

## POMZA PARTİKÜLLERİNİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Determination of Some Physical and Chemical Characteristics of  
Pumice Particles

Semra İLHAN<sup>1\*</sup>  
Hüseyin ÖZDAĞ<sup>1\*\*5</sup>

Anahtar Sözcükler: Pomza, Elektrokinetik Potansiyel, Mikrobiyal Hücreler, Su  
Tutulumu.

### ÖZET

Bu çalışmada, sanayide yaygın kullanım alanı olan pomzanın, mikrobiyal hücrelerin immobilizasyonu açısından önemli olan bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlendi. İlk olarak kullanıma uygun boyutlarda partiküller elde edildi. Daha sonra sırasıyla kimyasal bileşimi, partikül boyutuna göre su tutulumu ve spesifik yüzey alanları SEM' de yapılan incelemelerle por çapları ile morfolojisi ve yüzey yükü saptandı. Elde edilen veriler ışığında pomzanın mikrobiyal hücrelerin adsorbsiyonunda kullanılabilecek özelliklere sahip olduğu anlaşıldı.

### ABSTRACT

The aim of this study was to determine the physical ve chemical properties of pumice, which are important with respect to immobilization of microbial cells. Firstly particles of suitable size were produced, then chemical composition, water uptake, specific surface area, pores diameter, morphology ve surface charge of pumice particles were determined. The findings showed that pumice could be used in the microbial cells adsorption.

<sup>^</sup> Yrd. Dr., Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, ESKİŞEHİR

<sup>\*\*\*</sup> Prof. Dr., Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,  
Maden Mühendisliği Bölümü, ESKİŞEHİR

## 1. GİRİŞ

Pomza veya ponza adı İtalyanca'dan gelir. Değişik dillerde ayrı adlandırılır. Fransızca'da ponce, İngilizce'de iri taneli olanlarına pumice, doğal olarak ince taneli olanlarına pumicite denir. Almanca'da iri taneli olanlarına bimsstein, küçük taneli olanlarına bims adı verilmektedir. Türkçe'de ise süngertaşı, köpüktaşı, hışırtaşı, nasırtaşı, küvek gibi adlarla bilinmektedir. Yabancı dillerden gelen etki ile Türkçe'de pomza, ponza, bims ve pamis kelimeleri de aynı anlamda kullanılmaktadır.

Pomza, volkanik bir kayaç türü olup asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetler sonucu oluşmuştur. Volkanik bir cam yapısındadır (Kartal ve ark., 1988a). Volkan bacasının tıkanması ile bacadaki basıncın yükselmesi sonucu magma ve içindeki çözünmüş olan su ve diğer gazlar püskürmeyle birlikte atmosfere yayılır. Su buharı ve gazları kaybolmuş olan magma atmosferle hızlı temas ve soğuma sonucu bol gözenekli ve camsı yapıda, ısı geçirgenliği düşük olan pomzayı oluşturur (Sarıöz ve Nuhoglu, 1992).

Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü beyaz veya kirli beyaz renkli asidik pomzadır. Bazik pomza ise yabancıların scoria dedikleri, Türkçe'de bazaltik pomza olarak bilinen kahverengimsi-siyahımsı renkteki pomza türüdür. Her iki pomza türü de, oluşum esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi aniden terketmesi sonucu oldukça gözenekli bir yapı kazanmıştır. Gözenekler birbiri ile bağlantılı değildir. Asidik pomzanın yoğunluğu, bazik olanına göre daha az olup  $0,5-1 \text{ g/cm}^3$  civarındadır. Pomzanın su emme özelliği %50'den fazladır (Kartal ve ark., 1988 a).

Pomzanın fazlaca gözenekliliğinden dolayı, ısı ve ses geçirgenliği oldukça düşüktür. Sertliği Mohs skalasına göre 5-6 dır. Bünyesinde kristal suyu yoktur. Kimyasal bileşimi ise; % 60-70  $\text{SiO}_2$ , % 13-15  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , % 1-2  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , % 1-2  $\text{CaO}$ , % 1-2  $\text{MgO}$ , % 2-5  $\text{Na}_2\text{O}$ , % 3-4  $\text{K}_2\text{O}$  olup eser miktarda  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  ve  $\text{Cl}$  içerir.

