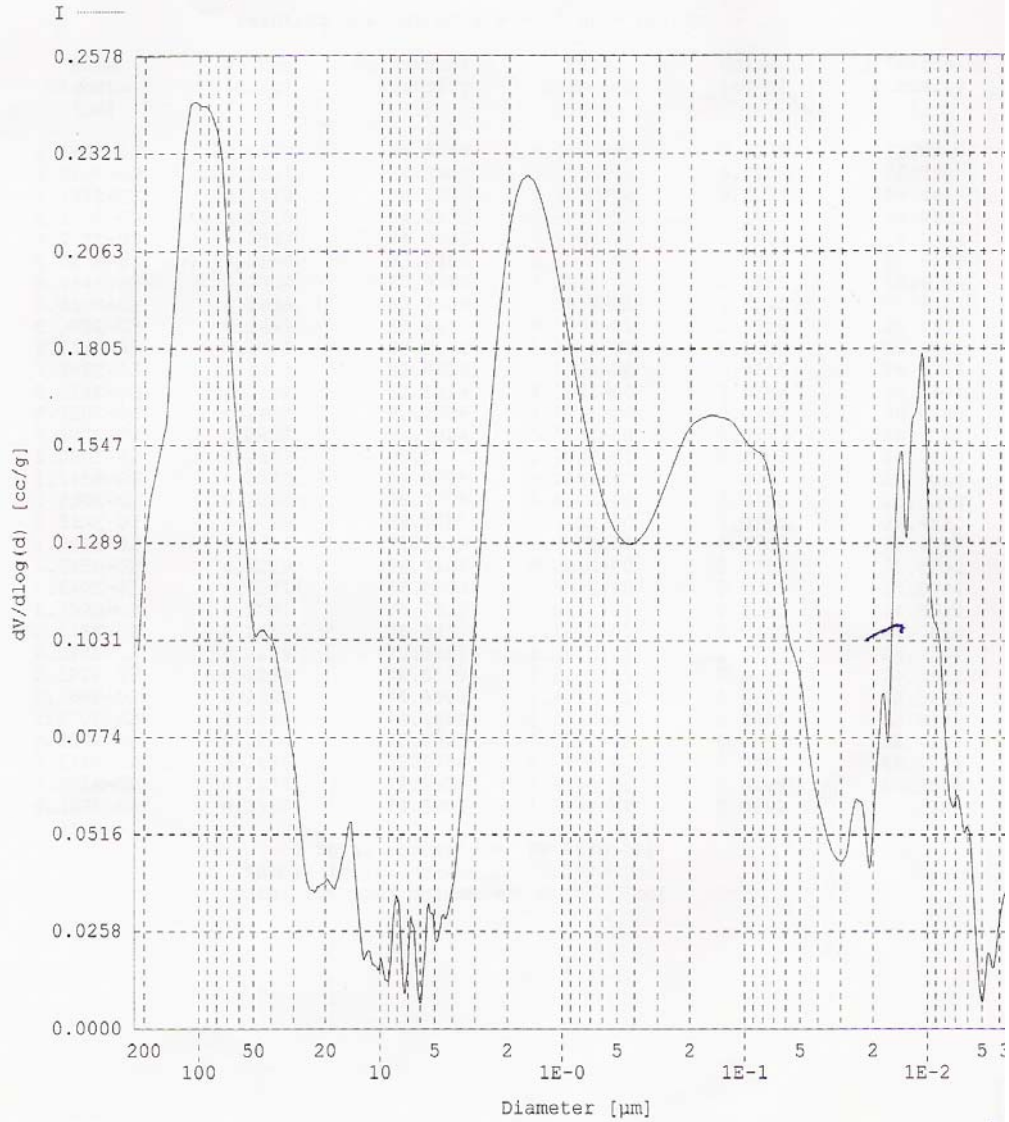
Report date: 08/21/2006

Merged Fi.

