

**BİYOKOMPOZİT MALZEME GELİŞTİRİLMESİ
VE
TEKSTİL BOYALARI GİDERİMİNDE UYGULAMASI**

Aysun ÇELİK

**DOKTORA TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2009
ANKARA**

Aysun ÇELİK tarafından hazırlanan BİYOKOMPOZİT MALZEME GELİŞTİRİLMESİ VE TEKSTİL BOYALARI GİDERİMİNDE UYGULAMASI adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr.Nurdan Saraçoğlu

.....

Tez Danışmanı, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy çokluğu ile Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr.Ayla ÇALIMLI

.....

Kim.Müh.A.B.D., Ank.Üniv.

Prof. Dr.Nurdan SARAÇOĞLU

.....

Kim.Müh.A.B.D., Gazi Üniv.

Prof. Dr. Zümriye AKSU

.....

Kim.Müh.A.B.D.,Hacettepe Üniv.

Prof.Dr.Mübeccel ERGUN

.....

Kim.Müh.A.B.D., Gazi Üniv.

Prof.Dr.Suna BALCI

.....

Kim.Müh.A.B.D., Gazi Üniv

Tarih: 24/02/2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ERTAN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Aysun ÇELİK

**BİYOKOMPOZİT MALZEME GELİŞTİRİLMESİ VE
TEKSTİL BOYALARI GİDERİMİNDE UYGULAMASI
(Doktora Tezi)**

Aysun ÇELİK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Şubat 2009**

ÖZET

Son yıllarda malzeme bilimindeki gelişmeler, çok işlevli yeni malzemelerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu malzemelerden biri olan biyoser malzemeler, inorganik-biyoorganik nanokompozit malzemelerdir. Yapay organ üretimi, nanomalzeme geliştirilmesi gibi kullanım alanlarına sahip olan biyoser malzemelerin önemli uygulama alanlarından birisi de atıksu arıtımıdır. Çevreye zarar veren önemli endüstriyel atıklardan olan tekstil boyalarının giderimi için kullanılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım yöntemlerine alternatif olarak bu çalışmada, inorganik yapı içine biyobileşen tutuklanarak elde edilen biyoser malzemenin kullanılabilirliği incelenmiştir.

Çalışmada, sol-jel yöntemiyle nanasol olarak ifade edilen TEOS silika yapı içine *Saccharomyces cerevisae* maya kültür ve sporu tutuklanarak biyoser malzeme üretilmiştir. Hazırlanan biyoser malzemelerin XRD analizi ile kristal yapısı, SEM analizi ile yüzey yapısı incelenmiş; Floresan mikroskobu ile hücre canlılık tayini, azot adsorpsiyonu ve civa porozimetre analizleri ile yüzey alanı ve gözenekliliği belirlenmiştir. Daha sonra kuru nanasol ve biyoser malzemelerin Reaktif Oranj 16, Reaktif Yellow 176 ve Reaktif Blue 21 gibi reaktif tekstil boyalarını kesikli ve sürekli şartlarda adsorpsiyonu

incelenmiştir. Sıcaklık, pH, boya ve adsorplayıcı katı derişimleri gibi parametrelerin adsorpsiyona etkileri araştırılmıştır.

Biyoser malzemelerin karakterizasyon çalışmasında, malzemelerin amorf yapıda oldukları, mezo ve makro gözeneklere sahip oldukları, yüzey alanlarının 35-700 m²/g arasında değiştiğı, hücre ve sporların yüzey yapısı içine ve makro gözeneklere yerleştiğı, -20°C’de 60 günlük depolama sonucunda dahi canlılıklarını korudukları ve çoğalmaya devam ettikleri belirlenmiştir.

Biyoser malzemelerin kesikli adsorpsiyon çalışmalarında, pH, sıcaklık ve adsorplayıcı katı derişimi arttıkça, adsorpladığı boya miktarının azaldığı, boya derişimi arttıkça arttığı gözlenmiştir. Sürekli adsorpsiyon çalışmalarında, *S. crevisae* içeren biyoser malzemelerin adsorplama reaktif boyalar için daha güçlü adsorplayıcı oldukları ve Reaktif Yellow 176 isimli boyanın giderilme miktarının en yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 912.1 . 081

Anahtar Kelimeler : Sol-jel, biyoser, reaktif boya

Sayfa Adedi : 230

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Nurdan Saraçoğlu

**THE DEVELOPMENT OF BIOCOMPOSITE MATERIAL AND
THE APPLICATION OF IT FOR TEXTİLE DYES REMEDIATION**

(Ph.D.Thesis)

Aysun ÇELİK

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

February 2009

ABSTRACT

In the recent years, the development im material scince have provided new materials which has multiple functions. Biocer materials, that is one of this materials, are inorganic-bioorganic nanocomposite materials. One of the important applications of biocers, which use in artificial organ production and nanomaterial development , is wastewater biotreatment. Textile dyes are one important industrial wastes which is harmful to enviroment. Physical, chemical and biological treatment methods are unable to remediation of textile dyes. As alternative method, in this study, biocer materials are developped by immobilization biological structure inside ceramic materials.

In this study, biocer material is synthesized by immobilization of *S.cerevisae* yeast culture and spors inside ceramic structure, which is defined as nanasol with sol-gel method. It is determined surface structure of biocers and dry nanasol with SEM analyze, their crystal patterns with XRD analyze, surface area and porosity with nitrogen gas adsorption and mercury porosimeter analyzes and cell viability with Floresan microscope for prepared biocer materials and dry nanosol. It is investigated in adsorption of biocers for reactive dyes as Reactive Orange 16, Reactive Blue 21 and Reactive Yellow 176.

As a result of characterization study of dry nanasol, and biocers, it is determined that they are amorf, have surface area 35-700 m²/g and micro-meso and macro porosities. It is observed that *S. cerevisiae* cells and spores are embedded inside macro porosities and silica matrix interlayers and their viability keep and they germinate during the storage by 60 days at -20°C temperature.

As a result of batch adsorption study of reactive dyes, it is determined that adsorption capacity of biocers and dry nanasol are increase as initial dye concentration is increased and are decreased as pH, temperature of dyes and adsorbent concentration.

As a result of continous adsorption study of reactive dyes, biocer with *S. cerevisiae* spores, are the most excellent adsorbent for reactive dyes and the remediation of Reactive Yellow 176 is the most highets.

Science Code : 912.1 .081
Key Words : sol-gel, biocers, reactive dyes
Page Number : 230
Adviser : Prof. Dr. Nurdan SARAÇOĞLU

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof.Dr. Nurdan SARAÇOĞLU'na, laboratuvar imkanlarını sunan Prof. Dr. Süleyman Ali TUNCEL, Prof. Dr. Emir Baki DENKBAŞ ve Prof. Dr. Zeki AKTAŞ'a, çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Uzman Dr. Ayşe Tosun ve Arş. Gör. Müjgan OKUR'a ve Biyokimya Laboratuvarında birlikte çalıştığım diğer çalışma arkadaşlarıma, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
RESİMLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. BİYOSER MALZEMELER.....	4
2.1. İnorganik Matrisler.....	4
2.1.1. Sol-jel malzemelerde gözeneklilik.....	6
2.2. Mayalar.....	8
2.2.1. Mayaların çoğalması.....	8
2.2.2. Mayaların besin kaynakları.....	9
2.2.3. Günlük hayatımızda mayalar.....	9
2.2.4. Maya çeşitleri.....	10
2.2.5. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (ekmek mayası).....	10
2.2.6. Hücre kültürü.....	11
2.2.7. Kesikli kültürleme kinetiği.....	11
2.3. Biyoserler.....	13

Sayfa

2.3.1. Biyoserlerin ortaya çıkışı.....	13
2.3.2. Biyoserlerin avantajları.....	13
2.3.3. Biyoserlerin hazırlanma yöntemleri.....	14
2.3.4. Biyoserlerin yapısal özellikleri.....	20
2.3.5. Biyoserlerin uygulama alanları.....	24
3. TEKSTİL BOYALARI.....	32
3.1. Tekstil Boyalarının Özellikleri.....	32
3.2. Tekstil Boyalarının Arıtım Yöntemleri.....	33
3.2.1. Fiziksel arıtım yöntemleri.....	33
3.2.2. Kimyasal arıtım yöntemleri.....	34
3.2.3. Biyolojik arıtım yöntemleri.....	37
4. ADSORPSİYON.....	40
4.1. Adsorplayıcı Katılarda Gözeneklilik.....	40
4.2. Adsorpsiyon İzotermi.....	42
4.3. Kesikli Şartlarda Adsorpsiyon.....	43
4.4. Sürekli Şartlarda Adsorpsiyon.....	44
5. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	46
6. DENEYSEL YÖNTEM.....	50
6.1. Biyoser Malzeme Hazırlama.....	51
6.1.1. Nanasol hazırlama.....	51
6.1.2. Biyobileşen hazırlama.....	52
6.1.3. Biyoser malzemenin hazırlanması.....	53

Sayfa

6.2. Biyoser Malzemenin Karakterizasyonu.....	54
6.2.1. XRD analizi.....	54
6.2.2. Yüzey yapısı incelemesi.....	55
6.2.3. Hücre canlılık tayini.....	55
6.2.4. Yüzey alanı ve gözenek boyut dağılımı analizi.....	55
6.3. Biyosorpsiyon Deneyleri.....	56
6.3.1. Reaktif boyaların hazırlanması.....	56
6.3.2. Kesikli biyosorpsiyon deneyleri.....	57
6.3.3. Sürekli biyosorpsiyon deneyleri.....	59
7. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	61
7.1. Nanasolde Silika Tanecik Boyutunun Belirlenmesi.....	62
7.2. Nanasol ve Biyoser Malzemelerin XRD Analiz Sonuçları.....	63
7.3. Biyobileşenin (S.cerevisae Hücre Kültürü) Büyüme Kinetiğinin Belirlenmesi.....	65
7.4. Biyoser Malzeme Karakterizasyonu.....	66
7.4.1. Yüzey yapısı incelemesi.....	66
7.4.2. Hücre canlılık tayini.....	71
7.4.3. Yüzey alanı ve gözeneklilik analizi.....	76
7.5. Biyosorpsiyon Çalışmaları.....	82
7.5.1. Kesikli şartlarda biyosorpsiyon.....	82
7.5.2. Sürekli şartlarda biyosorpsiyon.....	93

Sayfa

8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR.....	97
EKLER.....	105
EK-1 XRD verileri.....	106
EK-2 <i>S.cerevisae</i> Hücre kültürü Kuru kütle tayini için kalibrasyon eğrisi.....	156
EK-3 <i>S.cerevisae</i> Hücre kültürü Kuru kütle tayini.....	157
EK-4 Malzemelerin SEM görüntüleri.....	158
EK-5 Malzemelerin Floresan mikroskobu görüntüleri.....	166
EK-6 Civa porozimetresi verileri.....	174
EK-7 Azot Adsorpsiyon verileri.....	209
EK-8 Reaktif boya spektrumları.....	219
EK-9 Reaktif boya kalibrasyon eğrileri.....	221
EK-10 Kesikli adsorpsiyon verileri.....	223
EK-11 Freundlich izoterm model eğrileri.....	228
ÖZGEÇMİŞ.....	229

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Depolama şartlarının biyoserdeki hücre canlılığına etkisi.....	23
Çizelge 2.2. Biyoser hazırlama ve uygulamaya yönelik çalışmalar.....	30
Çizelge 3.1. Fizikokimyasal arıtım yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları.....	36
Çizelge 3.2. Hücre sistemlerinin tekstil boyalarını giderme kapasiteleri.....	39
Çizelge 7.1. Nanasol ve biyoser malzemelerin yüzey alanı ve gözeneklilikleri.....	75
Çizelge 7.2. İzoterm model sabitleri.....	85

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Maya hücrelerinin mikroskop altındaki görünüşü.....	8
Şekil 2.2. <i>Saccharomyces cerevisae</i> hücrelerinin faz kontras mikroskopunda Görünüşü.....	10
Şekil 2.3. Kesikli kültürde hücre büyüme kinetiği.....	12
Şekil 2.4. Biyoser malzeme hazırlama yöntemleri.....	15
Şekil 2.5. Sol-jel yöntemiyle biyoser oluşum tepkimesi.....	16
Şekil 2.6. Biyoserin geçirdiği evrelerin moleküler gösterimi.....	16
Şekil 2.7. Dondurarak jelleştirme işlem basamakları.....	19
Şekil 2.8. <i>Bacillus sphaericus</i> JGA-12 hücresi tutuklu biyoser malzemenin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görünümü.....	20
Şekil 2.9. Biyoserlerin uygulama alanları.....	24
Şekil 2.10. <i>Rhodococcus rhodochrous</i> sporları tutuklu biyoserle fenol giderimine sorbitol içeriğinin etkisi.....	29
Şekil 2.10. <i>Aspergillus versicolor</i> sporları tutuklu biyoserle farklı glikolle giderimi.....	29
Şekil 4.1. Adsorpsiyon izoterm modelleri.....	42
Şekil 4.2. Dolgulu kolonda adsorpsiyon için akışkan derişim profili.....	45
Şekil 6.1. Dolgulu kolon sisteminin akış şeması.....	58
Şekil 7.1. Nanasolün içindeki silika tanecik boyutu (1. gün).....	61
Şekil 7.2. Nanasolün içindeki silika tanecik boyutu (10. gün).....	62
Şekil 7.3. Nanasol ve biyoser malzemelerin x-ışını difraktometre (XRD) analiz sonuçları.....	63
Şekil 7.4. <i>S. cerevisiae</i> hücre büyüme eğrisi.....	64
Şekil 7.5. Liyofilizatörde kurutulan hücre-biyoser (HBF) malzemenin kurutulduktan 10 gün sonraki SEM görüntüsü.....	65

Şekil	Sayfa
Şekil 7.6. Liyofilizatörde kurutulan hücre-biyoser (HBF) malzemenin kurutulduktan 60 gün sonraki SEM görüntüsü.....	66
Şekil 7.7. Etüvde kurutulan hücre-biyoser (HBO) malzemenin kurutulduktan 10 gün sonraki SEM görüntüsü.....	66
Şekil 7.8. Etüvde kurutulan hücre-biyoser (HBO) malzemenin kurutulduktan 60 gün sonraki SEM görüntüsü.....	67
Şekil 7.9. Etüvde kurutulan spor-biyoser (SBO) malzemenin kurutulduktan 10 gün sonraki SEM görüntüsü.....	67
Şekil 7.10. Etüvde kurutulan spor-biyoser (SBO) malzemenin kurutulduktan 60 gün sonraki SEM görüntüsü.....	68
Şekil.7.11. Liyofilizatörde kurutulan spor-biyoser (SBF) malzemenin kurutulduktan 10 gün sonraki SEM görüntüsü.....	68
Şekil 7.12. Liyofilizatörde kurutulan spor-biyoser (SBF) malzemenin kurutulduktan 60 gün sonraki SEM görüntüsü.....	69
Şekil 7.13. Liyofilizatörde kurutulan spor-biyoser (SBF) malzemenin kurutulduktan 10 gün sonraki Floresan mikroskobu görüntüsü.....	70
Şekil 7.14. Liyofilizatörde kurutulan spor-biyoser (SBF) malzemenin kurutulduktan 60 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü.....	71
Şekil 7.15. Etüvde kurutulan spor-biyoser (SBO) malzemenin kurutulduktan 10 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü.....	71
Şekil 7.16. Etüvde kurutulan spor-biyoser (SBO) malzemenin kurutulduktan 60 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü.....	72
Şekil 7.17. Etüvde kurutulan hücre-biyoser (HBO) malzemenin kurutulduktan 10 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü.....	72
Şekil 7.18. Etüvde kurutulan hücre-biyoser (HBO) malzemenin kurutulduktan 60 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü.....	73
Şekil.7.19. Liyofilizatörde kurutulan hücre-biyoser (HBF) malzemenin kurutulduktan 10 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü.....	73
Şekil 7.20. Liyofilizatörde kurutulan hücre-biyoser (HBF) malzemenin kurutulduktan 60 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü.....	74

Şekil	Sayfa
Şekil 7.21. Nanasolün adsorpsiyon izotermleri.....	76
Şekil 7.22. Nanasolün gözenek boyut dağılımı.....	76
Şekil 7.23. SBF malzemenin adsorpsiyon izotermleri.....	77
Şekil 7.24. SBF malzemenin gözenek boyut dağılımı	77
Şekil 7.25. HBF malzemenin adsorpsiyon izotermleri.....	78
Şekil 7.26. HBF malzemenin gözenek boyut dağılımı	78
Şekil 7.27. Reaktif yellow 176'nın kinetik eğrileri.....	81
Şekil 7.28. Reaktif blue 21'in kinetik eğrileri.....	82
Şekil 7.30. Reaktif oranj 16'nın kinetik eğrileri.....	82
Şekil 7.31. Reaktif blue 21'in adsorpsiyon izotermleri.....	83
Şekil 7.32. Reaktif yellow 176'nın adsorpsiyon izotermleri.....	83
Şekil 7.33. Reaktif oranj 16'nın adsorpsiyon izotermleri.....	84
Şekil 7.34. Reaktif blue 21'in adsorpsiyonuna adsorplayıcı katı derişiminin etkisi.....	86
Şekil 7.35. Reaktif oranj 16'nın adsorpsiyonuna adsorplayıcı katı derişiminin etkisi.....	87
Şekil 7.36. Reaktif yellow 176'nın adsorpsiyonuna adsorplayıcı katı derişiminin etkisi.....	87
Şekil 7.37. Reaktif oranj 16'nın adsorpsiyonuna pH'ın etkisi.....	88
Şekil 7.38. Reaktif blue 21'in adsorpsiyonuna pH'ın etkisi.....	89
Şekil 7.39. Reaktif yellow 176'nın adsorpsiyonuna pH'ın etkisi.....	89
Şekil 7.40. Reaktif yellow 176'nın adsorpsiyona sıcaklığın etkisi.....	90
Şekil 7.41. Reaktif oranj 16'nın adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi.....	91
Şekil 7.42. Reaktif blue 21'in adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi.....	91

Şekil	Sayfa
Şekil 7.43. Reaktif yellow 176'nın sıçrama eğrisi.....	92
Şekil 7.44. Reaktif oranj 16'nın sıçrama eğrisi.....	93
Şekil 7.45. Reaktif blue 21'in sıçrama eğrisi.....	93
Şekil 7.46. SBF malzemenin reaktif boya adsorpsiyonuna ait sıçrama eğrisi.....	94

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 6.1. Kurutulan nanasol.....	50
Resim 6.2. Hazırlanan biyoser malzemeler.....	53
Resim 6.3. Dolgulu kolon çalışma sistemi.....	59

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
μ	Hücre büyüme hız sabiti
g	Hücre büyüme süresi
C_0	Boya başlangıç derişimi
C_b	Sıçrama eğrisi başlangıç derişimi
C_d	Sıçrama eğrisi bitiş derişimi
C_e	Boya denge derişimi, mg/L
K	Freundlich izoterm sabiti
n	Freundlich izoterm sabiti
q	Adsorplanan madde miktarı, mg/g
Kısaltmalar	Açıklama
BB	Biyobileşen
BET	Brunauer-Emmet-Teller
HBF	Liyofilizatörde kurutulan hücre kültürlü biyoser
HBO	Etüvde kurutulan hücre kültürlü biyoser
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
PCB	Poli klorlu bifenil
SBF	Liyofilizatörde kurutulan sporlu biyoser
SBO	Etüvde kurutulan sporlu biyoser

Kısaltmalar	Açıklama
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
TEOS	Tetra etil orto silikat
TMOS	Tetra metil orto silikat
UV	Ultra viyole
XRD	X-ışını difraktometresi

1. GİRİŞ

Son yıllarda malzeme bilimi ve biyoteknoloji alanlarındaki gelişmeler, çok fonksiyonlu yeni kompozit malzemelerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu malzemelerden biri de biyoser malzeme olarak tanımlanan inorganik-biyoorganik nanokompozit malzemelerdir.