Tarihsel olarak çok az kullanılan pomza, günümüzde endüstrinin gelişimi ile birlikte tüketimi ve kullanım alanları hızla gelişmektedir. İnşaat sektöründe, çeşitli sanayi sektörlerinde (toz olarak), tarım sektöründe olmak üzere başlıca 3 ayrı sektörde kullanılır.

Ülkemizde üretilen pomzanın % 90' 1 yurt içinde inşaat sanayinde kullanılmaktadır. Pomza betonunun normal betondan hafif olması nedeniyle zaman ve işçilikten tasarruf edilmekte, ısı ve ses geçirgenliğinin düşük olması da ısı ve enerji tasarrufu sağlamaktadır (Şentürk ve ark.,1995).

Pomzanın sanayi sektöründeki kullanım alanlarının başında abrazif sanayii gelmektedir. Oldukça hafif aşındırıcı olarak sınıflandırılan pomza, gerek doğal gerekse doğal olmayan madeni eşyaları ve yumuşak metalleri (gümüş gibi) cilalamakta kullanılır.

Boya sanayii, kimya sanayii, metal ve plastik sanayii, mobilya sanayii, elektronik sanayii ve seramik sanayii sektörlerinde de kullanılmaktadır. Tarım sektöründe ise, toprağın özelliklerini ıslah etmek amacı ile kullanılmaktadır.

Yılda 12 milyon ton dolayında olan dünya pomza üretiminin %2,5'i olan 0,3 milyon tonla Türkiye iyi bir yere sahiptir (Kartal ve ark., 1988 b).

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılan pomza Nevşehir yöresindeki pomza yataklarından sağlanmıştır. Ceviz büyüklüğünde taneler halindeki pomza ufalandıktan sonra eleklerden (Retsch Test Sieve ASTM 5657) geçirilmiştir.

Belirli boyut aralıklarında elde edilen pomza partiküllerine asit-baz yıkama ve fırınlama işlemleri uygulanmıştır. Asit-baz ile yıkama işlemi şu basamaklardan ibarettir.

1. 50 g partikül 250 ml 3 M HCl'de bir saat süreyle ısıtılır. Süre bitiminde çözelti dekante edilerek, aynı işlem iki kez daha tekrarlanır.

2. Süzülen partiküller iyice yıkanır. Yıkama işlemi AgNO<sub>3</sub> çözeltisi ile yapılan test negatif klor reaksiyonu verinceye kadar tekrarlanır.

3. Yıkama işlemi bittikten sonra 0,5 M NaOH ile çamura benzer bir görünüm alana kadar ısıtılır. Soğuması beklenerek üzerine 50ml 6 N HCl ilave edilir ve bir gün beklenir.

Bir gün sonunda, süzülen partiküller yine negatif klor reaksiyonu verinceye kadar iyice yıkanır. Son olarak damıtık su ile iyice yıkandıktan sonra kurutulur. Uygun elek aralığından (8-10, 10-12, 12-16, 16-20, 20-25, 25-35, 35-40, 40-70 meş) elenerek kırıntılar ayrılır (Asakawa ve ark., 1985).

Fırınlama işleminde partiküller 575 °C'ye ayarlı tuğlalı fırında 3 saat bekletilmiştir (Jones ve ark., 1986).

Pomzanın kimyasal bileşimi yüzde element cinsinden tayin edilmiştir. Bu işlem Eskişehir 1. Hava İkmal Bakım Merkez

Komutanlığı (1.HiBMK), Metalürji Laboratuvarında bulunan SEMQuant aletinde yapılmıştır. Bu bilgilerden yararlanılarak, pomzanın bileşimine katılan bileşik yüzdeleri de hesaplanmıştır.

Pomza partiküllerinin fiziksel yapısı ayrıntılı olarak stereomikroskop ve scanning elektron mikroskopunda (SEM) incelenmiştir. İşlemler Eskişehir 1.HiBMK Metalürji Laboratuvarında yapılmıştır.

Pomza partiküllerinin yüzey alanları "Quantacrome BET yüzey alanı tayin cihazı" kullanılarak hesaplanmıştır (Pekin, 1977; Stanley-Wood ve Lines, 1992). Ayrıca, elde edilen değişik boyutlardaki partiküllerin, piknometre ile yoğunlukları da belirlenmiştir. Bu işlemler, Etibank Bor Araştırma Merkezi Cumaovası, İzmir'de yapılmıştır.