Quantachrome Corporation
Quantachrome Poremaster for Windows® Data Report
version 5.00

Sample ID	Dokum Camuru +3 Org	File Name	MAM14HH Merged.PRM
Sample Weight	0.4568 grams	Bulk Sample Volume	0.2984 cc
Sample Description	1000 C		
Blank Cell File	C:\porodata\S6512012.PRM		
Comments	Filitre		
Hg Surface Tension	480.00 erg/cm²	Hg Contact Angle	(I)140.00°, (E)140.00°
Minimum Delta Vol.	0.000 % FS	Moving Point Avg.	11 (Scan Mode)
Operator	H. Bodur		Mercury volume normalized by sample weight.

-dV/dlogD vs. Pore Size



Şekil 4.4 Maya içeren seramik filtrenin gözenek boyut dağılımı

4.2 gr. Antibakteriyel toz içeren numunede toplam porozite %51.1967, Bulk hacim 0.1815 cm^3 dür. Maya içeren seramik numunede ise toplam hacim %84.5298, Bulk hacim ise 0.2484 cm^3 olarak bulunmuştur.

4.4 Antibakteriyel Seramik Filtrenin Yarı Kantitatif Element Analiz Sonucu

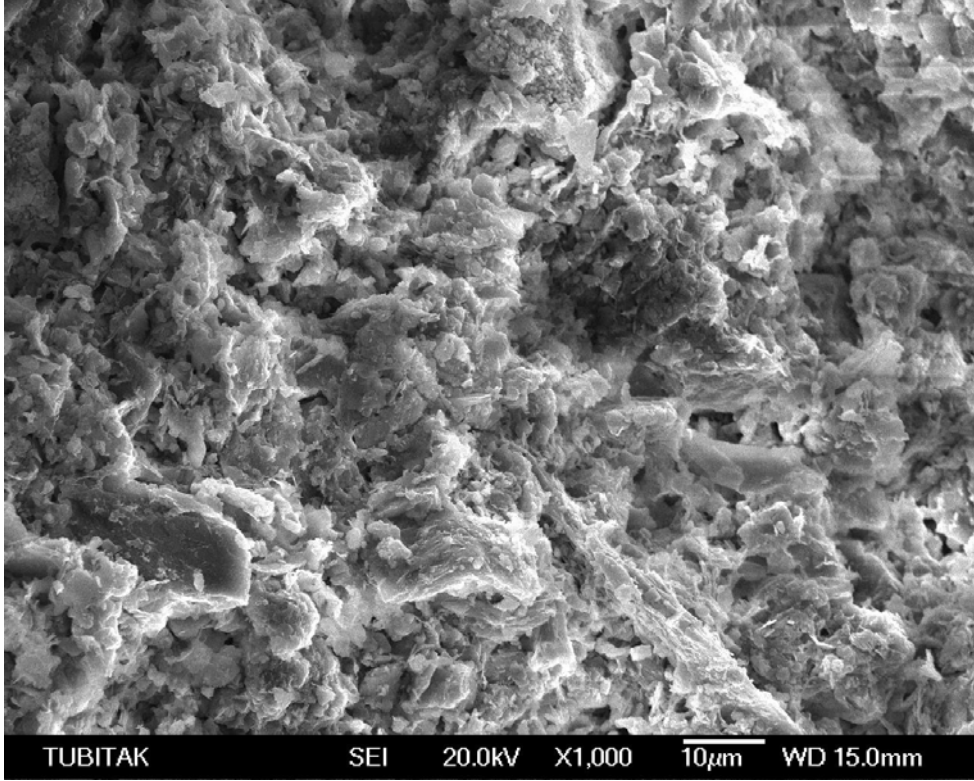
Yarı kantitatif element analizi periyodik cetvelde Oksijen-Uranyum arasındaki elementleri ve yüzde oranlarını belirten bir analizdir. Antibakteriyel toz içeren seramik filtrenin analizi Tubitak MAM'da Philips PW-2404 model dalgaboyu dağılımlı X-ışını Floresan Spektrometre cihazı ile yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Antibakteriyel seramik filtrenin XRF Analizi