Biyoser malzeme, inorganik yapıdaki seramik matriks içine canlı mikroorganizmaların veya diğer bazı biyolojik yapıların (biyobileşen) tutuklanmasıyla elde edilir. Mikroorganizma olarak bakteriler, mayalar, küfler, bitki ve hayvan hücreleri ile hücreden elde edilen protein, enzim gibi alt birimler kullanılır. Burada önemli olan biyolojik yapının seramik yapı içinde canlılığını sürdürebilmesidir [Böttcher ve ark., 2004].

Doğada kemik, deniz kabuğu, diş gibi inorganik-biyoorganik kompozitler, oldukça karmaşık işlemler sonucunda, protein, polisakkarit gibi özel biyolojik yapıların, şekli, boyutu ve yapısı kontrol edilebilen inorganik malzemeye birleşmesi sonucu oluşur. Malzeme bilimcilerin uzun yıllardır amacı, canlı organizmanın özelliklerine sahip, karakteristik yapısıyla hem kimyasal tepkimelerin devamını sağlayan, hem de çevresel değişimlere yanıt veren bir malzeme yaratmaktır. Bu amaç doğrultusunda, canlı hücre ile sentetik malzemenin birleşimi fikri ilk kez 1989'da Carturan tarafından ortaya kondu ve bu fikir biyoser malzemenin gelişmesine olanak sağladı.

Biyoser malzemelerin sahip olduğu avantajlar tıp, teknoloji gibi alanlarda kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Bu avantajların başında, biyoser malzemenin birincil bileşeni olan inorganik yapıdaki seramik yapının canlı hücreyi koruyucu özellikte olmasıdır. Bu seramik yapı, biyolojik ve toksikolojik açıdan inert olup mikroorganizma için bir yiyecek kaynağı değildir. Hücrenin besin, depolama, nem

gibi gereksinimlerini karşılayarak canlılığını sürdürmesini sağlar. Ayrıca biyobileşene mekanik, termal ve fotokimyasal kararlılık kazandırır. Biyoser malzemenin bir diğer avantajı, gözenekli olmasıdır. Gözeneklilik, biyobileşenin dış ortamdaki kimyasallara kolayca ulaşmasına ve biyokimyasal tepkimelerin inorganik matriks içinde hızla gerçekleşmesine olanak sağlar. Malzemenin gözenekliliğinin ve biyobileşenin bozulmadan uzun süre kalmasının hazırlanma koşulları ile büyük ölçüde kontrol edilebilmesi de önemli avantajlarından birisidir.

Biyobileşenlerin çok çeşitli olması, biyoserlerin farklı teknik uygulama alanlarında kullanılmalarına imkan sağlamaktadır. Biyoser malzemenin içinde tutuklu canlı hücrelerin metabolik aktivitelerinden özellikle tıp alanında faydalanılmaktadır. Biyokatalizör (enzim vs.), biyosensör (BOD sensör vs.) ve yapay organ (pankreas vs.) üretimi bu alandaki uygulamalardan bazılarıdır. Tutuklu canlı ve ölü hücrelerin yapısal özelliklerinden yeni nanomalzemelerin üretiminde yararlanılmaktadır. Metal üzerinde nano boyutta desenlerin oluşturulması, şablon malzeme üretimi bu alandaki çalışmalara örnek olarak verilebilir.

Biyoser malzemelerin önemli uygulama alanlarından biri de atıksu arıtımıdır. Atık su arıtımına yönelik yapılan çalışmalarda, atık sudaki fenol, klorlu fenol ve çeşitli ağır metal iyonlarının (çinko, kadmiyum, kurşun, kobalt vs.) giderimine çalışılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır.

Günümüzde su kirliliğinin büyük boyutlara ulaşması, su kaynaklarının kısıtlı olması ve sularda yaşayan canlıların yaşamlarının tehlikeye girmesi, bu kirliliğin başlıca yaratıcıları olan endüstri kuruluşlarını kirliliğin kontrol edilmesi adına yasalar doğrultusunda ciddi önlemler almaya itmektedir. Bu endüstri kollarından birisi de tekstil endüstrisidir.

Tekstil endüstrilerinde renk verici olarak kullanılan boyalar, su kirliliğinin sadece küçük bir bölümünü oluşturmakla birlikte, parlaklıkları nedeniyle sularda hem görüntü kirliliği yaratmakta, hem de kimyasal yapılarıyla sulardaki canlı yaşama zarar vermektedir. Tekstil boyalarının gideriminde genelde fizikokimyasal yöntemler uygulanmaktadır; ancak bu yöntemlerin hem maliyetlerinin yüksek olması, hem de yoğun çamur yığınları yaratması yeni alternatif yöntemlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Bu yöntemlerden biri olan biyolojik arıtım yöntemi, büyük miktarda atığın daha düşük maliyetle arıtımını sağlamaktadır [Robinson ve ark., 2001].

Atıksu arıtımı için geliştirilebilecek malzemelerden biri de biyoser malzemelerdir. Biyoserlerin sudaki çeşitli organik ve inorganik kirleticilerin gideriminde kullanılmalarına yönelik olarak yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar alınması, bu malzemelerin tekstil boyalarının gideriminde de kullanılabileceği düşüncesini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın amacı, sol-jel yöntemiyle silika yapı içine canlı maya hücresi ve sporlarını (*Saccharomyces cerevisiae*) tutuklayıp farklı kurutma koşullarında (dondurarak kurutma, ısı ile kurutma) biyoser malzemeler elde etmek, elde edilen bu malzemelerin karakterizasyonunu yapmak ve bu malzemeler ile sulu ortamdaki çeşitli tekstil boyalarının giderilme olanaklarını araştırmaktır.

2. BİYOSER MALZEMELER

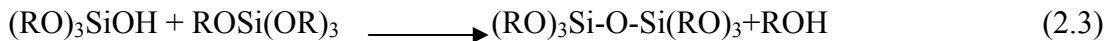
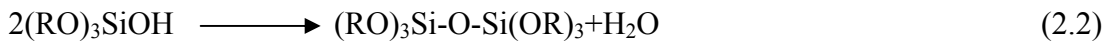
Biyoser malzemeler, inorganik matris ve biyoorganik yapı olmak üzere iki ana bileşenden oluşur:

2.1. İnorganik Matrisler

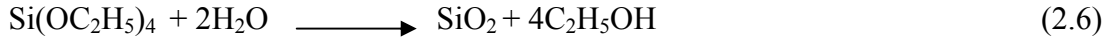
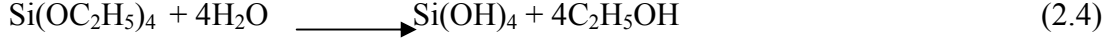
Biyoser malzemenin birincil bileşeni olan inorganik matris sol-jel teknolojisi ile elde edilir. Sol-jel işleminde tepkimeyi başlatan madde olarak suyla çok hızlı tepkime verdiklerinden metal alkoksit bileşikler kullanılır. Metal alkoksitler, bir metal (Al,Ti vb.) veya yarı metale (Si vb.) bağlı organik yapılardan oluşur. En yaygın kullanılan metal alkoksitler, tetrametil ortosilikat (TMOS) ve tetraetil ortosilikattır (TEOS).

Silika yapı içine biyomolekül immobilizasyonu prosesi, alkoksit başlatıcıların asit ya da baz katalizörlüğünde hidroliz olması ile başlar; hidroksil gruplarının kondensasyon ve polikondensasyon reaksiyonları ile devam eder. Bu reaksiyonlar sonucunda gözenekli jel oluşur. Tetra metil orto silikat (TMOS), tetra etil orto silikat (TEOS) gibi düşük molekül ağırlıklı metal alkoksit başlatıcı uygun çözücünde asit katalizörlüğünde suyla hidroliz (2.1) olur. Hidroliz sonucunda silanol (Si-OH) grupları oluşur. Bu silanol grupları kondensasyon reaksiyonu (2.2) ile siloksanlara (-Si-O-Si-) dönüşür. Silanol ve siloksan gruplarının polikondensasyon reaksiyonları (2.3) ile silika (SiO₂) matrisler oluşur [Kandimella ve ark.,2006].

Hidroliz, kondensasyon ve polikondensasyon reaksiyonları aşağıda verilmiştir:



Yukarıdaki tepkimeler TEOS için aşağıdaki gibidir:



Sol-Jel tepkimeleri sonucunda elde edilen silika sol-jel, gözenekli, şeffaf, kimyasal olarak inert, mekanik olarak dayanıklıdır; organik çözücülerde çözünmez ve biyobileşenler için uygun ortam oluşturur.

Silika sol-jelin gözeneklerindeki sıvı ısıtılarak buharlaştırıldığında malzeme büzülür ve oluşan yapı kserojel adını alır. Kserojeller mükemmel mekanik dayanıma ve kimyasal dirence sahiptir. Ancak gözeneklerdeki sıvının tamamen uzaklaştırılması, gözeneklerde difüzyona sınırlama getireceğinden biyobileşenin biyoaktifliğini azaltacaktır [Kandımalla ve ark., 2006].

Sol-jel tepkimeleri sonucu elde edilen malzemenin yapısı ve özellikleri, sadece başlatıcı maddenin kimyasal bileşimine değil, aynı zamanda katalizör, çözücü cinsine, pH ve sıcaklığa ve su/silika molar oranına bağlıdır. Bu parametreler hidroliz ve kondensasyon tepkimelerini büyük ölçüde etkiler ve son ürünün nano ve mikroyapısının kontrolüne izin verir. Sistemin kontrolü de biyobileşenle seramik matriks arasındaki dengenin kurulmasında önemli etkiye sahiptir. Ayrıca solün jelleşmeye başlama süresi, jelin kuruma süresi, bağıl nem gibi parametreler de bu malzemelerin performans sürelerini etkiler.

Sol-jel tekniği ile biyobileşenin seramik yapı içine tutuklanmasında en önemli sorun, alkoksit başlatıcının hidroliz ve kondensasyon tepkimeleri sonucunda oluşan alkolün biyobileşenin aktivitelerini azaltmasıdır. Bu durum genelde poligliseril silikatlar kullanılarak aşılıma çalışılır. Kararlı yapıda olan ve suda çözünebilir poligliseril silikatlar hızla hidrolize olarak sıvıda jelleşir ve son ürün olan kserojelin şeffaf,

mezogözenekli ve fiziksel olarak kararlı olmasını sağlar. Bu şekilde hazırlanan sol-jel malzemelerin gözenekliliği yüksek, büzüşmeleri az, biyobileşen tutma kapasiteleri yüksektir. Ayrıca biyobileşenin biyoaktivitelerini %98 oranında gerçekleştirmesine olanak sağlarlar.

Sol-jel malzemelere yüksek geçirgenlik, gözeneklilik, hidrofilik ve düşük kırılma gibi özellikler kazandırmak için farklı metal alkoksitler ve matrisler geliştirilmiştir. Bunlar inorganik, organik ve hibrit yapıda malzemelerdir. Bu malzemelerin her birinin avantaj ve dezavantajları vardır. İnorganik sol-jel malzemeler, geçirgen, kimyasal olarak dayanıklı, fakat kırılma ve gözenekliliği düşük olan malzemelerdir. Organik yapıdaki sol-jel malzemeler, gözenekliliği fazla, elektrokimyasal faaliyetlere olanak sağlayan, fakat kırılma ve optik geçirgenliği düşük malzemelerdir. Hibrit sol-jel malzemeler ise, esnek yapıda, gözeneklilik ve hidrofilik-hidrofobik dengenin kontrol edilebildiği, fakat optik geçirgenliği düşük ve kuruturken büzüşme miktarı fazla olan malzemelerdir. Bu malzemelerin dışında sol-jel malzemelerin mekanik dayanım ve iletkenlik özelliklerini geliştirmek için platin, palladyum, grafit, kil, selüloz gibi nano ve mikro taneciklerin ilavesi ile güçlendirilmiş matris yapılar elde edilir.

2.1.1. Sol-Jel malzemelerde gözeneklilik

Biyobileşenin verimliliğini artırmak için, silika matris gözenekliliğinin iki gereksinimi karşılaması gerekir.

Bunlardan birincisi, iyon, molekül, tepkime ürünleri, biyobileşen ve bakteri gibi büyük yapıların geçişini sağlayacak kadar büyük olmalıdır. İkincisi ise, tutuklu makro moleküllerin çıkışını önleyecek kadar küçük olmalıdır. Silika matrisin küçük gözeneklerinde ya da büyük gözeneklerindeki dar bölgelerde madde ve ürünün difüzyon sabiti büyük ölçüde azalabilir. Matris içinde büyük veya çok küçük gözeneklerin sayısı fazlaysa, matris içindeki madde derişimi matris yüzeyine göre daha azdır. Madde difüzyon hızı biyobileşene göre çok düşükse matris yüzeyine yakın biyobileşenler matris girişindeki maddelerin büyük kısmını

kullanır ve matriks içindeki madde derişimi sıfıra yakın olur. Bu tür problemlerin üstesinden gelebilmek için gözenek boyutu ve yoğunluğunun kontrollü yapılması gerekir. Bu amaçla da gözenek boyutunu geliştirici maddeler kullanılmalıdır. Bunlar alkol, çeşitli çözücüler ya da yüzey aktif maddeler olabilir.

Jie ve arkadaşları geliştirdikleri makro gözenekli (100µm) sol-jel biyocamların üretiminde, gözenek boyutunu artırıcı madde olarak polivinil alkol kullanmışlardır. Polivinil alkol/sol oranlarını değiştirerek gözenek boyutunu kontrol etmişlerdir [Jie ve ark.,2004]. Xi ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, HCl, HF, HNO₃ gibi katalizörlerin tetraetoksilan (TEOS) ile hazırlanan sol-jel malzemenin gözenek boyutuna etkisini incelemişlerdir [Xi ve ark.,1995].

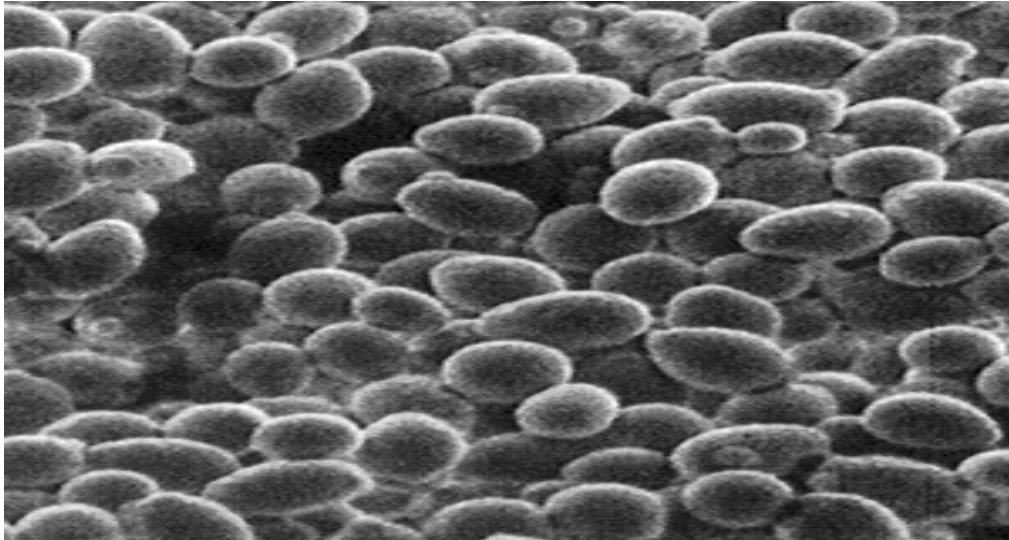
Solden jele geçişten sonraki yaşlandırma işleminde, matriks yapı içindeki çözücünün uzaklaşması ile ağ yapı oluşumu artar ve sonuçta iç yapıdaki polarite ve viskozite değişimi ile ortalama gözenek boyutu azalır. Gözenek boyutunun azalma miktarı yaşlandırma şartlarına bağlıdır. Silika sol-jel matriksteki gözeneklerin homojen bir dağılım göstermemesi, malzeme yapısında kırıklara çatlaklara neden olur. Bu problemi çözmek için araştırmacılar çeşitli kimyasal katkıları (triton X, kuarternir amonyum bileşenleri, kopolimer vb.) kullanmışlardır [Lev, 1992 ve Wang ve ark., 1998]. Bu çalışmalarda, hidrojel ve kserojel (ıslak ve yaşlandırılmış jel) gözenek boyutlarının 2-20 nm ve 4-100 nm arasında değiştiği belirlenmiştir.