Pomza partiküllerinin su tutma özelliği iki yöntemle belirlenmiştir.

Birinci yöntemde 600 °C'de 3 saat kurutulan partiküller, bir desikatör içinde muhafaza edilerek, belirli miktarda tartılmıştır. Bu partiküllere doyuncaya kadar damla damla su ilave edilmiştir. Sonuçta, bir gram partikülün tuttuğu su miktarı hesaplanmıştır. Bu işlem 3 kez tekrarlanarak ortalama değer elde edilmiştir (Keshavarz ve ark., 1989).

İkinci yöntemde ise birinci yöntemdeki gibi kurutulan bir gram partiküle 10 ml su ilave edilerek, 4 °C'de bir gece bekletilmiştir. Fazlalık su süzüldükten sonra suya doymuş partiküller tartılmıştır. Bu işlem de 3 kez tekrarlanarak ortalama değer elde edilmiştir (Keshavarz ve ark., 1989).

Pomza partiküllerinin yüzey özelliklerini belirlemek için mikroelektroforez aletinde (Rank Brothers) elektrokinetik ölçümler yapılmıştır. Elektrokinetik çalışmalarda

kullanılan pomza örneği 0,038 mm altına öğütülmüştür. Öğütülen örnek, içerisinde damıtık su bulunan bir dereceli silindirik kaba konularak, karıştırılarak iyice dağıtılmıştır. Stokes yasasına göre taneler çöktürülüp, 0,010 mm ve daha küçük boyuttaki taneler dekantasyon ile bir kapta toplanarak stok örnek olarak damıtık su içerisinde saklanmıştır.

Elektrokinetik ölçümler için pomza stok çözeltisinden bir mililitre alınarak, 50 ml damıtık su içerisinde seyreltilmiştir. NaOH ve HCl ile pH ayarları yapılmıştır. Daha sonra bu karışım 15 dakika karıştırılmış ve elektroforez hücresine konmuştur. Ölçümlerde 20 partikülün elektrokinetik hareketliliği ölçülerek bunlardan ortalama bir değer elde edilmiştir (Koca, 1992).

Bu şekilde pomza partiküllerinin hareket hızı değişik pH değerlerinde ölçülmüştür. Elektrokinetik (zeta) potansiyellerinin hesaplanmasında Helmholtz-Smoluchowski eşitliğinden yararlanılmıştır (Fuerstenau ve Raghavon, 1976).

$$u = \frac{V}{E} \cdot \frac{D}{4\pi\eta} \cdot \frac{z}{L} \cdot \frac{1}{n} \quad (1)$$

U=tanenin hareketliliği (nsn<sup>-1</sup>cm.volt<sup>-1</sup>)

V=tanenin hareket hızı (ja/sn)

E=uygulanan elektrik alanı (volt/cm)

D=suyun dielektrik katsayısı

Ç=zeta potansiyeli (mV)

η=sıvının viskozitesi

L=elektrotlararası mesafe (9,68 cm)

Ç=12,83U

E=I/L (volt/cm)

I=uygulanan potansiyel (volt)

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bir taşıyıcının mikrobiyal hücrelerin immobilizasyonunda kullanılabilmesi için

bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. İşlem sırasında sterilizasyon gerekli olduğundan taşıyıcı yüksek sıcaklık ve basınçta kararlı ve buna ilaveten spesifik partikül şeklinde ve büyüklüğünde olmalıdır. Bu özellikler reaktörde çalışma kolaylığı ve yüksek substrat akış hızı sağlar (Kolot, 1981; Brodelius ve Vandamme, 1987).

Bu çalışmada pomza partiküllerinin sterilizasyon şartlarına dayanıklı olduğu anlaşılmış ve işlenmemiş pomzanın ufalanarak elenmesi sonucunda sekiz farklı boyutta pomza partikülleri elde edilmiştir. Boyut aralıkları iki ölçü birimi cinsinden ortalama partikül çapı ile birlikte Çizelge 1'de görülmektedir.