BİLEŞİK	YÜZDE DEĞERİ (%)
AgO	0.241
Al ₂ O ₃	20.458
As ₂ O ₃	0.006
BaO	0.28
CaO	6.204
Cr ₂ O ₃	0.007
CuO	0.002
Fe ₂ O ₃	0.558
Ga ₂ O ₃	0.003
K ₂ O	0.859
MgO	0.875
MnO ₂	0.010
Na ₂ O	1.451
Nb ₂ O ₅	0.001
NiO	0.003
P ₂ O ₅	3.751
PbO	0.002
SO ₃	0.231
SiO ₂	64.666
SrO	0.018
TiO ₂	0.468
Y ₂ O ₃	0.001
ZnO	0.130
ZrO ₂	0.014

4.5 Antibakteriyel Seramik Filtrenin SEM Analiz Sonucu

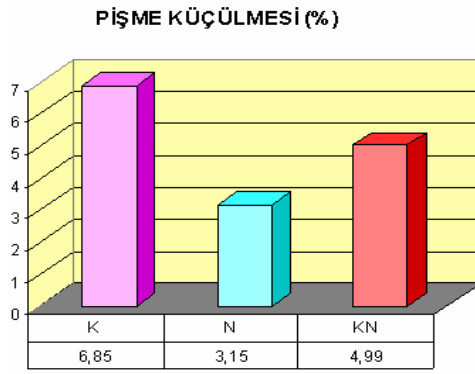
Antibakteriyel seramik filtrenin yapı değeriendirilmesi Tubitak MAM'da JEOL/JSM-6335F/INCA-EDS Taramalı Elektron Mikroskopuyla yapılmıştır. Şekil 4.5 te SEM görüntüsü verilmiştir.



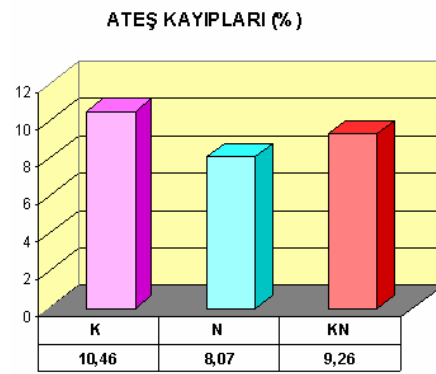
Şekil 4.5 Antibakteriyel Seramik Filtrenin SEM görüntüsü

4.6 Seramik Numunelerin Pişme Küçülme Değerleri

Ağırlıkça (%3) maya içeren hafif seramik numunelerinin (K), katkısız numunelerinin (N) ve %3 maya ile beraber 4.2 gr antibakteriyel toz içeren (KN) numunelerinin 1000°C de 3 saat sinterlenmeleri sonucu pişme küçülmeleri ve ateş zaiyatları Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 de verilmiştir.



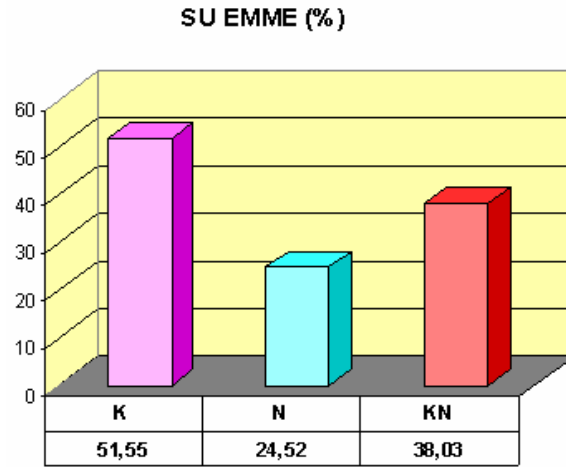
Şekil 4.6 Numunelerin Pişme Küçülmeleri (%)



Şekil 4.7 Numunelerin Ateş Kayıpları (%)

4.7 Seramik Numunelerin Su Emme Değerleri

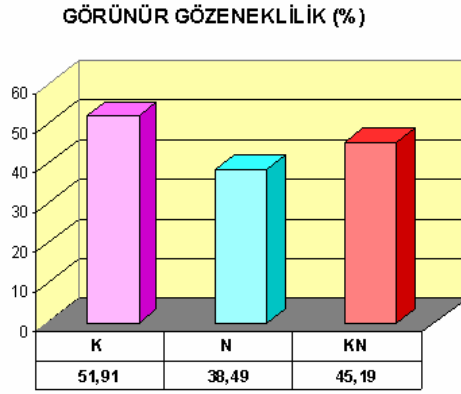
Hazırlanan numunelere (ASTM C20 80 e göre) su emme testi yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.8’de verilmiştir.