2.2. Mayalar

Mayalar bakteriler gibi tek hücreli canlılardır. Genellikle oval, silindirik ve yuvarlak şekle sahiptirler. Büyüklükleri cinslerine göre değişmekle birlikte 2-8 μm çapında ve 3-15 μm uzunluğundadırlar. Hücreler genellikle aktif üreme sürecinde düz ve dallanmış zincirler yaparlar. Doğaya geniş ölçüde yayılan mayalar, şekerli ortamlarda özellikle meyve ve çiçeklerde sık bulunurlar. 47°C'nin üstünde ve 0 °C'nin altına faaliyet gösteremezler. Aerobik ve anaerobik şartlarda yaşayabilirler; ancak hücresel yapıların sentezinde, çoğalma ve metabolik faaliyetlerin devamında fazla enerjiye gereksinim duydıklarından aerobik şartlar gelişmeleri için daha elverişlidir.

2.2.1. Mayaların çoğalması

Mayalar genelde tomurcuklanma şeklinde çoğalırlar. Bu özellik, onların mikroskop altında tanınmalarını sağlar. Tomurcuklanma esnasında maya hücreleri 8-şeklindeki formlarda görünürler (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Maya hücrelerinin mikroskop altındaki görünüşü [Wirgine,2006]

2.1.2. Mayaların besin kaynakları

Mayalar metabolik aktivitelerini yerine getirebilmeleri için belli temel besinlere gereksinim duyarlar. Bunlar;

- a- Karbon kaynağı (enerji gereksinimi için)
- b- Azot kaynağı
- c- Kükürt kaynağı
- d- Fosfor kaynağı
- e- Çeşitli mineral besinler (demir, magnezyum vs.)
- f- Su

Mayalar bu kaynakları iki farklı büyüme ortamında sağlayabilirler:

1. Tanımlanmış ortam:

Glukoz, amonyum klorür, amonyum sülfat ve inorganik tuzlar (kükürt, fosfor ve mineralleri içeren tuzlar) gibi belirli kimyasal bileşime sahip sentetik ortamdır.

2. Karmaşık ortam:

Çeşitli bitki ve hayvan ekstraktları içeren, kimyasal bileşimleri bilinmeyen doğal ortamdır.

2.1.3. Günlük hayatımızda mayalar

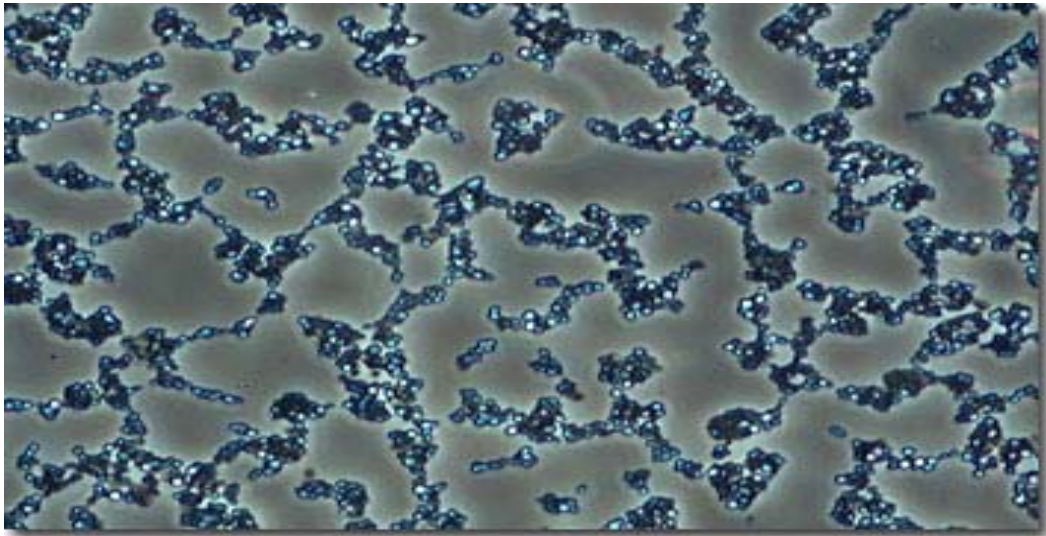
Mayalar bitki ve hayvanlara zararlı etkiler yapsalar da, alkol fermentasyonunda, ekmek yapımında, yağların, proteinlerin ve B kompleks vitaminlerinin hazırlanmasında ve çok kısa sürede çoğalabilen en basit ökaryotik hücre (3-15µm boyutunda organellerini stoplazma içinde barındıran ve çekirdeği zarla kaplı hücre) olduklarından mikrobiyolojide önemli role sahiptirler.

2.1.4. Maya çeşitleri

Günlük yaşantımızda en çok karşılaştığımız ve üzerinde en çok çalışma yapılan maya türü *Saccharomyces cerevisiae* (ekmek mayası)'dır. Mavi ve siyah küfler (*Aspergillus* ve *Penisillum* türleri vs.) bitkilerde parazit külleme mantarları ve kadeh biçimli mantarlar da diğer maya türleridir.

2.1.5. *Saccharomyces cerevisiae* (ekmek mayası)

Aerobik şartlarda ekmek mayası üretiminde anaerobik şartlarda alkol, bira, şarap yapımında kullanılan *S. cerevisiae*, kolay kültürlenmesi ve kısa sürede çoğalması nedeniyle bilimsel çalışmalarda da önemli bir yere sahiptir. Şekil 2.2'de *S. cerevisiae* hücrelerine ait mikroskop görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.2. *Saccharomyces cerevisiae*'nin faz kontras mikroskopunda görünüşü
(microscopyu.com 2006)

2.1.6. Hücre kültürü

Mikroorganizmaların gelişme ve üremeleri için gerekli besinleri ve uygun koşulları içeren ortama besi ortamı denir. Genellikle belli miktarda istenilen tür ya da türlerde mikroorganizma içeren besin ortamına kültür; mikroorganizmaların besin ortamında gelişmesini ve üremesini sağlayan işleme kültürleme denir. Kültürleme işleminde yüksek verim almak için olabildiğince aktif (genç ve canlı) mikroorganizmalarla çalışılması istenir. Bu nedenle laboaratuvar şartlarında mikroorganizma agarlı besi ortamında 0-4 °C’de saklanır. Agar, büyüme ortamını katılaştırmak için kullanılan, besin değeri olmayan, yosundan elde edilen karmaşık karbonhidrat ekstraktıdır. Katı agar 90-100 °C’de erirken, sıvı agar 42 °C’de katılaşır [Tosun, 2005].

2.1.7. Kesikli kültürleme kinetiği

Kesikli kültürlemede hücre büyümesi dört farklı fazdan oluşur [Becker ve ark., 1996]:

1. Gecikme fazı (lag fazı)
2. Logaritmik faz (log fazı)
3. Durağan faz
4. Gerileme fazı

Gecikme fazında, belirli besin ortamına aşıl原因 hücreler yeni ortama uyum sağlamaya çalışır. Hücre sayısında hemen hemen hiç artış gözlenmez. Hızla çoğalmaya başlayayana kadar belirli bir süre geçer. Bu süre, *Saccharomyces cerevisiae* için 30°C’ de yaklaşık 3 saat iken, bir bakteri olan *Escheirchia coli* için 37°C’de 10-60 dakikadır. Bu fazın süresini, sıcaklık, eski ve yeni ortamın besin düzeyleri, yaş, genotip, eski ortamdan gelebilecek kirliliklerin derişimi havalandırma gibi faktörler etkiler.

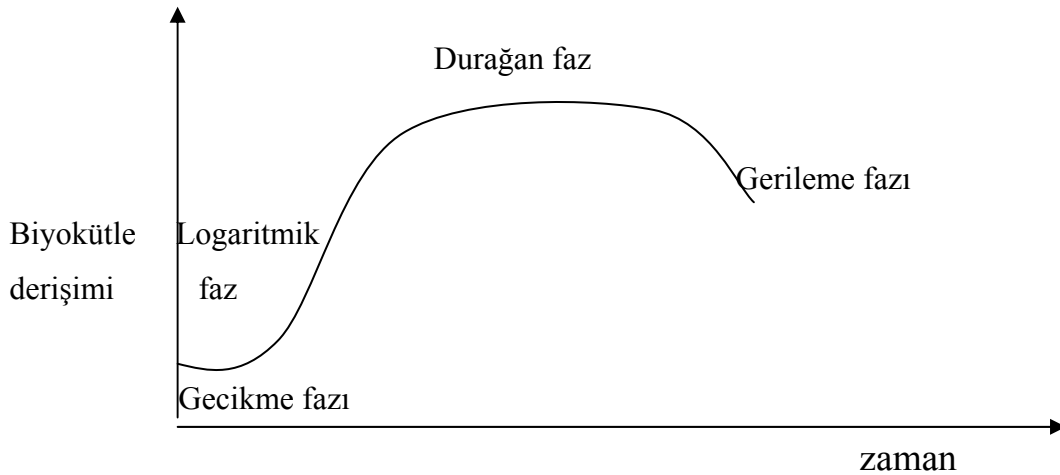
Logaritmik fazda, hücreler hızlı bir şekilde büyümeye başlar. Faz süresince büyüme hızı, ortamın havalandırılmasına ve besin düzeyine bağlıdır. Maya kültürleri için sınırlayıcı faktör oksijendir ve yeterince oksijenin çözünmesi için kültür hızlı bir şekilde karıştırılmalıdır. Hücre sayısının iki katına çıkması için gerekli süre, *S. cerevisiae* için 30°C’ de 90-200 dakika iken; *E.coli* için 37°C’de 20-60 dakikadır. Büyüme hız sabiti, μ ;

$$\mu = \ln 2 / g \quad (2.7)$$

formülü ile verilir. Burada, g üreme süresini ifade eder.

Durağan fazda, besinlerin tükenmesi ve ortamda biriken ürünlerin yavaşlatıcı etkisi nedeni ile büyüme hızı yavaşlar. Hücrelerin bir kısmı bölünürken bir kısmı ölür. Bu nedenle hücre sayısı sabit kalır.

Gerileme fazında besinin tükenmesi ya da zehirli madde oluşumu nedeni ile hücre ölüm hızı artarken ve hücre derişimi azalır (Şekil 2.3)



Şekil. 2.3. Kesikli kültürde hücre büyüme kinetiği

2.3. Biyoserler

Biyoser, malzeme bilimi ile biyoteknolojinin işbirliği sonucu ortaya çıkan nanokompozit bir malzemedir. İnorganik yapıdaki seramik matriks içine canlı mikroorganizmaların ya da diğer bazı biyolojik yapıların (biyobileşen) tutuklanmasıyla elde edilir. Mikroorganizma olarak bakteriler, mayalar, küfler, bitki ve hayvan hücreleri ile hücreden elde edilen protein, enzim gibi alt birimler kullanılır. Burada önemli olan biyolojik yapının seramik yapı içinde canlılığını sürdürebilmesidir [Böttcher ve ark., 2004].

2.3.1. Biyoserlerin ortaya çıkışı

Doğada kemik, deniz kabuğu, diş gibi inorganik-biyoorganik kompozitler, oldukça karmaşık işlemler sırasında protein, polisakkarit gibi özel biyolojik yapıların, şekli, boyutu ve yapısı kontrol edilebilen inorganik malzemeye birleşmesi sonucu oluşur. Malzeme bilimcilerin uzun yıllardır amacı, canlı organizmanın özelliklerine sahip, karakteristik yapısıyla hem kimyasal tepkimelerin devamını sağlayan hem de çevresel değişimlere cevap veren bir malzeme yaratmaktır. Bu amaç doğrultusunda, canlı hücre ile sentetik malzemenin birleşimi fikri ilk kez 1989'da Carturan tarafından ortaya kondu ve bu fikir biyoser malzemenin gelişmesinin temelini oluşturdu.

2.3.2. Biyoserlerin avantajları

Biyoser malzemelerin sahip olduğu avantajlar tıp, teknoloji gibi uygulama alanlarında kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Bu avantajlar şunlardır:

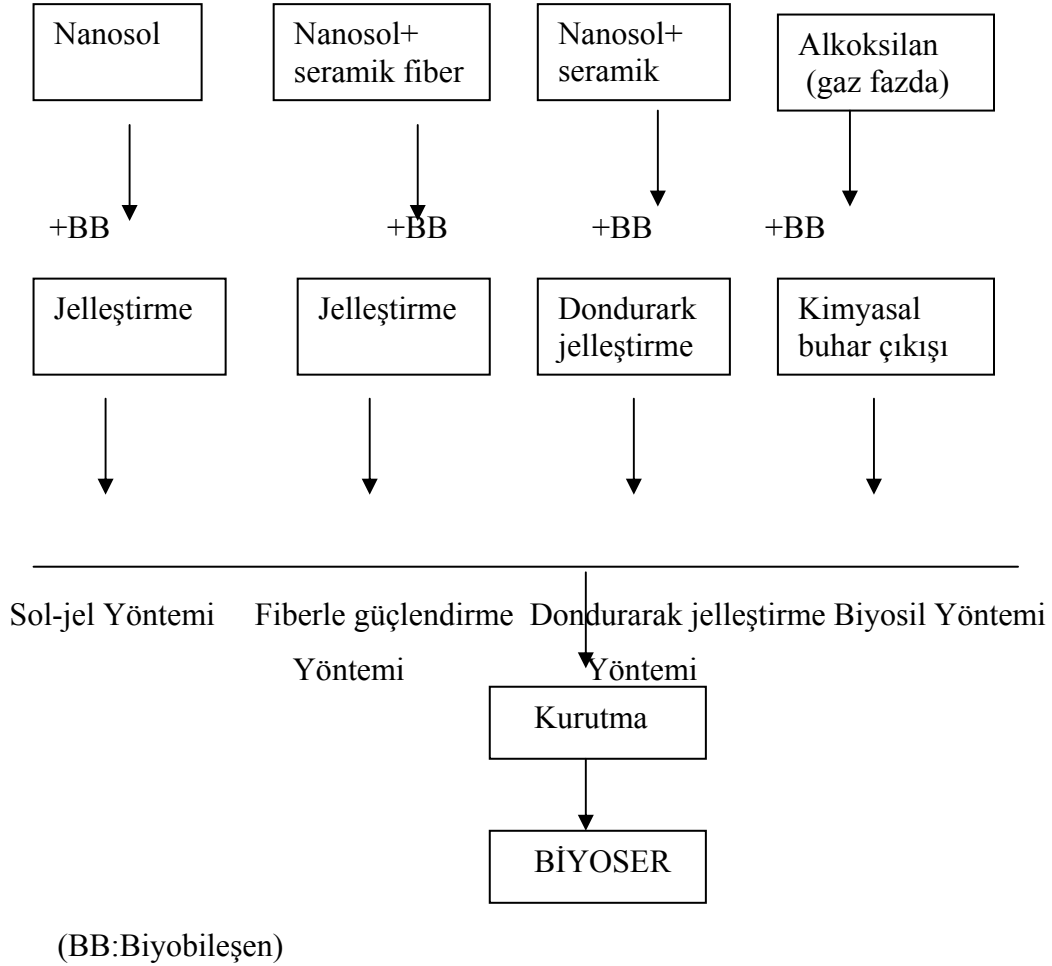
a) Canlı hücreyi koruyucu özellikteki seramik yapı, biyolojik ve toksikolojik açıdan inerttir ve mikroorganizma için yiyecek kaynağı değildir.

- b) Malzemenin gözenekli olması, biyobileşenin dış ortamdaki kimyasallara ulaşmasına ve biyokimyasal tepkimelerin inorganik matriks içinde hızla gerçekleşmesine olanak sağlar.
- c) Seramik yapı, besin, nem, depolama gibi gereksinimleri karşılayarak biyobileşenin canlılığını sürdürmesini sağlar.
- d) Malzemenin ılımlı sıcaklık ve fizyolojik şartlarda hazırlanması, biyobileşenlerin bozulmadan kullanılmasına izin verir.
- e) İnorganik yapıdaki seramik matriks, biyobileşene mekanik, termal ve fotokimyasal kararlılık kazandırır.
- f) Biyobileşenlerin tutuklanma derecesi ve malzemenin gözenekliliği geniş aralıkta kontrol edilebilir.
- g) Biyobileşenlerin çok çeşitli olması, biyoserlerin farklı teknik uygulama alanlarında kullanılmalarına olanak sağlar.