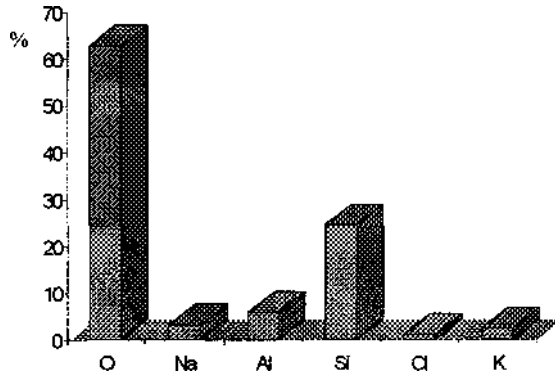
En önemli taşıyıcı kriterlerinden birisi taşıyıcının hücreye ve çevreye toksik etkisinin olmaması, en azından hücre metabolizmasını olumsuz yönde etkilememesidir. Pomza %74 oranında SiO<sub>2</sub> ve daha az oranlarda Çizelge 2'de belirtilen bileşiklerden ibaret olan kimyasal içeriğiyle bir taşıyıcı olarak kullanıma uygunluk göstermektedir.

Çizelge 1. Elde Edilen Pomza Partikülleri Boyut Aralıkları.

Partikül Çapı (meş sayısı)	Partikül Çapı (µm)	Ortalama Partikül Çapı (µm)
8-10	2000<	-
10-12	1680-2000	1840
12-16	1190-1680	1435
16-20	841-1190	1015
20-25	707-841	774
25-35	500-707	603
35-40	420-500	460
40-70	210-420	315

Pomza partiküllerine uygulanan asit-baz yıkama ve fırınlama işlemiyle gözeneklerde

bulunabilecek çözünebilir nitelikteki maddelerin uzaklaştırılması ve organik maddelerin yanmasıyla gözeneklerin açılması sağlanmıştır. Kullanılan pomzanın kimyasal bileşimi % element olarak Şekil 1'de, ayrıca bu verilere dayanarak pomzanın , içerdği bileşiklerin yüzdeleri hesaplanmış ve Çizelge 2'de verilmiştir.

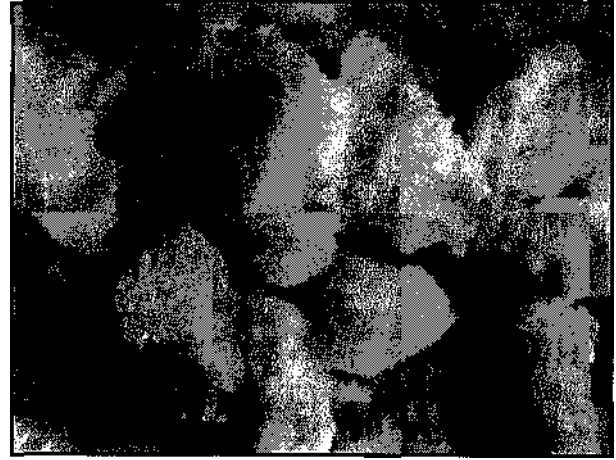


Şekil 1. Pomzanın % element cinsinden kimyasal bileşimi

Çizelge 2. Pomzayı Oluşturan Bileşiklerin Yaklaşık Yüzde Değerleri

Bileşik	%
$S_{10}_2$	73,62
$Al_2O_3$	14,86
$Na_2O$	5,45
$K_2O$	4,33
Diğer	2,74

Yukarıda belirtilen işlemlerden geçirilmiş pomza partiküllerinin stereomikroskop ile yapılan incelemeler sırasında çekilen fotoğrafı Şekil 2' de görülmektedir.