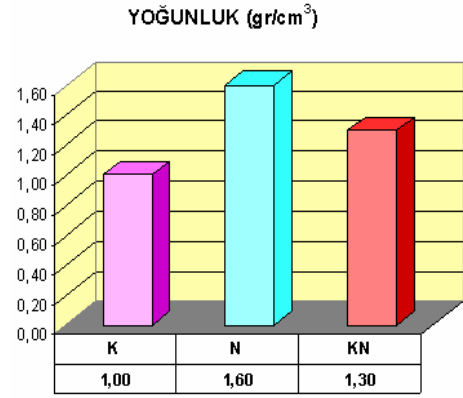
Şekil 4.8 Numunelerin Su Emme Değerleri

4.8 Seramik Numunelerin Bulk Yoğunluğu ve Görünür Gözeneklilik Değerleri

Hazırlanan numunelerin bulk yoğunluğu ve görünür gözeneklilik değerleri Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 da verilmiştir.



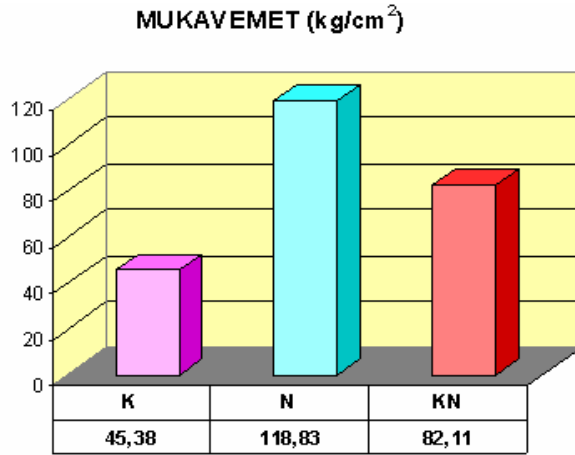
Şekil 4.9 Numunelerin G.G. Değerleri



Şekil 4.10 Numunelerin Bulk Yoğunluk Değerleri

4.9 Seramik Numunelerin Eğilme Mukavemet Değerleri

Seramik numunelere uygulanan 3 nokta eğilme mukavemet değerleri Şekil 4.11 de verilmiştir.