2.3.3. Biyoserlerin hazırlanma yöntemleri

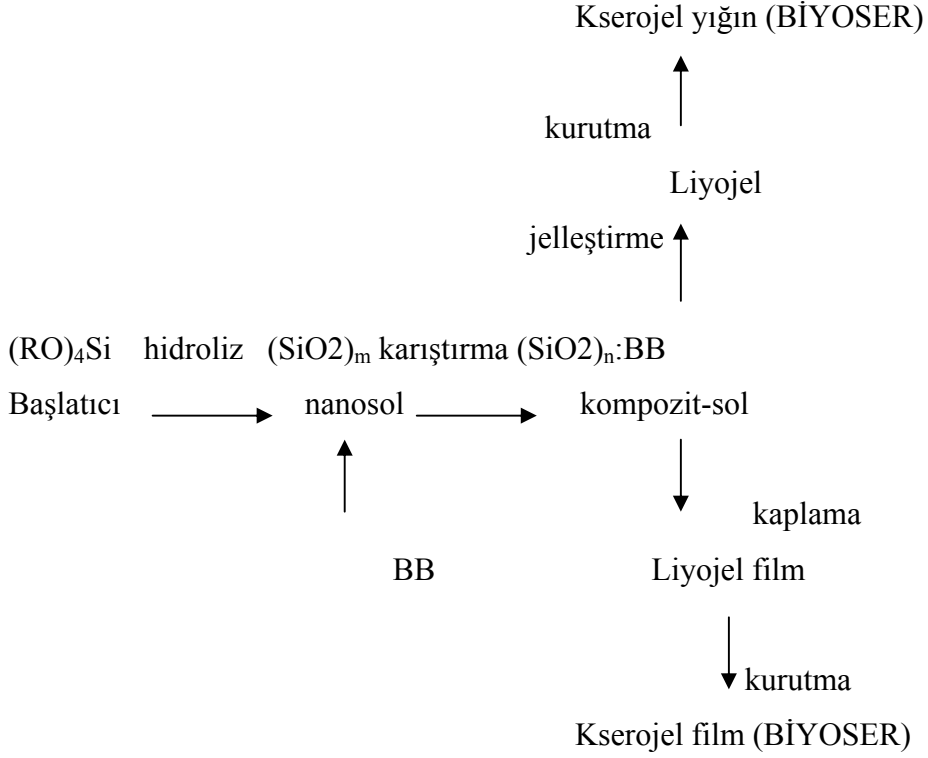
Biyoserler genel olarak silika ya da metal oksit içeren nanosolün biyobileşenle karıştırılmasından sonra oda sıcaklığında jelleştirilip kurutmasıyla hazırlanır. Burada önemli olan konu, biyobileşenin canlılığını sürdürebilmesi için gerekli şartların (düşük sıcaklık, nötr sıvı çözelti, hassas katılaştırma ve kurutma) sağlanması gerekliliğidir.

Biyoserler, sol-jel, fiberle güçlendirme, dondurarak jelleştirme ve biyosil olmak üzere dört farklı yöntemle hazırlanmaktadır (Şekil 2.4).

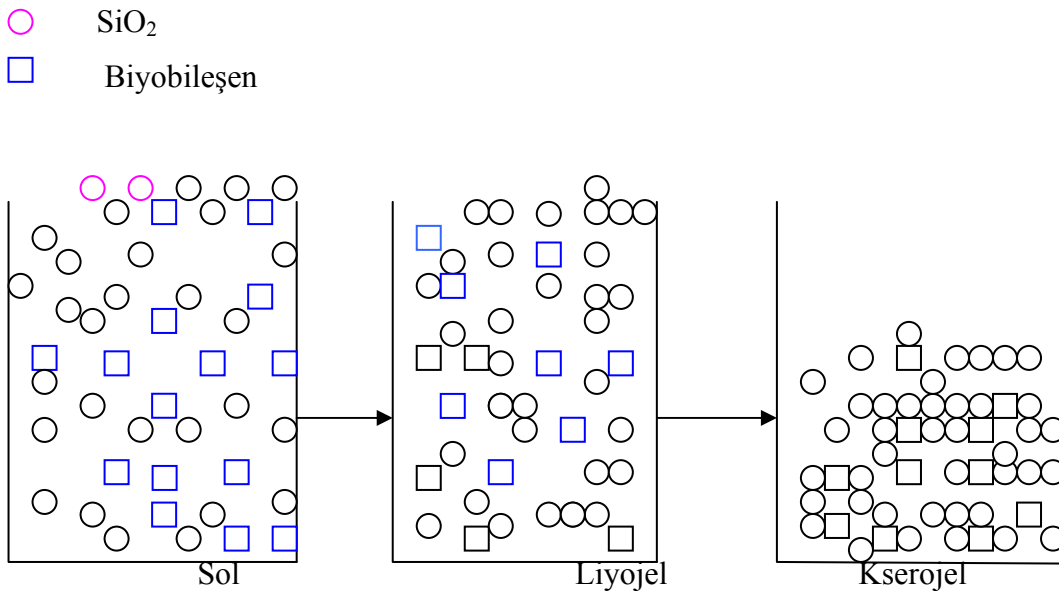


Şekil 2.4. Biyoser Hazırlama Yöntemleri [Böttcher ve ark.,2004]

Sol-jel yöntemi



Şekil 2.5. Sol-jel yöntemiyle Biyoserin oluşum tepkimesi [Böttcher ve ark.,2004]



Şekil 2.6. Biyoserin geçirdiği evrelerin moleküler gösterimi [Böttcher, H.,2000]

Şekil 2.5’de verilen tepkimeye göre, silika ya da metal alkoksitler, alkali veya asit katalizör eşliğinde, etanol gibi suda çözünen organik çözücüyle hidroliz edilerek nanosol elde edilir. Çözücü olarak kullanılan alkol biyobileşeni bozabileceğinden nanosol içinden hava geçirilerek alkol uzaklaştırılır. Geçirgen, kararlı, nano tanecik dağılımında, % 4-20 katı içeren nanosol, biyobileşenle karıştırılır. Biyobileşen oksit matrikse kovalent bağla bağlanarak kompozit-sol elde edilir. Nanosol, taneciklerin toplanması ve üç boyutlu çarpaz bağlanma ile büyük olan yüzey/hacim oranını küçültmek yani jelleşmek eğilimindedir. Bu işlem, sıcaklık artırılarak, nötrleştirme ve katalizör kullanımı ile gerçekleştirilebilir. Nötrleştikten sonra jelleşen nanosol, sıcaklık veya derişim daha da artırılarak çözücü içeren liyojele dönüşür. Jelleşme süresince biyobileşen inorganik matriks içine hapsedilir. Biyobileşenin tutuklanması, gözenek oluşturuıcı katkı maddesi (sorbitol vs.) ilavesiyle ve biyobileşen/oksit oranı kontrol edilerek çok hızlı ve verimli bir şekilde yapılabilir. Liyojel kurutulup çözücü uzaklaştırıldıktan sonra yığın ürün veya film şeklinde kserojeller oluşur. Solden kserojelele geçiş sırasında biyobileşenler önce SiO_2 molekülleri arasında gelişigüzel dağılırken, daha sonra SiO_2 molekülleri biraraya gelerek biyobileşeni sarmakta ve onu içine hapsetmektedir. Böylece hacimde küçülmektedir (Şekil 2.6)

Yığın halde biyoser malzeme elde etmek için yüksek katı içerikli sol gerekir ki, bu da polisilik asitin ticari sulu çözeltisi kullanılarak sağlanır. Film şeklinde ürün eldesi ise, kompozit solun uygun bir yüzeye kaplanıp kurutulmasıyla sağlanır. Yığın haldeki biyoserler boyut küçültülerek uygun biyoreaktörlerde kullanılabilir. Film şeklindeki biyoserler ise, biyosensör veya biyorektörlerde dolgu maddesi olarak kullanılabilir.

Fiberle güçlendirilen biyoserler

Biyoserler, 2-3 µm çapında alüminyum fiber ilavesiyle mükemmel dayanım kazanırlar. Kalıplama ve havada kurutma işlemleriyle dolgu maddesi olarak hazırlanabilir. Bu tür biyoserler mükemmel mekanik davranış sergilerler, çok yüksek dayanım gösterirler ve kurutma sırasında zayıf kırılabilirliğe sahiptir. Biyobileşen miktarı az ise (kütlece %5) yüksek kararlılıktadır. Ayrıca malzemenin gözenekli olması biyobileşenin matriks içine daha iyi tutuklanmasını sağlar. Matriksin içerdiği su, biyobileşenin canlılığını sürdürmesini ve yüksek biyokatalitik aktivite göstermesini sağlar. Biyokatalitik işlemlerde çok az miktarda biyobileşen istendiğinden alüminyum tozu ilavesiyle çok ucuz bileşimlerde elde edilebilir.

Dondurarak jelleştirme yöntemi

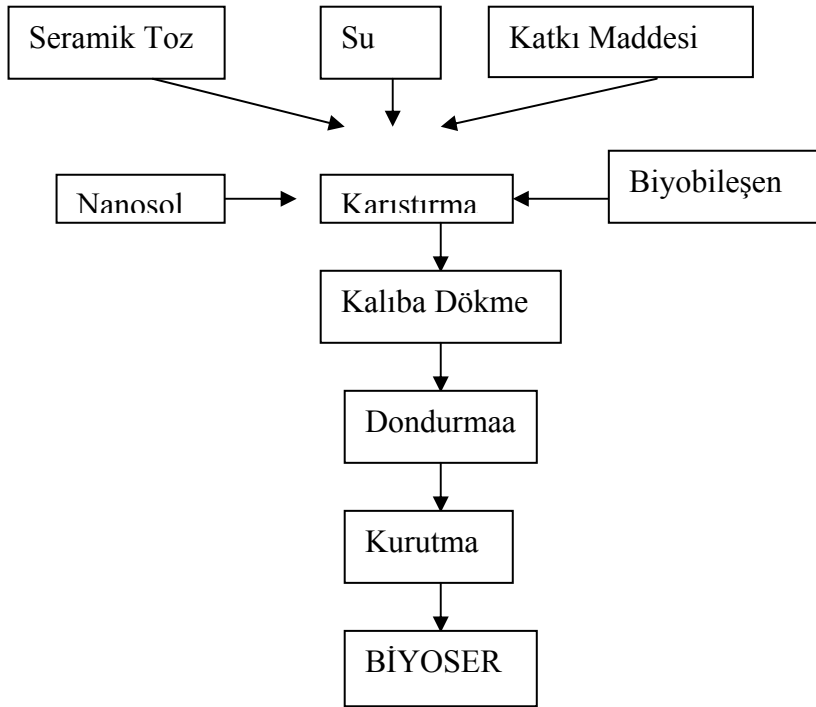
Sol-jel yöntemine alternatif olarak geliştirilen bu yöntemle, düşük maliyetle, kırılabilirlik ve çatlak oluşumunun yok denecek kadar az olduğu, gözenekliliğin kontrol edilebildiği, biyobileşenin daha güvenilir tutuklandığı biyoser malzeme elde edilir. Çok yönlü, çok etkili ve çevreyle dost olan bu yöntem, seramik matriksin gözenek karakteristiğinin kontrolüne olanak sağlar. Donma sırasında nanosolun jel haline geçmesi, çözücünün buharlaşmasından sonra gözeneklerin düzenlenmesi, dağılımı, gözenek boyut ve şeklinin kontrolü için önemli bir basamaktır. Düşük kırılabilirlik, biyoteknolojik uygulamalar (biyokatalizör, biyoyarım) için değişik gözenek karakteristikli ve karmaşık şekilli seramik yapılara izin verir. Bu yöntemle tutuklu biyobileşenin hassasiyetine bağlı olarak gözeneklilik büyük ölçüde ayarlanır. Donma sırasında oluşan buz kristallerinin çeşitli yönlerde büyümesi, µm boyutta gözeneklerin oluşumunu sağlar. Bu durum, tutuklu hücrenin dışardaki kimyasal maddeleri kabul etmesini ve seramik matriks içinde biyokimyasal tepkimelerin gerçekleşmesini kolaylaştırır.

Dondurarak jelleştirme işleminde biyoserler üç basamakta hazırlanır (Şekil 2.7).

1. Basamak: SiO₂ nanosol, seramik toz (alüminyum tozu vs.), biyobileşen ve katkı maddelerinin (gliserol, poliakrilik asit, polivinil alkol vs.) sulu karışımlarının hazırlanmasıdır. Burada hücrenin canlılığı katkı maddelerine bağlıdır.

2. Basamak: Hazırlanan karışımın yaklaşık -40°C’de dondurularak jelleştirilmesi Tersinmez olan bu işlemde dondurma şartlarının canlı hücrenin yaşam süresini uzatacak ve hücre için uygun gözenekliliği sağlayacak şekilde düzenlenmesi gerekir.

3. Basamak: Biyoserin matriks içindeki suyun buharlaştırılarak kurutulması. gözeneklilik, donma işlemi süresince oluşan buz kristallerine bağlıdır.



Şekil 2.7. Dondurarak jelleştirme işlem basamakları

Bu yöntemle hazırlanan ilk biyoserler, *Bacillus sphaericus* ve *Saccharomyces cerevisiae* hücrelerinin tutuklanmasıyla hazırlanan biyoserler olup biyoserin yapısı, hücrelerin yaşam hızları, aktiviteleri ve depolama özellikleri incelenmiştir.

Biyosil yöntemi

Bu yöntemde biyobileşen silika içine, alkoksilanın nemli havada gaz halde akışı sırasında kimyasal buhar çıkışı ile tutuklanır. Gaz haldeki başlatıcıdan SiO_2 oluşumunun avantajları, tek işlem basamağında SiO_2 tabakasının oluşumu, zehirli yan ürünün hemen yokedilebilmesi, tepkime süresi ve alkoksit kısmi basıncı ile SiO_2 tabaka kalınlığının kolayca kontrol edilebilmesidir.

Yöntem, özellikle hayvan ve bitki hücrelerinin tutuklanmasında uygun olup yapay karaciğer üretiminde uygulanmıştır.

2.3.4. Biyoserlerin yapısal özellikleri

Biyoserlerin fonksiyonlarını makroskopik yapıları kadar mezoskopik yapıları da önemli ölçüde etkiler. Silika bazlı biyoserde düşük derişimli hücreler rastgele dağılır. Hücreler tersinmez tutuklanır, çok fazla çoğalamaz ve uzun süre yaşayamazlar (sporlar hariç).

Malzemenin performansını gözenek mikroyapısı belirler. Mezogözeneklerin boyut ve dağılımı kütle transfer hızını kontrol eder. Makrogözenekli yapı ise, malzeme içinde mikroorganizmanın çimlenmesi ve koloni haline gelmesi için gerekli ortamı sağlar (Şekil 2.8). Gözenek boyutunun (makro ve mezogözenek) kontrolü, kurutma işlemi (havada veya dondurarak kurutma) ve kullanılan katkı maddeleriyle (sorbitol vs.) sağlanır.

Malzemenin performansını etkileyen bir diğer faktör, biyobileşen hacmidir. Malzeme içindeki tutuklu hücre hacminin %5'ten düşük olduğu durumda hücreler birbirinden ayrılırken, daha yüksek derişimlerde birbirleriyle etkileşerek koloniler oluştururlar.

Hücrelerin malzeme içindeki hacmi, onların metabolik aktivitelerinden büyük ölçüde etkilenir.

A: çimlenmeden önceki sporlar

B: kolonileşen hücreler



Şekil 2.8. *Bacillus sphaericus* JG-A12 tutuklu biyoser malzemenin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görünümü [Matys ve ark., 2004]

Enzimatik aktivite

Mikroorganizmanın seramik ya da silika jel malzeme içine tutuklanması , malzeme içinde biyolojik fonksiyonlarını sürdürmesine bağlıdır. Mikroorganizma ölse de, zarar görse de enzimleri aktif olabilir. Böylece biyoser, enzim bazlı mikro-tepkime sistemi olarak düşünülebilir. Matriksin mezogözenekli yapısı, inorganik tabakada kimyasal tepkimelerin yüksek hızda devam etmesini ve tutuklu enzimlerin dışardan gelen maddeleri kabul etmesini sağlar. Bu nedenle biyoserler önemli biyokatalizörlerdir.

Hücrenin canlılığı

Tutuklu hücrenin canlılığını etkileyen faktörler aşağıda verilmiştir.

Hazırlama koşulları (çözücü, kurutma)

Canlı hücrenin daha az zarar görmesi için nanosol organik çözücü yerine suyla hazırlanmalıdır. Sol-jel yönteminde kurutma işlemi matriksin kırılma hale gelmesine ve oluşan gerilimin de hücreleri bozmasına neden olur. Bu nedenle kurutma, -40°C’de dondurarak jelleştirme yöntemiyle dikkatlice yapılmalıdır.

Biyobileşen türü (bakteri, spor vs.)

Biyoser hazırlamada en uygun hücre sistemi sporlardır. Spor içeren biyoserler uzun süre kararlı kalırlar. Kurutma şartları, su içerikleri ve hazırlamayla ilgili hassasiyetleri daha azdır.

Matriksin su içeriği

Hücrenin fiziksel aktivitesi ve canlılığı, matriks içindeki suyun azalmasıyla azalır. Su içeriğinin yüksek olması ise malzemenin mekanik dayanımını azaltır ve kirliliğe yol açar. Burada optimum su içeriğinin belirlenmesi önemlidir.