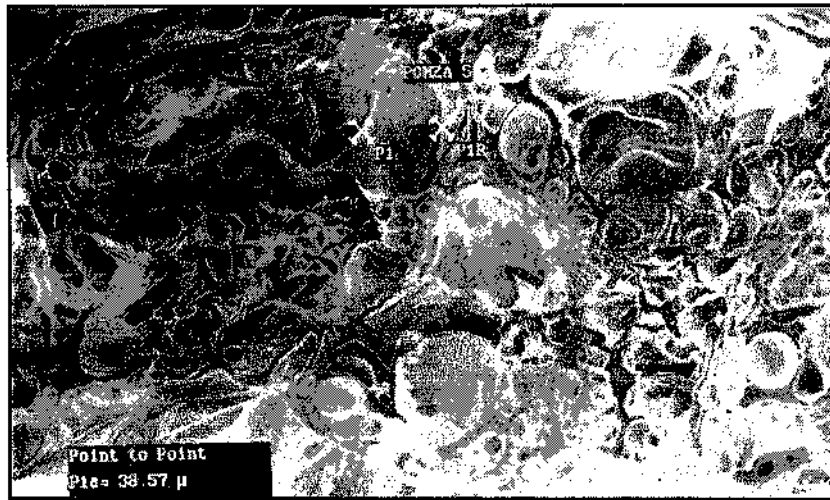
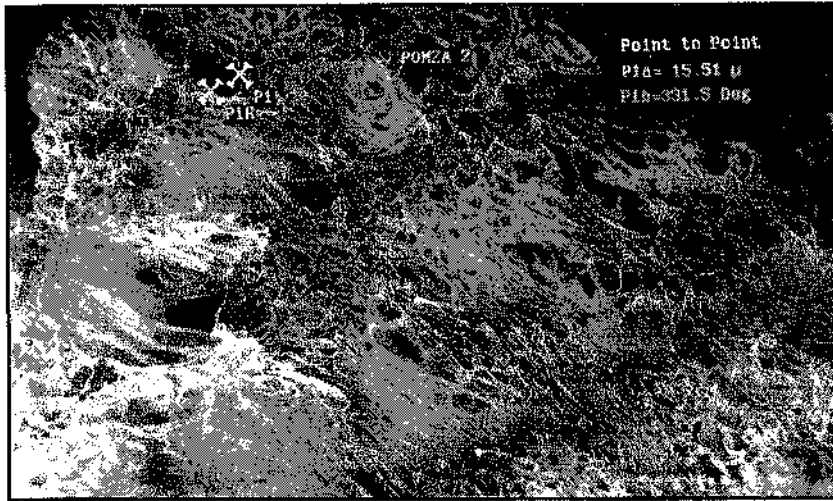
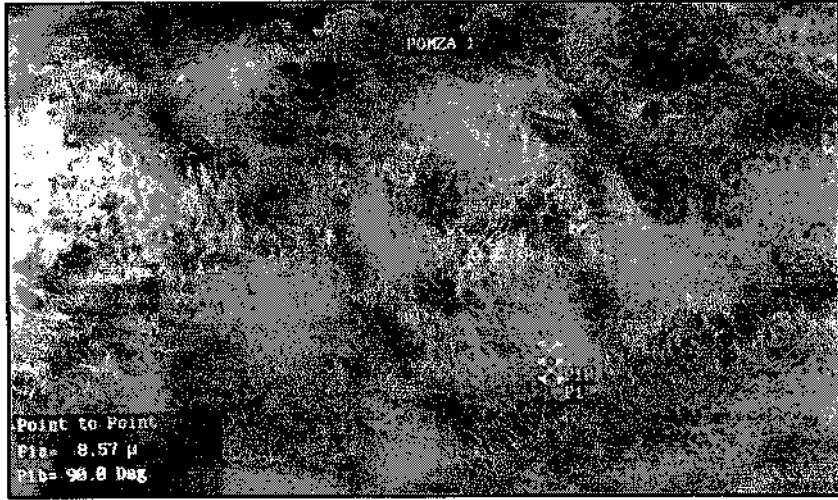
Şekil 2. Ortalama çapı 600 u.m olan pomza partiküllerinin stereomikroskopta çekilen fotoğrafı (büyütme: 40X)

Aktive edilmemiş inorganik taşıyıcılar üzerine hücre tutunması esas olarak taşıyıcı yüzeyindeki reaktif grup sayısı ile etkilenmektedir. Daha sonra taşıyıcının yüzey alanı ya da porozitesi gelmektedir. Bunların yanısıra, Klein ve Vorlop (1985) bir taşıyıcı partikülünün gözenek çapının yüksek bir yüzey alanı vermek üzere yeterli

Çizelge 3. Taşıyıcı Olarak Hazırlanan Değişik Boyutlardaki Pomza Partiküllerinin Belirlenen Bazı Fiziksel Özellikleri