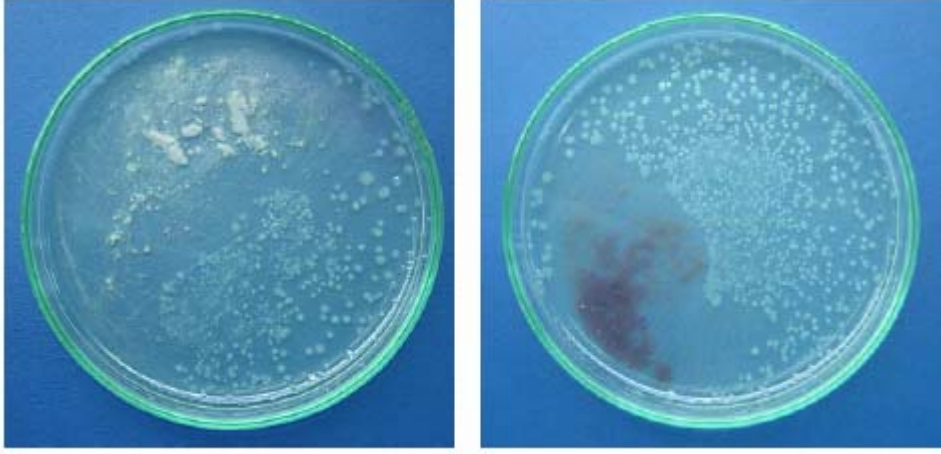


Şekil 4.11 Numunelerin Eğilme Mukavemet Değerleri

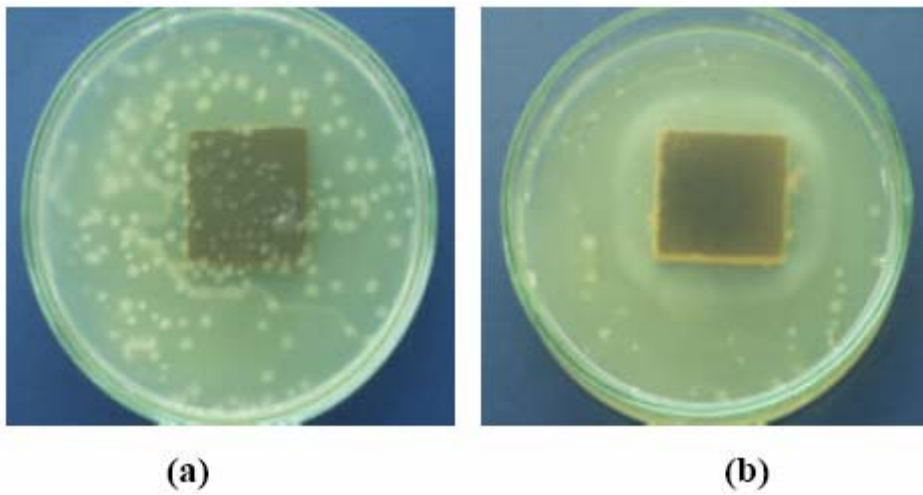
4.10 Antibakteriyel Analiz Sonuçları

Analizde kullanılmak üzere hazırlanan sudaki başlangıç E.Coli sayısı 2.8×10^5 kob/ml (log 5,44)'dır.

Filtreleri 24 saat suda beklettikten sonraki toplam E.Coli sayısı katkısız filtrede 2.8×10^5 kob/ml (log 5,44) olarak bulunurken, %5 Antibakteriyel toz içeren filtrede 2×10^2 kob/ml (log 2,30) ve %7 Antibakteriyel toz içeren filtrede ise hiç E.coli tesbit edilmemiştir.



Şekil 4.12 Antibakteriyel Analiz



Şekil 4.13 Seramik filtre için mikrobiyolojik analiz sonuçları (A: Şahit Numune B: AF)

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Metal iyon katkılı kalsiyum fosfat esaslı anti-bakteriyel inorganik toz yaş kimyasal yöntem ile nano boyutlarda üretilmiştir.

Üretilen tozlar tamamen hidroksi apatit yapısında oluşmuştur.

Seramik filtrelerde % 3 oranında kullanılan maya, mikro ve makro boyutta porozite oluşumuna sebep olmuştur. Yapıda homojen bir porozite boyutu ve boyut dağılımı görülmemiştir.

Yoğunluğu düşük, hafif seramik malzemeler üretilmiştir. Fakat mukavemet değerleri düşük çıkmıştır.

Üretilen seramik filtrelere antibakteriyel özellik kazandırılmıştır.

Kullanılan gümüş miktarı arttıkça bakteri oranında azalma görülmüş, %7 oranında AT içeren filtrede bakteriler tamamen ölmüştür.

Porlu yapıya sahip hafif malzemeler, yapıların yük gerektirmeyen kısımlarında, ses, ısı yalıtımında izolasyon malzemesi olarak kullanılabilir.

Antibakteriyel seramik filtreler, yavaş süzme yapan granüler filtrasyon veya yavaş kum filtrasyon mekanizmalarında yer alabilir.

Bu tür filtreler, çökme ve ön temizleme işlemlerinin yapıldığı, dinlendirme, bekletme (dekantasyon) havuzlarında kullanılabilir.

Antibakteriyel özelliğinden dolayı bu tip havuzlarda bakterilere karşı kullanılan kimyasalların sarfiyatında azalma olacağından, enerji, zaman ve maliyet açısından kazanımlar söz konusudur.