Depolama Şartları

Düşük sıcaklık, yeterli nem gibi optimum depolama şartlarında canlılığı birkaç ay sürebilir. Depolama şartlarının hücre canlılığına etkisi üzerine yapılan bir çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Sol-jel yöntemiyle hazırlanan biyoser içinde tutuklu bitkisel *Bacillus sphaericus* JG-A 12 hücrelerinin canlılığı (Matys ve ark., 2004)

Depolama süresi	Depolama şartları	% Canlı hücre
yeni hazırlanan	nemli, oda sıcaklığında	100
72 saat sonra	kuru, 4 °C	18
72 saat sonra	nemli, 4 °C	32
72 saat sonra	nemli, oda sıcaklığında	17

Katkı Maddeleri

Gliserol, polietilenglikol, polivinilalkol ve jelatin gibi katkı maddeleri matriksi yumuşatır, nemliliği sağlar, gözenek oluşturuucu madde içerir ve hücre ölümünü engeller. Gliserol içeren silika jel içinde çoğu bakteri bir aydan fazla canlı kalır. Besinlerin de mikroorganizma ile tutuklanması biyoaktifliği geliştirir.

Biyokorozyon

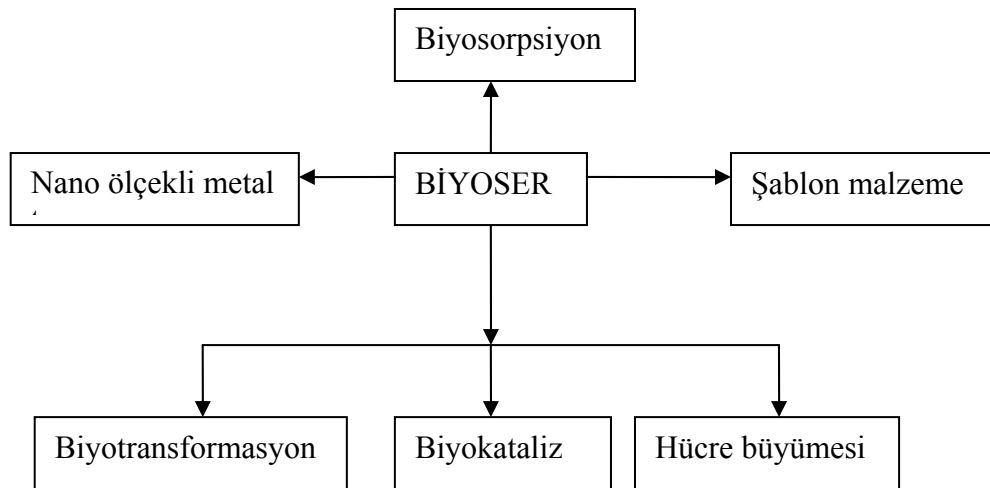
Silika bazı organik asitlerde çözünebilir. Silika bazlı biyoserlerin atıksuda biyokorozyona karşı kararlılığı üzerine yapılan çalışmalar, Cyanobakteria gibi mikroorganizmaların biyoserin silika matriksini çözdüğünü göstermiştir. Başka bir çalışmada uranyum tuzu içeren atıksuda 7 gün bekletilen *Bacillus sphaericus* içeren biyoserin yüzeyinin çözüldüğü görülmüştür [Böttcher ve ark., 2004].

2.3.5. Biyoserlerin uygulama alanları

a) Biyoserler, içerdği canlı hücrenin metabolik aktiviteleri nedeniyle tıp ve teknolojik uygulama alanlarına sahiptir.

b) Canlı ya da cansız hücrenin inorganik ve organik kirleticileri tutma özeliği nedeniyle atıksu arıtımında kullanılır.

c) Canlı/cansız hücrenin yapısı nedeniyle yeni nanomalzeme üretiminde kullanılır.



Şekil 2.9. Biyoserlerin uygulama alanları

Biyoserler üç temel uygulamaya sahiptir: Biyokataliz, nanomalzeme geliştirme ve biyoarıtım .

Biyokataliz

Endüstride mikroorganizma, hücre ve karmaşık biyomoleküller, ucuz, basit, esnek çalışma olanağı sağlamaları ve biyoaktivitelerinin yüksek olması nedeniyle kullanılırlar. Biyoserler ise, inorganik matriks içine basit bir şekilde tutuklanan hücrenin bu yapı içinde canlılığını sürdürmesine olanak sağladığı için biyokatalitik işlemlerde kullanılabilir. Matriksin mezogözenekli yapıda olması, hücrenin dışarıdan gelecek iyon, gaz ve küçük molekülleri kolayca kabul etmesine ve matriks içinde kimyasal tepkimelerin hızla devam etmesine olanak sağlar.

Farklı şekilde tutuklanan hücreler, organik asit, enzim, antibiyotik gibi yararlı bileşiklerin biyoteknolojik üretimi için kullanılabilir. Tutuklu hücrelerin serbest hücrelere göre avantajları; yüksek etkinlik ve verimliliğe sahip olması, metabolik aktivite ve kararlılığın artması, seramik yapının çevresel gerilim ve zehirlenmelerden kendisini koruması, biyorektörde hücre birikim sistemi gibi çalışması sonucu tepkime süresinin uzatılabilmesidir.

Biyoser malzeme kullanarak biyoteknolojik malzeme üretmek amacıyla yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu çalışmalardan birinde, sol-jel yöntemiyle maya sporları tutuklanarak hazırlanan biyoserler, fermentasyon işleminde katalizör olarak kullanılmış ve karbonhidrat, etilalkol ve CO₂'e dönüştürülmüştür ve maya sporlarının biyoaktivitesinin birkaç ay sürdüğü belirlenmiştir [Uo ve ark., 1992]. Biosil yöntemiyle hazırlanan biyoserlerle daha başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda, farklı bitki hücreleri tutuklanarak hazırlanan biyoser malzemelerle ikincil metabolit, alkaloid ve enzimatik dönüştürücü elde edilmiştir [Campostrini ve ark., 1996].

Biyokatalizin tıp alanındaki uygulaması ise hücre implantıdır. Hücre implantında amaç, canlı hayvan hücresi tutuklu biyoserle insan ve hayvan vücuduna uyum

sağlayacak implant malzeme geliştirmektir. Bu amacı gerçekleştirmede, hücrenin fonksiyonu, malzemenin mekanik dayanımı, biyolojik uyumun yüksek olması ve gözenekliliğin iyi kontrol edilebilir olması önemli unsurlardır. Bu anlamda yapılan ilk başarılı çalışma, pankreas hücresi tutuklu silika-jel ile yapay pankreas üretilmesidir [Pope ve ark., 1997]. Bir başka çalışmada ise, biyosil yöntemiyle hayvan hücresi tutuklu biyoserle yapay karaciğer üretilmiş; karaciğer iltihabı olan hastalara uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır [Dalmonte ve ark.,2000].

Nanomalzeme Geliştirme

İleri malzeme kimyasının amacı, üstün özellikte malzeme geliştirmek için, farklı özellikteki yapıları kimyasal olarak bir araya getirmektir. Bu amacın gerçekleştirilmesinde de biyoserler kullanılır. Yeni malzemelerin geliştirilmesinde biyoserin yapısındaki biyobileşen ya şablon olarak ya da taşıyıcı olarak kullanılır.

Biyobileşenin şablon olarak kullanılmasıyla mezogözenekli seramik malzemeler geliştirilir. Burada biyobileşenin kopyasını elde etmek için SiO_2 , Al_2O_3 ve TiO_2 gibi inorganik maddeler, biyobileşen içeren organojel, jelleştirici madde ve çözücü kullanılır. Genelde organik katyon bileşenle jelleştirici anyonik bileşen arasındaki elektrostatik etkileşim organik şablonun haritasını çıkarır. Isıtma, organik çözücü ile yıkama veya enzimatik bozundurma ile biyobileşen uzaklaştırıldıktan sonra organik desenin inorganik küfö elde edilir. Bu yöntemle şablon olarak bütün mozaik virüs kullanılarak 20 nm çapında, 1 µm uzunluğunda silika tüpler elde edilmiştir.

Biyobileşenin nano boyuttaki değerli metal kümeleri (platin, palladyum vs.) taşıyıcı olarak kullanılmasıyla da yeni katalitik malzemeler elde edilmektedir. Çoğu mikroorganizma hücre içinde veya dışında özel mineralizasyon mekanizmaları geliştirdiğinden, seramik yapı içinde nano boyuttaki metal kümenin büyümesi için uygun ortam yaratırlar. Bu amaçla, önce mikroorganizmanın yapısı metal tuz kompleksin (M^+) çözeltisiyle hidroliz edilerek bozundurulur (aktivasyon basamağı). Daha sonra metal iyon indirgeyici madde (dimetilaminoboran gibi) ile indirgenerek metal kümelerinin büyümesi sağlanır ve böylece 2 nm çapında kümeler ayrılarak

metal küme desenleri oluşur. Bu yöntemle elde edilen malzemeler yüzey kaplamada kullanılmaktadır. Bu amaçla yapılan bir çalışmada, kurşun-zirkonyum titanat isimli kimyasal sensör, *B. Sphaericus* adlı bakterinin S-tabakalarına nano boyuttaki platin kümelerinin tutuklanması ile elde edilen silika bazlı biyoserle kaplanmıştır [Böttcher ve ark., 2004].

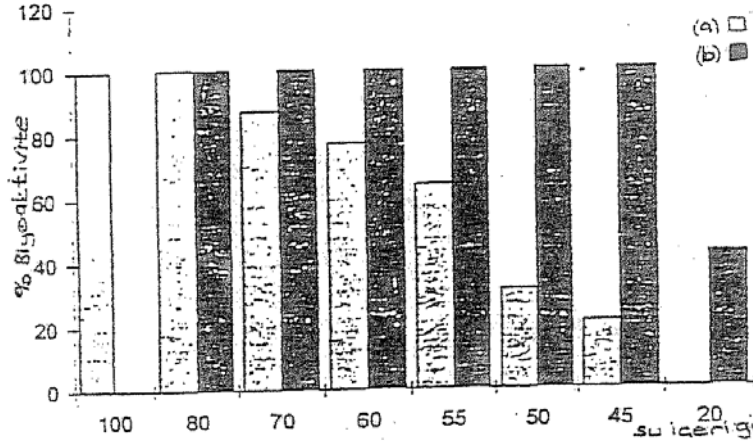
Biyoarıtım

Biyoser malzemelerin ucuz olması, mekanik dayanıma sahip olması, biyolojik ve kimyasal açıdan inert olması, gözenekliliğinin kontrol edilebilir olması ve geometrik şekillerinin çeşitli biyoreaktörlerde kullanılmaya uygun olması gibi özellikleri endüstriyel atıksu arıtımında kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Hem inorganik hem de organik kirleticilerin gideriminde kullanılması da önemli bir avantajdır.

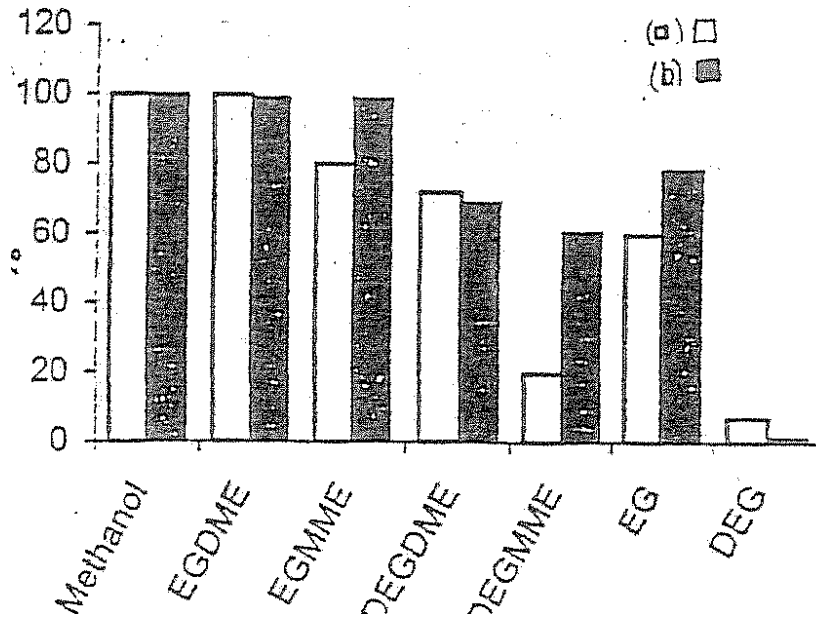
Maya ve bakteri tutuklu biyoserler metal bağlama özeliğine sahip olup yüksek derişimde ağır metallerin gideriminde kullanılabilirler. Atıksudaki metal giderimi biyobirikim veya biyosorpsiyon şeklinde olabilir. Biyobirikim işleminde hücrenin canlı olması gerekirken, biyosorpsiyonda hücrenin canlı olması gerekmez; ölü hücre veya hücre parçaları, bakteriyel hücre protein tabakaları kullanılabilir. Biyosorpsiyonun biyobirikime göre avantajları, biyoserlerin yüksek depolama kararlılığı, besin ilavesine gerek olmaması ve kontrollü desorpsiyonla tekrar kullanılabilmesidir. Metallerin giderimi üzerine yapılan çalışmalarda, Sol-jel yöntemiyle maya hücresi tutuklanarak hazırlanan biyoserlerin sulu çözeltideki ağır metalleri giderme derecesi $Hg > Zn > Pb > Cd = Co = Ni > Cu$ şeklinde belirlenmiştir [Böttcher ve ark., 2004].

Atıksudaki uranyumun giderimi üzerine yapılan çalışmalar, biyoserlerin yüksek metal bağlama kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Dondurarak katılaştırma yöntemiyle veya katkı maddesi ilavesiyle (sorbitol gibi) biyoserlerin metal bağlama hızı artırılabilir. Bakır ve uranyum bağlanan biyoserlerden bu maddeler sulu sitrik asitle tamamen uzaklaştırılmaktadır.

Atıksudaki organik kirleticilerin giderimi için yapılan ilk çalışmada [Rietti-Shati ve ark., 1996], *Pseudomonas* hücreleri tutuklu biyoser malzemeye herbisid atrazin ve poliklorlu bifenillerin biyolojik olarak parçalanması sağlanmıştır. Sudaki fenolün giderimi, önce bakteri ve maya hücreleri karışımının tutuklandığı biyoserle çalışılmış, sonra canlı *Rhodococcus* spor hücreleri içeren biyoserle kabarcık kolon reaktörde incelenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Fenolün biyolojik olarak parçalanmasının biyoserin su içeriğine ve gözenek yapıcı katkı maddelerine bağlılığı araştırılmış ve sorbitol ilavesinin ve düşük su içeriğinin canlı hücrenin aktivitesini artırdığı gözlenmiştir (Şekil 2.10). Tuz ve çeşitli glikoller içeren endüstriyel atıksuyun kolon reaktörde arıtımında *Aspergillus* sporları içeren fiberle güçlendirilmiş biyoserlerle cam yüzeye kaplanmış biyoserler karşılaştırılmış ve fiberle güçlendirilen biyoserlerin daha yüksek biyoaktiviteye sahip olduğu görülmüştür (Şekil 2.11).



Şekil 2.10. Rhodococcus sporları tutuklu biyoserle fenol giderimine su ve sorbitol içeriğinin etkisi (a) sorbitolsüz (b) sorbitol ilaveli [Fiedler ve ark., 2004]



Şekil 2.11. Aspergillus sporları tutuklu biyoserin farklı glikollerin giderimi (a) cama kaplanmış biyoser , (b) fiberle güçlendirilen biyoser [Fiedler ve ark.,2004]

Çeşitli hücre sistemleri tutuklanarak farklı yöntemlerle hazırlanan biyoserlerin kullanıldığı alanlar Çizelge 2.2’de verilmiştir. Görüldüğü gibi tekstil atıksularında boyar maddelerin giderimi için biyoser malzemenin kullanıldığı bir çalışma yapılmamıştır.

Çizelge 2.2. Biyoser Hazırlama ve Uygulama Örnekleri

Hücre Sistemi	Uygulama	Hazırlama Şekli	Kaynak
Maya Hücreleri	Biyokatalizör	Sol-jel Yöntemi	Uo et all, 1992- Gill et all, 1998.
Maya Hücreleri	Fenol giderimi	Sol-jel Yöntemi	Branyik et all, 1998- Branyik et all, 2000.
Maya Hücreleri	Metal iyon giderimi	Sol-jel yöntemi	Alsaraj et all, 1999- Gadd et all, 1993.
Maya hücreleri	nano malzeme	Sol-jel yöntemi	Chia et all, 2000.
Maya hücreleri	Enzimatik aktivite	Dondurarak jelleştirme	Soltman et all, 2003
Aspergillus terreus	Biyosentez	Sol-jel yöntemi	Bressler et all, 1996.
Aspergillus Sporları	Atıksu arıtımı	Sol-jel+ fiberle güçlendirme	Fiedler et all, 2004.
Parasitic Protozoa	Bağışıklık sistemi analizi	Sol-jel Yöntemi	Barreau et all, 1994 – Livage et all, 1996.
Bacillus Sphaericus	Metal giderimi	Sol-jel yöntemi	Soltmann et all, 2003- Raff et all, 2003.
Bacillus sphaericus spor ve S-tabakaları	Enzimatik aktivite	Dondurarak jelleştirme	Soltmann et all, 2003.
Rhodococcus	Fenol giderimi	Sol-jel+dondurarak jelleştirme	Fiedler et all, 2004.
Pseudomonas	PCB ve atrazin giderimi	Sol-jel yöntemi	Branyik et all, 2000- Rietti et all, 1996-
E. coli bakteri	Enzimatik aktivite	Sol-jel yöntemi	Fennouh et all, 1999- Nassif et all, 2003.
E. coli bakteri	Biyosensör	Sol-jel yöntemi	Premkumar et all, 2002- Sagi et all, 2003.
Thermophilic Bacillus sporları	Nitrilaz aktivitesi	Sol-jel yöntemi	Kadyska et all, 2002- Samunova et all, 2002
Tütün mozaik virüsü	İnorganik şablon yapılar	Sol-jel yöntemi	Fowler et all, 2001.