Partikül Çap (Hm)	Spesifik Yüzey Alanı ( $m^2/g$ )	Yoğunluk ( $g/cm^{-3}$ )	Partikül Sayısı/g
460	0,637	2,0711	12592
603	0,526	2,1354	6453
774	—*	1,9573	5475
1015	—*	1,9778	2050
1435	—*	1,9522	845
1840	—*	1,9692	364

Not: \* Tayin edilmedi

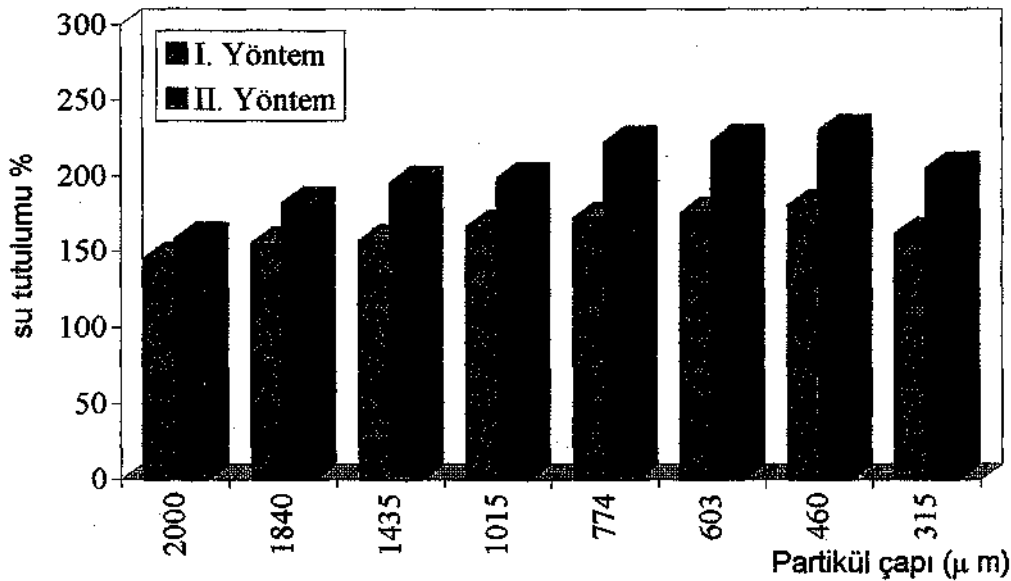


Şekil 3. Farklı boyutlardaki pomza partiküllerinin SEM'de çekilen fotoğrafları (pomza 1: 460  $\mu$ m, pomza 2: 603  $\mu$ m, pomza 5: 1435  $\mu$ m)

küçüklükte olması gerekirken, diğer taraftan hücrelerin girişine izin verecek kadar yeterli genişlikte olması gerektiğini belirtmiştir. Bakteri ve mayalar için gözenek çapının hücre çapından 4-5 kat büyük olması gerekmektedir (Messing ve ark., 1979). Scanning elektron mikroskopunda (SEM) farklı boyuttaki pomza partiküllerinin (460 nm, 603 nm, 1435 nm ) por boyutları bakımından karşılaştırılması Şekil 3'de fotoğraflarda görülmektedir. Bu görüntüler pomza partiküllerinin morfolojisi hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir.

Değişik boyuttaki pomza partiküllerinin belirlenen bazı fiziksel özellikleri Çizelge 3' de verilmiştir.

Partiküller tarafından su tutulumu hakkında güvenilir kararlar verilebilmesi için çeşitli boyuttaki partiküllerin tuttuğu su miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. Pomza partiküllerinin su tutma özelliklerinin belirlenmesi için uygulanan her iki yöntemden elde edilen sonuçlar Şekil 4'de verilmiştir.