KAYNAKLAR

- Albee F. H. and Morrison H. F., 1920, "Studies in Bone Growth; An Experimental Attempt to Produce Pseudoanthrosis", Ann. Surg, 71, pp 32-39
- Arcasoy A., 1983, "Seramik Teknolojisi", Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anabilim Dalı, İstanbul
- Akşit F., 1996, "Mikrobiyoloji", Anadolu Üniversitesi Yayınları No 490, Eskişehir
- Bell K et al., 2000, Enhanced and Optimized Coagulation for Particulate and Microbial Removal Denver, CO, American Water Works Association Research Foundation and the American Water Works Association.
- Bremmer M.D.K., 1939, "The Story of Dentistry from the Dawn of Civilization to the Present", Dental Hems of Interest Publishing Company, Inc, Brooklyn, New York ,p 69
- Brenzy R., Gren D.J., 1989, "Fracture Behaviour of Open-cell Ceramics", J. Of American Ceramic Society, 72, pp 1145-1152
- Catedline T.J., 1985, "Use of Fitler Materials in Gating Systems", Foundry Trade Journal, January, 15
- Cleasby JL, Logsdon GS 1999. Granular bed and precoat filtration. In: Letterman RD, ed. Water Quality and Treatment. New York, McGraw Hill, Inc., 8.1–8.99.
- Collins MR et al. ,1994, Evaluation of Roughing Filtration Design Variables. American Denver, CO, Water Works Association Research Foundation and the American Water Works Association.

- Doğan A., Pekşen C., Koparal A.S., Üzgür A.E., Karel F.B., 2005, “Metal İyon Katkılı Anti-Bakteriyel İnorganik Toz ve Uygulama Alanları”, III. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri, 17-19 Ekim, 417-425
- Dreesman H., 1892, Ueber Krochenplombierung; Beitr. Z. Klin. Chir, Tuebing, 9, 804
- Engin N.Ö., 1999, “Makro Gözenekli Kalsiyum Hidroksiapatit (HA) ve Trikalsiyum Fosfat (TCP) Bioseramiklerin Üretilmesi”, Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara
- Geçkinli A.E., 1992, “İleri Teknoloji Malzemeleri”, İTÜ, Kimya-Metalurji Fakültesi Metalurji Bölümü, İstanbul
- Gören R., 1995, “Seramik Döküm Filtreleri ve Alümina Bazlı Köpük Filtre Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Haas CN et al. ,1995, Development and Validation of Rational Design Methods of Disinfection. Denver, CO, American Water Works Association Research Foundation and American Water Works Association.
- Hack J.A., Clare H. And Child N., 1990, “The Filtering of Steel Casting”, Foundry, pp 40-46
- Han Y.S., Li J.B., Wei Q.M., Tong K., 2002, “The Effect of Sintering Temperature on Alumina Foam Strength”, State Key Laboratory of New Ceramic and Fine Processing, Department of Material Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing, China
- Holland I.J., 1963, US Patent 3090094

<http://www.azom.com>, 08.02.2004

<http://www.bpminerals.com>, 15.03.2004

Huskonen W.D., 1987, "Filtering Molten Metal Reaches Maturity", Foundry, pp 40-46

Janikowski T. and McGee T. D., 1969, "Artificial Teeth for Permanent Implantation". Proc. Iowa Acad Sci, 76, pp 113-118

LeChevallier MW, Schulz W, Lee RG., 1991, Bacterial nutrients in drinking water. Applied and Environmental Microbiology, 57(3):857–862.

LeChevallier M.W., Keung K., 2004, "Water Treatment and Pathogen Control", WHO, IWA Publishing, London

Letterman RD (1991). Filtration Strategies to Meet the Surface Water Treatment Rule. Denver, CO, American Water Works Association.