Mavi-yeşil Alglar	Biyoarıtım	Sol-jel+fiberle güçlendirme+ Dondurarak jelleştirme	Fiedler et all. 2004
Bitki Hücreleri	Metabolit üretimi	Sol-jel yönt.+ Biyosil yönt.	Dalmonte 2000
Escheria coli bakteri	Biyosensör üretimi	Sol-jel yöntemi	Tessema et all, 2006.
Ca-aljinat	Org.-inorg. Hibrit malzeme üretimi	Sol-jel yöntemi	Chernev et all, 2006.
Schizosaccharomyces pombe maya hücresi	Sürekli kolonda Cd ⁺² giderimi	Sol-jel yöntemi	Bahrami et all.,2007
Psudomonas luteola – aljinat-silika	Reaktif red 22 giderimi	Sol-jel yöntemi	Chen et all, 2007
Çeşitli bakteri ve algler	Hücre aktivitesi	Dondurarak jelleştirme	Soltmann et all, 2008

3. TEKSTİL BOYALARI

3.1. Tekstil Boyalarının Özellikleri

Tekstil boyaları, gıda, kozmetik, ilaç, tekstil, deri ve kağıt endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada yüzbin çeşit ve yedi yüzbin tondan fazla ticari boya üretilmekte ve boya pazarının 2/3 gibi büyük çoğunluğunu tekstil endüstrileri elinde bulundurmaktadır [Aksu Z., 2003].

Tekstil endüstrileri, yıkama, boyama ve terbiye işlemleri için büyük miktarda su, boyar madde, organik ve inorganik kimyasal maddeler tüketir. Kullanılan boyalar kimyasal yapıları nedeniyle su, ışık ve çoğu kimyasalın etkisinde solmaya karşı dirençlidir. Çoğu boyaları sentetik oluşları ve karmaşık yapılarından dolayı renksizleştirmek de zordur [Robinson ve ark., 2001].

Tekstil boyaları, anyonik, katyonik ve iyonik olmayan boyalar olmak üzere üç grupta toplanır. Anyonik yapıdaki boyalar, asidik, doğrudan, reaktif azo ve diazo boyalardır. Parlak renkleri ve suda çözünabilir olmaları nedeniyle geleneksel arıtım yöntemleriyle giderilmeleri zordur. Katyonik boyalar ana boyalardır. Ana boyalar parlaklıklarının ve renk yoğunluklarının yüksek olması nedeniyle çok düşük derişimlerde bile sularda görüntü kirliliği yaratırlar. İyonik olmayan boyalar ise dağılan boyalardır. Bu boyalar sulu ortamda iyonlaşmadığından dağılırlar; suda çözünmezler. Benzidin ve diğer aromatik bileşiklerden oluşurlar. Bunların dışında antrokinon bazlı boyalar ve metal içerikli boyalar vardır. Antrokinon bazlı boyalar aromatik halkalı yapılarından dolayı parçalanmaya karşı dirençlidirler. Metal içerikli boyalar ise genelde krom içerir ve kansorejendirler. Bu boyalardan tekstil sanayiinde en çok kullanılan %60'lık payla azo boyalardır. Yapılan çalışmalar, en zehirli boyaların ana ve diazo boyalar olduğunu göstermişlerdir [Fu ve ark., 2001].

Tekstil boyaları sularda çok düşük miktarlarda (10-50 mg/L) dahi görüntü kirliliği yaratırlar. Ayrıca suyun ışık geçirgenliğini ve gaz çözünürlüğünü azalttıklarından sularda yaşayan canlıların yaşamlarını tehdit ederler. Boyaların biyolojik olarak

parçalanabilirliği düşük olduğundan giderilmeleri zordur ve hala önemli bir problemdir. Tekstil atıksularının renksizleştirilmesi için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler de çoğu kez yetersiz kalmaktadır [Robinson ve ark 2001].

3.2. Tekstil Boyalarının Arıtım Yöntemleri

Tekstil boyaları geleneksel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle arıtılmaktadır [Robinson ve ark.. 2001].

3.2.1. Fiziksel arıtım yöntemleri

Adsorpsiyon

Bu yöntemde renk giderimi iki mekanizmayla gerçekleşir: adsorpsiyon ve iyon değişimi. Ekonomiktir ve yüksek kalitede ürün elde edilir. Yöntemi etkileyen faktörler, pH, sıcaklık, tanecik boyutu, adsorplayıcı yüzey alanı, boya-adsorplayıcı etkileşimi ve temas süresidir. Adsorplayıcı olarak genelde aktif karbon, ağaç yongası, uçucu kül-kömür karışımı, silika-jel, doğal kil, mısır koçanı, pirinç kabuğu gibi malzemeler kullanılır. Aktif karbon, asidik, reaktif ve temel boyaların ve pigmentlerin gideriminde kullanılır. Geri kazanılabilir; ama maliyeti yüksektir. Ağaç yongası asidik boyalar için iyi adsorplayıcıdır; ama uzun temas süresi gerektirir. Silika-jel, yan ürün oluşumuna karşın temel boya gideriminde etkilidir. Diğer malzemeler ise ucuz ve kolay bulunabilmeleri nedeniyle boya gideriminde kullanılırlar.

Membran filtrasyon

Bu yöntem düşük boya derişimli atıksu arıtımı için uygun olup atık sudaki çözünmüş katı içeriğini azaltmaz. Suyun tekrar kullanılabilir hale gelmesi zor bir süreçtir. Dezavantajları, maliyetinin yüksek olması, atık çamur oluşumu, sıcaklığa karşı dirençli olmasıdır.

Radyasyon

Bu yöntemde boyaların radyasyon ile etkili parçalanabilmesi için çözünmüş oksijen kullanılır. Çözünmüş oksijen hızlı tüketildiğinden sürekli bir oksijen kaynağı gerekir. Fenolik moleküllerin ve bazı boyaların gideriminde etkilidir.

İyon değişimi

Atıksu iyon değiştirici reçineler üzerinden iyon değişim bölgeleri boya ile doygun hale gelene kadar geçirilir. Bu yöntemle anyonik ve katyonik boyalar giderilebilir. Avantajı iyon değiştiricinin geri kazanımına olanak sağlaması, dezavantajı ise maliyetinin yüksek olmasıdır.

Elektrokinetik pıhtılaştırma

Demir sülfat ve demir klorür ilavesi ile doğrudan boyaların gideriminde etkilidir. Optimum pıhtı derişimi, çözeltideki boya derişiminin statik yüküne bağlıdır. Ekonomiktir; ancak büyük miktarda çamur üretilmesi dezavantajdır.

3.2.2. Kimyasal arıtım yöntemleri

Oksidatif İşlemler

Renk gideriminde yaygın olarak kullanılan kimyasal yöntemdir. Bu, uygulamanın kolaylığından ileri gelir. Ana oksitleyici madde olarak kullanılan hidrojen peroksit (H_2O_2), UV ışını ile aktif hale geçer (fotokimyasal yöntem). Atıksudaki boya, boya moleküllerinin aromatik halkasının oksidasyonla kırılıp H_2O ve CO_2 'e dönüşmesi sonucu giderilir. Avantajları çamur oluşmaması ve boyanın büyük ölçüde giderilmesidir.

Fenton ayıraçları (H_2O_2 -Fe(II) tuzları), biyolojik arıtıma dirençli atıksuların arıtımında kullanılır. Kimyasal ayırma, bağlama ve adsorpsiyon işlemleri ile olur.

Çözünebilir ve çözünemez boyaların gideriminde etkilidir. Dezavantajı, boya moleküllerinin ve yardımcı kimyasalların topaklanması ile çamur oluşmasıdır.

Arıtma işleminde ilk kez 1970'lerin başında kullanılan ozon, kararsızlığı yüksek olduğundan çok iyi bir oksitleyicidir. Fenol, pestisit ve klorlu hidrokarbonlar ve diğer aromatik hidrokarbonlar ozonla parçalanabilir. Bu işlem sonucunda atıksu zehirli madde içermez, renksiz ve KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) miktarı düşük olarak sulu ortama verilir. Bu yöntemin en önemli avantajı, atık çamur oluşmamasıdır. Dezavantajları ise, yarılanma süresi düşük olduğundan (20 dak.) sürekli ozonlama gerektirmesi ve maliyetinin yüksek olmasıdır.

Sodyum hipoklorit (NaOCl) kullanımında, Cl⁻ iyonlarıyla boyanın amino grupları parçalanır ve azo yapıdaki bağların kırılması sağlanır. Klor derişimi arttıkça renksizleşme de artar; fakat klor, atıksuyun alıcı ortama verilmesi sırasında suda aromatik amin ve diğer zehirli molekülleri açığa çıkarır ve böylece sudaki canlılar için tehlike oluşturur.

Cucurbituril

Formaldehit ve glikourilin halkalı yapıda polimeri olan Cucurbituril, önce Behrand ve arkadaşları tarafından 1905'te, daha sonra Freemann ve arkadaşları tarafından 1980'lerde tekrar keşfedildi. 1192'de Buschmann tarafından çeşitli tekstil boyaları için adsorplama kapasitesinin yüksek olduğu ortaya konmuştur. Dezavantajı, maliyetinin yüksek olmasıdır.

Elektrokimyasal arıtım

1990'ların başında geliştirilen bu yeni yöntemin avantajları, kimyasal madde kullanımının çok az olması, çamur üretilmemesi, renk gideriminde yüksek verimliliğe sahip olmasıdır. Dezavantajı ise yüksek elektrik maliyetidir.

Fiziksel ve kimyasal arıtım yöntemlerin avantaj ve dezavantajları Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Fizikokimyasal Arıtım Yöntemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Fizikokimyasal Yöntemler	Avantajları	Dezavantajları
Fenton Reaktifi	Çözünebilen ve çözünemeyen boyaların gideriminde etkili	Çamur oluşumu
Ozonlama	Gaz halde uygulama olduğundan hacim değişimi yok	Yarılama süresi kısa (20 dk.)
Fotokimyasal	Çamur oluşumu yok	Yan ürün oluşumu
NaOCl	Azo bağ kırılmasını başlatma ve hızlandırma	Aromatik ürün açığa çıkması
Cucur butiril	Çeşitli boyaları adsorplama kapasitesi yüksek	Maliyeti yüksek
Elektrokimyasal Giderim	Bileşenlerin parçalanıp zararsız hale getirilmesi	Yüksek elektrik maliyeti
Aktif Karbon	Çeşitli boyaların gideriminde etkili	Maliyeti çok yüksek
Ağaç Yongası	Asidik boyalar için adsorplama kapasitesi yüksek	Adsorplama süresi çok uzun
Silika-jel	Temel boya gideriminde etkili	Yan tepkimeler ticari uygulamayı önler
Membran Filtreleme	Tüm boya türlerinin giderimi için uygun	Yoğun çamur üretimi
İyon Değişimi	Geri kazanımla adsorbent kaybı yok	Tüm boyalar için etkili değil
Radyasyon	Laboratuvar ölçekte etkili oksidasyon	Çözünmüş oksijen ihtiyacı yüksek
Elektrokinetik pıhtılaştırma	Ekonomik uygulama	Yoğun çamur üretimi

3.2.3. Biyolojik arıtım yöntemleri

Beyaz kök mantarı

Beyaz kök mantarı, odunsu bitkilerde bulunan polimerik yapıdaki lignini parçalayan organizmalardır. En çok kullanılan beyaz kök mantarı *Phanerachaeete chrysosporium* olup dioksinleri, poliklorlu bifenilleri ve diğer klorlu organikleri parçalar. Bu mantarla azo boyalar parçalanır ve boya gideriminde 7 günde %99 verim elde edilir. Mantar, boyları parçalamak için peroksidaz, fenoloksidaz, glukoz1 ve glukoz2 oksidaz enzimleri kullanır.

Diğer mikrobiyal kültürler

Bakteri kültürü karışımları ile diazo boya giderimi 15 günde gerçekleşir. Anaerobik bakteri ile boya karışımları 24-30 saatte renksizleştirilir. Bakteriler azo boyaların parçalanmasında da kullanılır; fakat çok büyük miktarlardaki tekstil atıkları için kullanılamazlar; çünkü mikrobiyal sistemlerin geri kazanımı için fermentasyon işlemi gerekir. Bakterilerin dışında mayalar (*Sacchoromyces cerevisiae*, *Candida Tropicalis*, *Kleveromyces marksianus* vs.), mezofilik ve termofilik mikroplar da boyaların renksizleştirilmesinde kullanılabilmektedir. *Sacchoromyces cerevisiae*, *Candida Tropicalis* gibi mayalarla yapılan çalışmalarda mayaların düşük boya derişimli atıksu gideriminde daha etkili oldukları görülmüştür [Aksu Z., 2003 ve Dönmez G., 2002].

Maya, bakteri ve mantar gibi biyolojik yapılar sadece canlı olarak değil ölü olarak da boya içeren atıksuyun renksizleştirilmesinde kullanılır (Çizelge 2.2.3.1). Tekstil boyalarının mikroorganizmalarla etkileşimi ve yapılarındaki bozunma, boyanın ve biyokütlenin kimyalarına bağlıdır. Boyalı atıksuyun çok zehirli olması veya mikroorganizmanın çoğalmasının ve korunmasının güç olduğu durumlarda biyokütle adsorpsiyonu avantajlıdır. Biyokütle adsorpsiyonu iyon değişimi şeklinde olup çok hızlıdır. Alglerde birkaç dakika, bakterilerde birkaç saattir. Bakteriler özellikle reaktif boyaların gideriminde etkilidir.

Suda çözünen reaktif boyalar tekstil boyaları içinde en problemli olanlarıdır ve geleneksel biyolojik yöntemlerle giderilemezler. Anaerobik biyogiderim azoboyaların ve diğer suda çözünen boyaların parçalanmasında kullanılabilir. Renk giderimi, H_2 ile oksidasyon-indirgenme tepkimesini içerir. Tepkime sonucu H_2S ve CH_4 oluşur. Azo boyalar oksitleyici ajan gibi davranır ve mikrobiyal elektron zincirlerinin flavin nükleotitlerinin azaltılmasını sağlar. Bu amaçla kullanılan karbon, CH_4 , CO_2 ve serbest elektronlara dönüşür. Elektronlar boya azaltıcı azo boyalarla tepkimeye girer ve renksizleşme gerçekleşir. Anaerobik sistemin en büyük avantajı biyogaz üretimidir. Biyogaz, elektrik ve ısı enerjisi üretiminde kullanılarak enerji maliyeti azaltılabilir.

Çizelge 2.4. Hücre sistemlerinin tekstil boyalarını giderme kapasiteleri

Hücre Niteliği	Hücre Kültürü	Boya ve derişimi	% Giderim ve süresi	Mekanizma	Kaynak
Canlı	<i>Aspergillus foetidus</i>	Remazol mavi,50 mg/l	98.4/2 gün	Biyosorpsiyon	Sumathi et all, 1999.
Canlı	<i>Botrytis cinerea</i>	Reaktif mavi 19, atıksu	13 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Canlı	<i>Candida tropicalis</i>	Reaktif kırmızı, 700 mg/l	79.3 ¹	Biyobirikim	Dönmez G. 2002
Canlı	<i>Dekkera bruxellensis</i>	Reaktif siyah 5, atıksu	38 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996
Canlı	<i>Endothiella aggregate</i>	Sülfür karası 1, atıksu	300 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996
Canlı	<i>Funalia trogü</i>	Zeytin fab. atıksuyu	31 (6 gün)	belirtilmemiş	Yeşilada et all, 1995
Canlı	<i>Geotrichum fici</i>	Reaktif siyah 5, atıksu	7 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Canlı	<i>Halosapheia ratnagiriensis</i>	Kağıt fab. Ağartma atık suyu	85/14 gün	Lignin enzimi	Raughukumaretall, 1996.
Canlı	<i>Kluveromyces waltii</i>	Reaktif mavi 19,atıksu	20 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Canlı	<i>Myrothecum verrucaria</i>	Turuncu 2, 200 mg/l	70/5saat	Adsorpsiyon	Brahimi et all, 1992.
Canlı	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Asidik sarı 9(150 mg/l)	79/15 gün	Peroksidaz enzi	Pasti-Grisby et all,1992.
Canlı	<i>Rhizopus oryzae</i>	Sülfür karası 1, atıksu	1107 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all,1996.
Canlı	<i>Sacchoramyces cerevisiae</i>	Remazol Mavisi	84.6 ¹	Biyobirikim	Aksu Z. 2003
Canlı	<i>Tramella Fuciformis</i>	Rektif siyah 5, atıksu	934 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Canlı	<i>Xeromyces bisporus</i>	Sülfür karası 1, atıksu	63 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Cansız	<i>Aspergillus niger</i>	Asidik mavi 29, 50mg/l	1.44-13.82 /30 saat ²	Biyosorpsiyon	Fu et all, 1999.
Cansız	<i>B.cinerea</i>	Reaktif mavi 19, atıksu	42 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Cansız	<i>Candida rugosa</i>	Rektif siyah 5,atıksu	31 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Cansız	<i>D. bruxellensis</i>	Sülfür siyah 1, atıksu	589 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Cansız	<i>E. aggregata</i>	Reaktif mavi 5, atıksu	44 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Cansız	<i>Fomitopsis corne</i>	Temel kırmızı 18, 50mg/l	643.9 ¹	Adsorpsiyon	Mittal et all,

					1996.
Cansız	G.fici	Reaktif siyah 5, atıksu	45 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Cansız	K.waltii	Reaktif mavi 19, atıksu	14 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Cansız	Luminaria digitat	Reaktif kırmızı, 250mg/l	20.5/4haf ¹	Adsorpsiyon	Gallager et all,1997
Cansız	Pichia carsonii	Reaktif mavi 19, atıksu	5 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Cansız	R. oryzae	Sülfür siyah 1, atıksu	3008 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.
Cansız	S. cerevisiae	Reaktif mavi 19, atıksu	69 ¹	Adsorpsiyon	Polman et all, 1996.