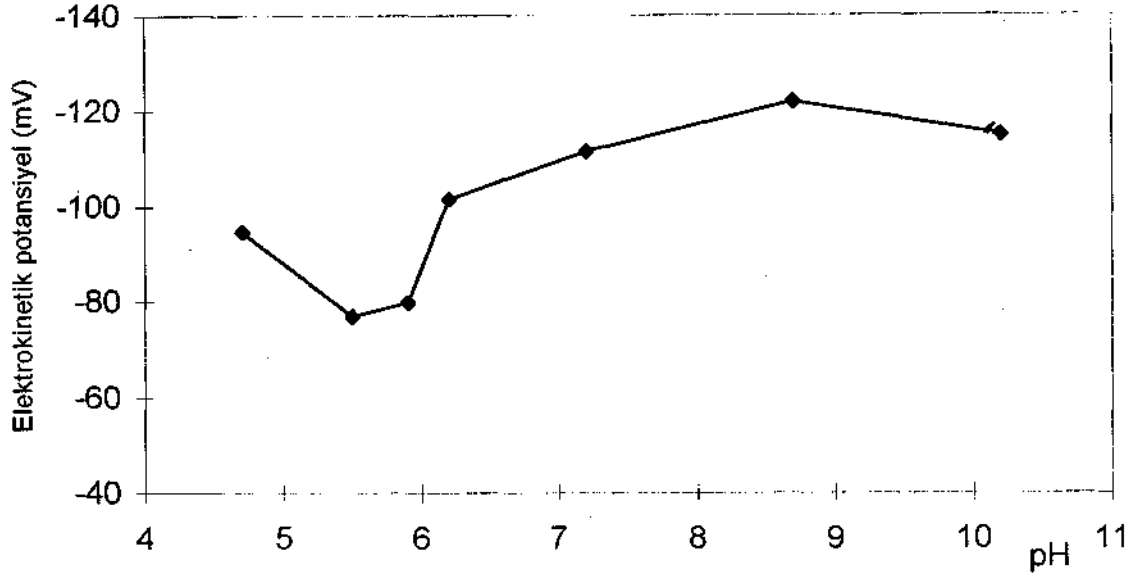


Şekil 4. Pomza partiküllerinin su tutma kapasitesinin partikül boyutuna göre değişimi

Taşıyıcının bileşimini ya da spesifik reaktif grupların varlığını bilmek kadar, yüzeydeki tam yükün bilinmesi de önemlidir. Bu, hücre ve taşıyıcı arasında oluşacağı beklenen etkileşim tipi ve bağlarına ilişkin temel bilgiyi sağlayacaktır. Pomza partiküllerinin yüzey yükünü belirlemek üzere "yapılan ölçümler Şekil 5'de grafik halinde verilmiştir.

Penisilin üretiminde kullanılan *Penicillium chrysogenum* küf sporlarının uygun boyuttaki pomza partikülleri üzerine adsorpsiyonundan sonra fermentasyon ortamındaki miseliyal gelişimi Şekil 6'da görülmektedir (İlhan, 1996).

Pomzanın belirlenen tüm bu özellikleri, daha önce açıklananlara ilaveten belki de yeni bir kullanım alanı olarak biyoteknolojide, mikrobiyal enzim ve hücrelerin immobilize edilebileceği uygun bir inorganik destek materyali olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Pomzanın bu amaçla bilinçsiz olarak kullanımı sirke üretiminde *Acetobacter* hücrelerinin cıvık bir film oluşturması için bir destek materyal olarak kullanıldığı 1670 yıllarına kadar uzanmaktadır (Phillips ve Poon, 1988).



Şekil 5. Pomzanın elektrokinetik potansiyeline pH'nın etkisi

Daha sonra 1900' lü yıllarda katı yüzeylere bağlanan mikrobiyal enzimlerin kullanımını takiben, immobilize mikrobiyal hücrelerin kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Bugün bu amaçla kullanılan birkaç inorganik materyal bulunmaktadır (silika, cam, toprak, kum, zirkonyum, diatome toprağı, korderit, bentonit gibi).

Biyokatalist sistemde en önemli iş gören mikrobiyal hücre olsa da taşıyıcının rolü gözardı edilemez. Şimdiye kadar taşıyıcı seçimi genellikle deneysel olarak yapılmış ve gerçekte bir kaç taşıyıcının hemen hemen evrensel bir şekilde uygulanabilir olduğu görülmüştür. Taşıyıcı özelliklerinin belirlenmesiyle kullanılacak olan taşıyıcı ile mikroorganizma arasındaki etkileşimin derecesi ve fermentasyonun işleyişi sırasında oluşabilecek herhangi bir problemin daha önceden tahmin edilebilmesi kolaylığı ortaya çıkmaktadır. Sonuçta taşıyıcı özellikleriyle birlikte mikrop taşıyıcı etkileşim mekanizmasının ve hücre metabolizması üzerine etkilerinin ayrıntılı olarak anlaşılmasıyla özel uygulamalar için en uygun taşıyıcılar belirlenebilecektir.