Montanaro L., Jorand Y., Fantozzi G., Negro A., 1998, "Ceramic Foams by Powder Processing", J. Of European Ceramic Society, 18, pp 1339-1350

Morris J., Sahu S. And Sievers U.S., 1990, "Advanced Reticulated Ceramic Metal Filters and Performance Results from Select Steel Foundries", AFS Transaction, pp 671-675

Mouchet P, Bonnelye V ,1998, Solving algae problems: French expertise and world-wide applications. Aqua, 47:125–141.

Nakahira A., Shiba K., Yamauchi S. and Kijima K., 1999, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki Gishakaida-cho, Sogyo-ku, Kyoto 60-8585, Key Engineering Materials 161-163, pp. 177-180

Park J.B., Lakes R.S., 1992, Biomaterials An Intraduction 2nd Plenum press New York

Sergey V. Dorozhkin 2000, Research Istitute of Fertilisers, Kudrinskaja Moscow, Russia, pp 1-155

Stone T. And Day P., 1985, “Cellular Ceramic Steel Foundry Filtler Development”, AFS Transaction, pp 87-90

Su Hijyeni Ders Notları 2003, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Afyon

Sugdan H. And Brooks C., 1992, “Inclusions and The Rationale for The Use of Celcor Extruded Ceramic Filters”, The Foundrymen, october, pp 299-301

Sutton W.H., Palmer J.C. and Morris J.R., 1985, “Development of Ceramic Foam Materials for Filtering High Temperature Allos”, AFS Transactions, pp 339-346

Swertfeger J et al. ,1999, Effect of filter media on cyst and oocyst removal. Journal of the American Water Works Association, 91(9):90–100.

Tanner SA, Ongerth JE (1990). Evaluating the performance of slow sand filters in Northern Idaho. Journal of the American Water Works Association, 82(12):51–61.

Tarar S.S., 1999, “Seramik Arıtma Tüpleri”, MAM Proje, Proje No: 5595504

Taylor JS, Wiesner M (1999). Membranes, In: Letterman RD, ed. Water Quality and Treatment. New York, McGraw Hill, Inc., 11.1–11.71.

Terpstra R.A., Van der Heijde J.C.T, Swaanen P., zhong x., 1993, THIRD

EURO-CERAMICS V.3 Spain, pp. 61-66

Weng W., 1997, Department of Materials Science and Engineering, Zhejiang University, Hongzhou 310027, China, Key Engineering Materials vols 132-136 pp. 88-88

Woyansky J.S., Scott C.E., 1962, “Processing of Porous Ceramics”, American Ceramic Society Bulletin, 71, pp 1674-1682

Yao KM, Habibian MT, O’Melia CR ,1971, Water and waste water filtration: concepts and applications. Environmental Science and Technology, 5(11):1105–1112.

Yıldız İ., 2004, “Adi Sünger Kullanılarak Alümina Esaslı Seramik Filtre Üretimi ve Karakterizasyon”, Yüksek Lisans Tezi, AKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon

Yurong C., Lian Z.L., 2000, Zuochen Nortwest Institute for Nonferrous Metal Research Xi’an Shaanxi, China

Zeytin S. 2001, Bioseramik ders notları, AKÜ Seramik Mühendisliği Bölümü, Afyon

TEŞEKKÜR

Master eğitimi insan hayatındaki önemli dönemeçlerden bir tanesidir. Sabır gerektiren zorlu ve meşakatli bir yoldur. Bu yol boyunca her zaman desteğini gördüğüm, tökezlediğim anlarda yardımını hiç esirgemeyen Değerli Hocam Yrd. Doç.Dr. Atilla EVCİN'e ,Yrd. Doç.Dr. Taner KAVAS Hocama,Seramik Mühendisliği Bölümü'ndeki hocalarıma,maddi manevi her alanda her zaman yanımda olan eşsiz aileme, bana cesaret ve moral veren Türkiye'deki ve Yunanistan'daki canım arkadaşlarıma teşekkürü bir borç biliyorum.

İyi ki varsınız!

ÖZGEÇMİŞ

04.09.1978 Bursa doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini İnegöl’de tamamlamıştır. 2001 yılında Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2004 yılından beri Afyon Kocatepe Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

Çok iyi İngilizce bilmektedir.