¹ mg boya/mg biyokütle

² boy a ve adsorplayıcının temas süresiyle ilgili sabit

4. ADSORPSİYON

Atom, iyon ya da moleküllerin bir katı yüzeyinde tutunmasına adsorpsiyon, katıya adsorplayıcı, katı yüzeyine tutunan maddeye adsorplanan denir.

Adsorpsiyon ekzotermik bir olaydır. Katı yüzeyindeki doymamış kuvvetlerle adsorplanan tanecikler arasındaki etkileşimler sonucu ısı açığa çıkar. Adsorpsiyon ısısı -20 kJ/mol civarında olan etkileşmeler sonucundaki tutunmalara fiziksel adsorpsiyon, -200 kJ/mol civarında olan etkileşmeler sonucundaki tutunmalara ise kimyasal adsorpsiyon denir. Fiziksel adsorpsiyon sırasında adsorplanan tanecikler ile katı yüzeyi sırasında uzun mesafeli fakat zayıf olan van der Waals çekim kuvvetleri etkindir. Kimyasal adsorpsiyon sırasında ise tanecikler ile yüzey arasında bir kimyasal bağ ve genellikle de kovalent bağ oluşur. Kimyasal adsorpsiyon yalnızca bir tabakalı olabildiği halde, fiziksel adsorpsiyon tek ya da çok tabakalı olabilir. Diğer taraftan çoğu fiziksel adsorpsiyon tersinir olarak yürürken, kimyasal adsorpsiyonlar tersinmez olarak yürür.

Belli bir kristal yapıya sahip olan ya da olmayan tüm katılar az ya da çok adsorplama gücüne sahiptirler. Adsorplama gücü yüksek olan doğal katılar arasında kömür, kil ve zeolitler, yapay katılar arasında aktif kömür, yapay zeolitler, silikajel, metal oksit ve özel seramikler yer almaktadır [Sarıkaya, 1993].

4.1. Adsorplayıcı Katılarda Gözeneklilik

Adsorplama gücü yüksek olan katılar gözenekli yapıya sahiptir. Katıların içinde ve görünen yüzeyinde bulunan boşluk, oyuk, kanal ve çatlaklara genel olarak gözenek adı verilir. Genişliği 2 nm'den küçük olan gözenekler mikro gözenek, 2 nm ile 50 nm arasında olanlar mezogözenek, 50 nm'den büyük olanlar ise makrogözenek olarak adlandırılır. Katının bir gramında bulunan gözeneklerin toplam hacmine özgül gözenek hacmi, bu gözeneklerin sahip olduğu duvarların toplam yüzeyine ise özgül yüzey alanı denir. Gözenekler küçüldükçe duvar sayısı artacağından özgül yüzey

alanı da artacaktır. Gözeneklerin büyüklük dağılımına adsorplayıcının gözenek boyut dağılımı denir. Bir katının adsorplama gücü, katının özgül yüzey alanına, özgül gözenek hacmine ve gözenek boyut dağılımına bağlıdır [Sarıkaya 1993].

Çoğu katılarda makro-, mezo- ve mikrogözenekler birlikte bulunmaktadır. Adsorplayıcı katının bir gramı içinde bulunan makro-, mezo- ve mikrogözeneklerin hacimleri toplamına toplam özgül gözenek hacmi denir. Toplam gözenek hacminin katının görünen hacmine oranı gözeneklilik olarak tanımlanır. Bir katının özgül gözenek hacmi ve gözenekliliği civa porozimetresiyle belirlenmektedir.

Makrogözeneklerin adsorplama gücü çok azdır. Makrogözeneklerin duvarlarının yüzeyinden kaynaklanan mikro- ve mezogözeneklerden kaynaklanan alan yanında ihmal edilebilecek kadar azdır. Makrogözeneklerin hacmi, içlerine zorla doldurulan cıvanın hacmine eşit olarak alınır. Atmosfer basıncı altında hiçbir makrogözeneye girmeyen cıva, üzerine basınç uygulandığı zaman büyükten küçüğe doğru gözenekleri doldurmaya başlar.

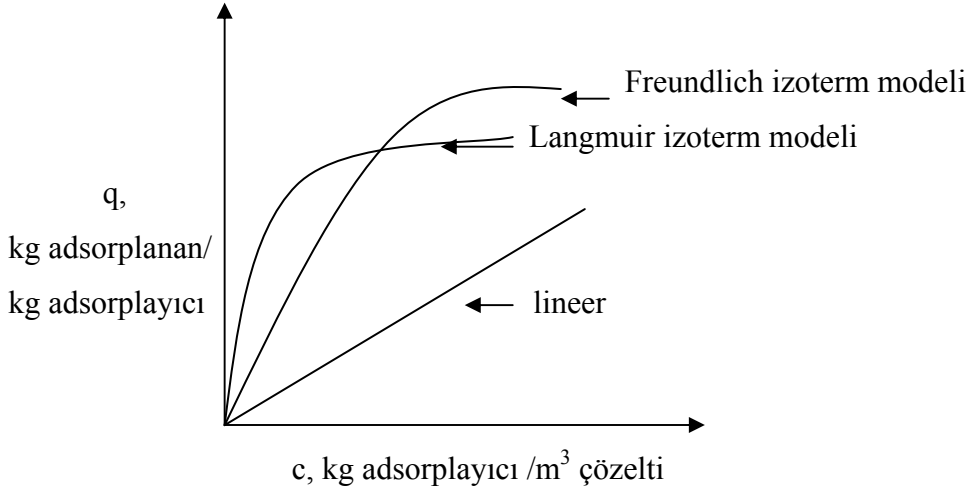
Mezogözenek hacmi ve boyut dağılımı civa porozimetresi ya da azotun 77 K'deki adsorpsiyon izoterminden faydalananarak belirlenebilir. Porozimetre basıncı 297 bar'dan 7415 bar'a yükseltilirken çapı 2-25 nm olan gözenekler sırayla cıva ile dolar. Bu basınç aralığında bir gram katının gözeneklerine dolan cıvanın hacmi özgül mezogözenek hacmine eşit alınmaktadır.

Mikrogözenek hacmi ve gözenek boyut dağılımı azotun 77 K'deki adsorpsiyon verileri kullanılarak belirlenebilmektedir.

Gözenek yapıları ne olursa olsun tüm katıların özgül yüzey alanları azotun 77 K'deki adsorpsiyon izoterminden standart olarak kabul edilen BET yöntemi ile belirlenmektedir.

4.2. Adsorpsiyon İzotermi

Adsorplayıcı ve adsorplanan yanında sıcaklık da sabit tutulduğunda gaz fazından adsorpsiyon yalnızca basınçla, çözeltilerden adsorpsiyon ise yalnızca derişime bağıdır. Burada, adsorplanan madde miktarının basınçla ya da derişimle değişimini veren eğrilere adsorpsiyon izotermi (Şekil 2.3.1.2.1) denir.



Şekil 4.1. Adsorpsiyon izoterm modelleri

Lineer izoterm modeli Henry Kanunu ile ifade edilir:

$$q = K \times C$$

Burada;

K: deneysel olarak ifade edilen sabit, m³/kg adsorplayıcı katı

Lineer izoterm modeli yaygın olmamakla birlikte, sıvı çözeltilerde yaklaşık bir veri olarak kullanılabilir [Geankoplis, 2003].

Freundlich izoterm eşitliği deneysel olarak elde edilir ve genelde sıvıların fiziksel adsorpsiyonu için kullanılır.

$$q=KxC^{1/n}$$

K,n : sabit (deneysel olarak belirlenir)

Her iki tarafın logaritması alınarak grafiğe geçirildiğinde, eğimden n , kaymadan K belirlenir.

Langmuir izoterm eşitliği teorik olarak çıkarılmış bir eşitlik olup tek tabak adsorpsiyon için geçerlidir.

$$q=q_0xc/(K+C) \quad (1)$$

Burada; q_0 : deneysel sabit, kg adsorplanan/kg katı

K : $kg/m^3l/q'$ 'ya karşı $1/C$ grafiğe geçirildiğinde, eğim K/ q_0 ve kayma $1/ q_0$ olur.

4.3. Kesikli Şartlarda Adsorpsiyon

Kesikli adsorpsiyon, ilaç vb. endüstrilerde az miktardaki sıvılardan çözünen madde adsorpsiyonu için sıkça kullanılır. Denge için Freundlich ya da Langmuir izotermi ile Madde dengesine ihtiyaç duyulur. Adsorplanan made için madde dengesi aşağıdadır:

$$q_F M + c_F S = q M + c S \quad (2)$$

Burada,

q_F : Katı üzerine adsorplanan maddenin başlangıç derişimi(kg /kg adsorplayıcı)

q : Katı üzerine adsorplanan maddenin son denge derişimi(kg /kg adsorplayıcı)

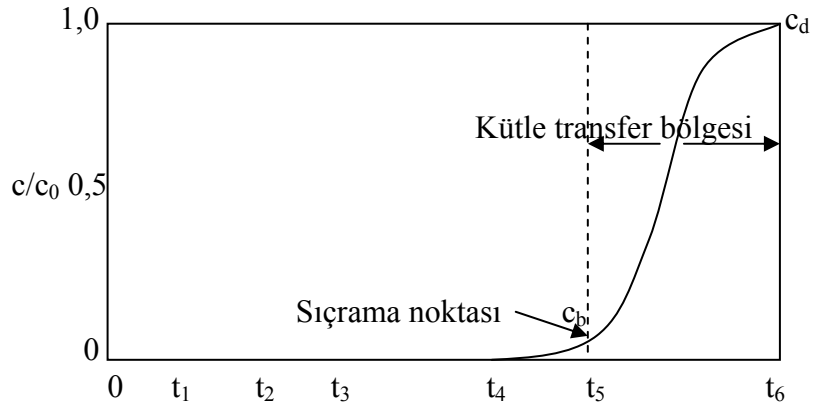
M : Adsorplayıcı katının kütlesi, kg

- c_F : Adsorplanan maddenin sıvı içindeki başlangıç derişimi (kg/m^3)
 c : Adsorplanan maddenin sıvı içindeki son denge derişimi (kg/m^3)
 S : Sıvı hacmi (m^3)

4.4. Sürekli Şartlarda Adsorpsiyon

Sürekli şartlarda genelde dolgulu kolonda adsorpsiyon gerçekleştirilir. Bu amaçla, içinde sabit yatakta adsorplayıcı katı bulunan bir kolondan adsorplanacak maddeyi içeren sıvı ya da gaz sabit akış hızında geçirilir. Dalgulu kolonda adsorpsiyon yatışkın halde olmadığından ve kütle transfer dirençleri söz konusu olduğundan kesikli adsorpsiyondan daha karmaşık bir prosestir. Ancak proses verimliliği kesikli adsorpsiyondan daha yüksektir.

Adsorplanan maddenin akışkan ve adsorplayıcı katıdaki derişimleri zamanla ve yatak Yüksekliğiyle değişir. Yatak girişinde proses başlangıcında, adsorplayıcı katı fazın adsorplanacak maddeyi içermediği varsayılır. Kütle transferi ile adsorpsiyonun büyük kısmı akışkanın sabit adsorplayıcı yatağıyla ilk temas ettiği noktada gerçekleşir. Akışkan yatak içinden geçerken akışkanın derişimi hızla düşer; yatağın sonuna gelirken sıfıra yaklaşır. Akışkanın yatağın herhangi bir noktasındaki derişiminin (c), dolgulu kolona beslenen akışkanın derişimine (c_0) oranı zamana karşı grafiğe geçirilerek akışkan faz için ‘S’ şeklinde derişim profili elde edilir (şekil 4.2.). Derişim profili t_1 anında başlar. t_2 anından sonra yatak boyunca derişim değişimi gerçekleşir. t_3 anında adsorplayıcı katının yarısı adsorplanan madde ile doygun hale gelir. t_4 anından itibaren akışkanın kolon çıkış derişimi sıfıra yaklaşır ve bu t_5 anında kütle transfer bölgesi başlayana kadar devam eder. Bu andan itibaren akışkanın kolon çıkış derişimi artmaya başlar ve sıçrama noktası (breakthrough) denilen derişime (c_b) ulaşılır. Burada yatak kapasitesinin büyük kısmı kullanılır. Bu noktadan sonra akışkanın kolon çıkış derişimi hızla artar ve adsorplayıcı katının atrık etkisiz hale geldiği durumda sıçrama eğrisinin sonuna (c_d) ulaşılır. Burada c_d değeri yaklaşık c_0 ’dır.



Şekil 4.2. Dolgulu kolonda adsorpsiyon için akışkanın derişim profili

5. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Branyik ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, tetraetil ortosilikat (TEOS) silika matris içine *Candida tropicalis* maya hücreleri ve *Pseudomonas* 2 türü bakteri tutuklayarak biyoser malzeme hazırlamışlardır. *Candida tropicalis* maya hücreleri içeren biyoser ile suda fenol giderimi, *Pseudomonas* 2 türü bakteri içeren biyoser ile suda poliklorlu bifenil (PCB) giderimi üzerine çalışmışlardır. Fenol gideriminde, serbest haldeki *Candida tropicalis* hücrelerin adsorplama kapasitesinin silika matris içine tutuklanmış hücrelerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca fenol giderimi sırasında silika matris içinde hücrelerin büyümediği PCB gideriminde ise silika içindeki hücrelerin büyüdüğü gözlenmiştir [Branrik ve ark.,1998].

Al-Saraj ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, TEOS silika matris içine *Saccharomyces cerevisae* maya hücreleri tutuklayarak biyoser malzeme hazırlamışlar ve bu malzeme ile atık suda ağır metallerin (civa, kadmiyum, kobalt, bakır, nikel, kurşun, çinko) giderimini incelemişlerdir. Biyoser malzemenin metal tutma kapasitesi sırayla $Hg(II) > Zn(II) > Pb(II) > Cd(II) > Co(II) = Ni(II) > Cu(II)$ şeklindedir. Biyoser malzemenin metal tutma kapasitesini etkileyen optimum pH değeri 6 sıcaklık aralığı ise 25-45°C olarak belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca biyoser malzemenin metal tutma kapasitesi TEOS silika matris ve serbest halde *S.cerevisae* maya hücreleri ile karşılaştırılmış ve biyoser malzemenin diğer malzemelere göre daha yüksek metal tutma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür [Al-Saraj ve ark.,1999]

Soltmann ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, koloidal silika, seramik toz (alüminyum oksit) ve farklı mikroorganizmalar (*Bacillus sphaericus* bitki hücre ve sporları ile *S. cerevisae* kuru maya ve mikroorganizmayı koruyucu malzeme gliserol kullanılarak biyoser malzemeler elde edilmiş ve dondurarak kurutulmuşlardır. Elde edilen biyoser malzemelerin karakterizasyonu yapılmıştır. Azot gaz adsorpsiyonu ve civa porozimetresi ile yüzey alanı, gözenek çapı ve gözenek boyut dağılımı, SEM analizi ile yüzey yapısı incelenmiştir. B. Sphaericus ve S. Cerevisae içeren biyoser

malzemelerin yüzey alanları sırayla 25,51 ve 26,71 m²/g, BET ortalama gözenek çapları 8,5 ve 7,2 nm, gözenek hacimleri 0,051 ve 0,046 cm³/g, toplam gözeneklilikleri % 45,2 ve % 41,3, civa porozimetresi ortalama gözenek çapları 2,5 ve 4,7 µm olarak belirlenmiştir. SEM analizinde hücre ve sporların malzemenin makro gözeneklerinde ve yüzeyinde tutunduğu görülmüştür. Ayrıca biyoser malzemelerin depolama süresince hücre canlılık tayini yapılmıştır. Dondurarak kurutulan ve 4°C sıcaklıkta depolanan malzemelere, depolama sürecinin 6. ve 124. gününde hücre canlılık tayini yapılmış ve canlı hücre sayısında çok fazla azalma olmadığı saptanmıştır [Soltman ve ark.,2003].

Raff ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, *B. Sphaericus* hücre, spor ve proteinleri TEOS silika matriks (silika tanecik boyutu 6 nm olan sıvı nanasol) içine tutuklanıp gözenek yapıcı sorbitol ilavesiyle hazırlanan biyoser malzemeler dondurarak kurutulmuştur. Malzemeler ile atık sudaki uranyum, bakır, alüminyum, kadmiyum ve kurşunun giderilmesi incelenmiştir. Hücre tutuklu biyoser malzemenin metal tutma kapasitesinin, spor veya protein tutuklu biyoser malzemenin metal tutma kapasitelerinden daha fazla (hücre-biyoser metal tutma kapasitesi %70-%100, spor-biyoser metal tutma kapasitesi %40-50) olduğu belirlenmiştir. Biyoser malzemelere adsorplanan metallerin desorpsiyonu sitrik asitle sağlanmıştır [Raff ve ark.,2003].

Nassif ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, silika jel içine *E.coli* bakterisi tutuklanarak hazırlanan biyoser malzemelere hücre aktivitesini artırıcı katkı maddeleri (gliserol, poli vinil alkol, jelatin, fosfat bufer) ilave edilerek bu maddelerin hücre canlılığına etkisi incelenmiştir. En iyi sonuçlar gliserol içeren biyoser malzemede alınmıştır. Bu biyoser malzemedeki hücrelerin hazırlandıktan bir ay sonra % 50'sinin canlılığını koruduğu belirlenmiştir [Nassif ve ark.,2003].