#### 4. KAYNAKLAR

Asakawa, T., Ogino, K. ve Yamabe, K., 1985; "Adsorbition of Phenol on Surface-Modified Carbon Black from Its Aqueous Solution. II. Influence of Surface-Chemical Structure of Carbon on Adsorbition of Phenol", Bulletin of Chem. Soc. Jpn. Cilt 58, s.2009-2014

Brodelius, P. ve Vandamme, E.J., 1987; "Immobilized Cell Systems". Biotechnology, ed: John F. Kennedy, Cilt 7a, s.405-464

Fuerstenau, M. C. ve Raghavon, S., 1976; "Some Aspects of the Thermodynamics of Flotation", Flotation (ed. A.M. Gaudin Memorial) New York. Cilt 1, s.21-65

ilhan, S., 1996; immobilize Hücrelerle Penisilin Üretiminde Taşıyıcı Olarak Pomza Partiküllerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir.





Şekil 6, Biyopartikülüt SEM fotoğraf (Büyütme1000)

- Jones, A., Wood, D. N., Razniewska, T., Gaucher, M. ve Behie, L. A. 1986; "Continuous Production of Penicillin-G by *Penicillium Chrysogenum* Cells Immobilized on Celite Biocatalist Support Particles", Canadian Journal of Chemical Engineering, Cilt 64, s.547-552
- Kartal, G., Sarıgan, O., Baş, H., Ergül, H., ve İlgün, F., 1988a; "Türkiye Pomza Yatakları", Türkiye Pomza Taşı Semineri, İstanbul, s.5-11
- Kartal, G., Sarıgan, O., Baş, H., Ergül, H., ve İlgün, F., 1988b; "Türkiye Pomza Yataklarının Özellikleri ve Kullanım Alanları", Türkiye Pomza Taşı Semineri, İstanbul, s. 12-20
- Keshavarz, T., Walker, E., Eglin, R., Lilley, G., Holt, G., Bull, A.T. ve Lilly, M.D. 1989; "Immobilization of *Penicillium Chrysogenum*: Spore Growth on Celite", Applied Microbiology and Biotechnology, Cilt 30, s.487-491
- Klein, J. ve Vorlop, Kd., 1985; "Immobilization Techniques -Cells". Comprehensive Biotechnology, ed: M.Moo Young, Pergamon Press Oxford, Cilt 2, s.203-224
- Koca, S., 1992; "Kaolin ve Alunitin Reaktif Adsorbsiyon Mekanizmalarının Flotasyon Reaktiflerinin Seçimine Etkisi", Doktora Tezi, Anadolu Üniv. Mimarlık Mühendislik Fak. Cevher Hazırlama Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Kolot, F.B., 1981; "Microbial Carriers-Strategy for Selection". Process Biochemistry, Aug./Sept, s. 2-9
- Messing, R.A., Opperman, R.A ve Kolot, F.B., 1979; "Pore Dimensions for Accumulating Biomass". ACS Sym. Ser. Cilt 106, s. 13-28
- Pekin, B., 1977; Fizikokimya Dersleri, Cilt.2. Ege Üniv. Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No. 64
- Phillips, C.R. ve Poon, Y.C., 1988; "Immobilization of Cells", Springer-Verlag, Berlin.
- Rank Brothers Katalogu.
- Sanız, K. ve Nuhoglu, İ., 1992, "Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciligi", Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No.62, Eskişehir
- Stanley-Wood, N.G. ve Lines, R.W., 1992; "Particle Size Analysis", Royal Society of Chemistry.
- Şentürk, A., Gündüz, L. ve Saruşık, A., 1995; "Hafif İnşaat ve İzolasyon Malzemesi Olarak Pomza Taşının Değerlendirilmesi", Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu (ed. Köse, H ve Kızıl, M.S.), İzmir, s.213-219