Fiedler ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, TEOS silika matriks içine *Aspergillus versicolor* sporları ve *Rhodococcus rhodochrous* hücreleri tutuklanarak hazırlanan biyoser malzemelerin mekanik dayanımı alüminyum fiber ilavesiyle, gözenekliliği sorbitol ilavesiyle artırılmış ve malzemeler havada kurutulmuştur. Hazırlanan malzemelerle atık sudan fenol ve çeşitli glikollerin (etilen glikol, dietilen

glikol vs.) giderimi çalışılmıştır. Biyoser malzemelerdeki mikroorganizmaların canlılığı Floresan Mikroskobu ile, gözeneklilik ve yüzey alanı azot gaz adsorpsiyonu ve civa porozimetresi ile yüzey yapısı ise SEM cihazı ile yapılmıştır. *A. versicolor* tutuklu biyoser ile *R. Rhodochrous* tutuklu biyoser malzemelerin yüzey alanları sırayla 131,5 ve 113,1 m²/g, BET ortalama gözenek çapları 9,31 ve 9,26 nm, gözenek hacmi 0,3058 ve 0,2619 cm³/g, toplam gözeneklilikleri % 60,2 ve % 54,6 olarak belirlenmiştir. *A. versicolor* tutuklu biyoser ile glikol giderimi % 70-100 aralığında iken, *R. Rhodochrous* hücreleri ile fenol giderimi %100'e ulaştığı gözlenmiştir [Fiedler ve ark.,2004].

Bahrami ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, tetrametilortosilikat (TMOS) silika matriks içine *Scchizosaccharomyces pompe* maya hücreleri tutuklanarak hazırlanan biyoser malzeme ile kesikli şartlarda atık sudaki ağır metallerin (Cd⁺², Zn⁺², Cu⁺²), sürekli şartlarda dolgulu kolonda Cd⁺² giderimi incelenmiştir. Kesikli şartlarda biyoser malzemenin adsorplama kapasitesi optimum pH= 6'da sırayla Cd⁺²> Zn⁺²>Cu⁺² şeklindedir. Kolon çalışmasında akış hızının (0,2-0,430 ml/dakika) ve biyoser tanecik boyutunun (45-225 µm) Cd⁺² adsorpsiyona etkisi incelenmiştir. Düşük akış hızında ve küçük tanecik boyutlarında kolonda biyoser malzemenin Cd⁺² adsorpsiyon kapasitesi daha büyüktür [Bahrami ve ark.,2007] .

Chen ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada TMOS silika matriks içine *Pseudomonas luteola* hücreleri tutuklanarak hazırlanan biyoser malzemenin mekanik dayanımı aljinat malzeme ilavesiyle sağlanmış ve hazırlanan bu hibrit malzeme ile atıksudaki Reaktif Red 22 azoboyanın giderimi incelenmiştir. Kesikli adsorpsiyon çalışmaları 5 kez tekrarlanması sonucunda, serbest haldeki hücrelerin % 54'nün, tutuklu hücrelerin ise % 82'nin canlılığını koruduğu gözlenmiştir. SEM analizi ile silika-aljinat biyoser malzemenin makrogözenekli yapısı gözlenmiştir. Serbest hücrelerle Reaktif Red 22 giderimi % 70 civarındayken, biyoser malzeme ile % 100'e ulaştığı belirlenmiştir [Chen ve ark.,2007].

U. Soltmann ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, TEOS silika matriks içine çeşitli algler (*Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis*, *Botryococcus braunii* ve *Nannochloropsis*) ve bakteriler (*Pseudomonas fluorescense* ve *Rhodococcus ruber*) tutuklanarak farklı biyoser malzemeler hazırlanmış ve dondurularak kurutulmuşlardır. Alglerle hazırlanan biyoser malzemelerin hazırlandıktan sonraki 4°C sıcaklıktaki depolama sürecinde hücre canlılıkları incelenmiş ve 25 gün sonra da hücrelerin yaklaşık % 80-100 civarında canlılıklarını koruduğu belirlenmiştir. SEM analiziyle malzemelerin yüzeyinde çok küçük gözeneklerin, matriks içine doğru makro gözenekler içerdiği gözlenmiştir. Bakterilerle hazırlanan biyoser malzemelerle glukoz tüketimi arttıkça canlı kalma yüzdesinin tüketilen glukoz cinsine ve miktarına bağlı olarak 7-50 kat aralığında arttığı gözlenmiştir [Soltman ve ark.,2008].

Yukarıda yer alan bilgiler ışığında bu çalışmada, TEOS silika matriks içine *S.cerevicae* hücre ve sporları tutuklanarak hazırlanan biyoser malzemenin karakterizasyonunu yapmak ve bu malzemeler ile reaktif tekstil boyalarının gideriminin incelenmesi amaçlanmıştır.

6. DENEYSEL YÖNTEM

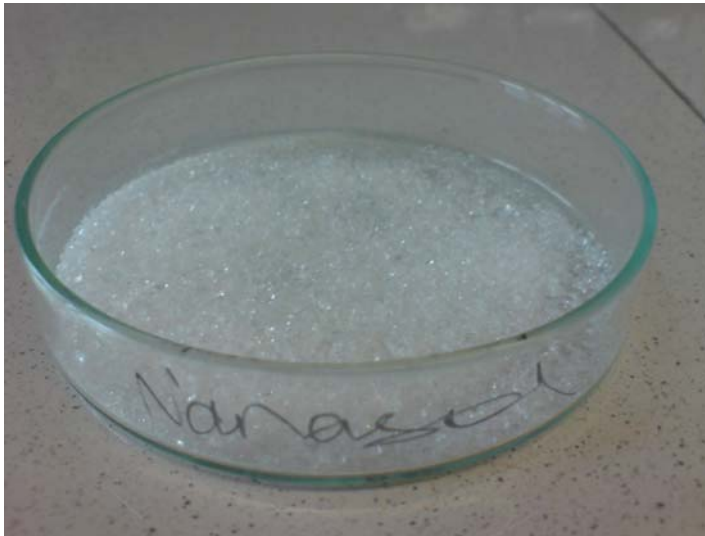
Yapılan deneysel çalışma üç aşamadan oluşmaktadır.

6.1. Biyoser Malzeme Hazırlama

Bu aşamada öncelikle biyoser malzemeyi iki alt bileşeni olan nanasol ve biyobileşen hazırlanmıştır.

6.1.1. Nanasol hazırlama

Bu aşamada biyoser malzemenin birinci ana bileşeni olan seramik yapı üretilmiştir. Bu amaçla, bir erlene 10 ml tetraetoksilan konularak üzerine 20 ml HCl ve 40 ml etanol ilave edilerek 150 rpm hızda çalkalamalı su banyosunda $21\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 20 saat süreyle karıştırma işlemine tabii tutulmuştur. Daha sonra erlene 55ml saf su ilave edilip sistemden hava geçirelerek karışımdaki etanolün uzaklaştırılması sağlanmıştır. Elde edilen nanasol etüvde 90°C sıcaklıkta 12 saat süreyle bekletilerek kurutulmuştur. Kurutulan nanasolün tanecik boyutu elek analizi ile $355\text{ }\mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir (Resim 6.1).



Resim 6.1. Kurutulan nanasol

6.1.2. Biyobileşen hazırlama

Bu aşamada biyoser malzemenin ikinci bileşeni olan *Saccharomyces cerevisia* hücre kültürü ve sporları hazırlanmıştır.

Saccharomyces cerevisiae sporlarının hazırlanması

Spor olarak ticari ekmek mayası kullanılmıştır. 1 g *Saccharomyces cerevisiae* 100 ml %0,85'lik (m/v) NaCl çözeltisi ile yıkanıp mavi bant süzgeç kağıdında filtrasyon işlemine tabii tutulmuştur. Vakum altında 1 saat kurutulduktan sonra 10 ml %0,85'lik NaCl çözeltisine konup 4°C'de buzdolabında saklanmıştır.

Saccharomyces cerevisiae hücrelerinin hazırlanması

Mikroorganizma 4°C'de buzdolabında eğik agar üzerinde muhafaza edilmiştir. Agar ortamı, 100 ml saf suda 0,5 yeast ekstrakt, 2 g pepton, 2 g glukoz, 0,55 g malt ekstrakt, 2 g agar çözülerek hazırlandı. Çözeltiden 5'er ml alınarak deney tüplerine konup ağzları pamukla kapatıldı ve bir beher içinde otoklavda 121°C'de 30 dk sterilize edildi. Sterilize edilen deney tüpleri tezgah üzerinde hafif eğik şekilde bir gece bekletilerek agar ortamının eğik yüzey oluşturacak şekilde katılaşması sağlandı. Alınan *S.cerevisiae* sterilize edilmiş öze yardımıyla deney tüplerindeki yeni agar ortamları üzerine aşılanmış ve mikroorganizmanın büyümesi için 30°C'de 48 saat süreyle inkübatörde bekletilmiştir.

Mikroorganizmanın ön aktifleştirilmesi işlemi için, 100 ml saf suda 0,5 g yeast ekstrakt, 2g pepton, 2 g glukoz, 0,5 g malt ekstrakt çözülerek hazırlanan sıvı ortamdan 5 ml deney tüpüne alınıp içine öze ile eğik agar üzerindeki mikroorganizma konmuştur. Deney tüpünün ağzı pamukla kapatılıp 1 gün 30°C'de inkübatörde bekletilmiştir. Üreme ortamı, 100 ml saf suda 5 g glukoz, 1,2 g KH₂PO₄, 0,5 g NH₄SO₄, 0,1 G MgSO₄.7H₂O, 0,5 g yeast ekstrakt, 0,5 g CaCl çözülüp pH değeri 1 M H₂ SO₄ ile 4.5'e ayarlanarak hazırlanmış ve otoklavda 30 dakika 121 °C'de sterilize edilmiştir. Ön aktifleşmesi tamamlanan mikroorganizma büyüme

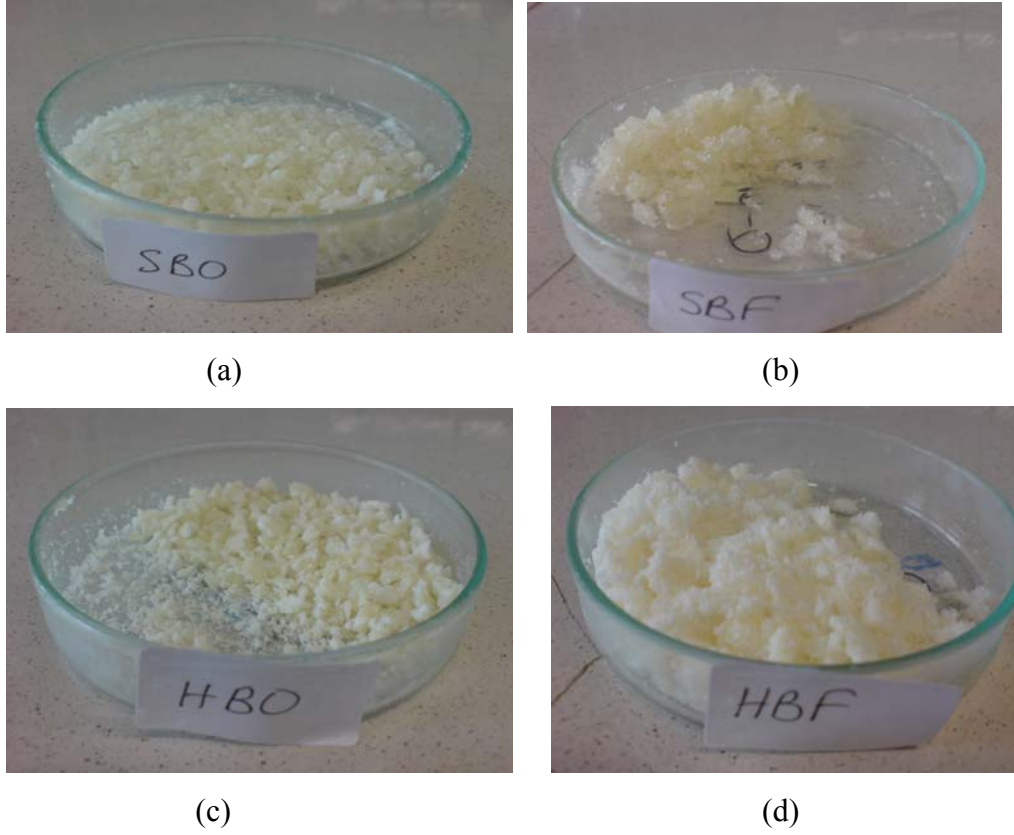
ortamina eklenerek 30°C’de 440 rpm karıştırma hızında 20 saat süreyle manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır.

Saccharomyces cerevisiae hücrelerinin büyüme kinetiği çalışması

S.cerevisae büyüme ortamında kesikli şartlarda 30°C’de 440 rpm karıştırma hızında 50 saat süreyle manyetik karıştırıcıda karıştırılırken belirli zaman aralıklarında ortamdan numune alınarak UV spektrofotometresinde 600 nm dalga boyunda 0-2 absorbans aralığında absorbans değerleri okunmuştur. Absorbans okumaları yapılırken numuneler 1/10 oranında saf su ile seyreltmeler yapılmıştır. Absorbans ile biyokütle arasındaki bağıntı kuru kütle tayini (EK-3) ile belirlenmiş ve buradan biyokütle miktarına (g/L) geçilmiştir. Zamana karşı biyokütle değerleri grafiğe geçirilerek S. cerevisae için büyüme eğrisi elde edilmiştir (Resim 6.2).

6.1.3. Biyoser malzemenin hazırlanması

Bu aşamada nanasol ve biyobileşen (S.cerevisae spor- hücre kültürü) belli oranda karıştırılarak biyoser malzeme elde edilmiştir. Bu amaçla 140 ml nanasol, 40 ml spor/hücre kültürü ve 20 ml gözenek artırıcı olarak gliserol karıştırılmış ve karışımın pH’ı 1M NaOH ile 4,5’tan 7’ye çıkarılmıştır. Daha sonra 48 saat süreyle derin dondurucuda (Arçelik) -15 – -20°C sıcaklık aralığında bekletilmiştir. Daha sonra hazırlanan sporlu ve hücre kültürlü biyoser malzemenin bir kısmı 72 saat süreyle Liyofilizatörde (Christ/Alpha 2-4/LD) 200mbar vakum altında -80 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Malzemelerin diğer kısmı ise etüvde 35 °C’de 72 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan S.cerevisae spor-biyoser ve hücre kültürü-biyoser malzemelerin tanecik boyutları elek analizi ile sırasıyla 710 µm ve 1 mm olarak belirlenmiştir. Hazırlanan malzemeler (Resim 6.2.) daha sonra kullanılmak üzere derin dondurucuya konulmuştur.



Resim 6.2. Hazırlanan biyoser malzemeler (a) SBO: Etüvde kurutulan *S. cerevisiae* spor biyoser, (b) SBF: Liyofilizatörde kurutulan *S. cerevisiae* spor biyoser, (c) HBO: Etüvde kurutulan *S. cerevisiae* hücre kültürlü biyoser, (d) HBF: Liyofilizatörde kurutulan *S. cerevisiae* Hücre Kültürlü Biyoser)

6.2. Biyoser Malzemenin Karakterizasyonu

Hazırlanan biyoser malzemeler için yüzey yapısının belirlenmesi, hücre canlılığı tayini, gözeneklilik boyut dağılımı ve yüzey alanı belirleme gibi karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır.

6.2.1. XRD analizi

Hazırlanan kuru nanasol ile biyoser malzemelerin kristalografik analizleri X-Ray Difraktometre cihazı (XRD-RİGAKU D/MAX 2200/PC) ile yapılmıştır. Analizlerde 2-teta açısı aralığı 10-90° aralığında olup tarama hızı 2°/dakika'dır.

6.2.2. Yüzey yapısı incelemesi

Hazırlanan biyoser malzemelerin yüzey yapıları Taramalı elektron Mikroskobu (SEM-Zeiss Evo 50 EP) ile yapılmıştır. SEM analizi için önce yaklaşık 1 cm çapındaki numune diski biyoser malzeme üzerine bastırılarak numunenin yüzeye tutunması sağlanmış ve daha sonra numune yüzeyi 0,1mbar vakum altında altınla kaplanmıştır. Yüzeyi altınla kaplanan diskler SEM cihazına yerleştirilerek yüzey görüntüleri incelenmiştir.,

6.2.3. Hücre canlılık tayini

Hücre canlılık tayini için Lazer Taramalı Konfokal mikroskobu (Zeiss LSM 510 Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop) ile yapılmıştır. Canlı/ölü hücre ayırımı yapabilmek için L7007 hücre canlılık tayin kiti kullanılmıştır. Bu kit, canlı hücreleri yeşile boyayan SYTO 9 ve ölü hücreleri kırmızıya boyayan probidyum iyodür boyar maddelerinden oluşmaktadır. Canlı/ölü hücre tayini için, spor ve hücrekültürü içeren biyoser malzemelerden 0,1'er gram alınarak 25 ml kütlece %0,85'lik tuzlu sudaki süspansiyonları hazırlanmış ve 10000 devird/dk hızla 15 dakika santrifüjlenmiştir. Sıvı kısım atılıp katı kısım tekrar 25 ml %0,85'lik tuzlu suya konulmuştur. Numuneler 1 saat süreyle oda sıcaklığında inkübe edildikten sonra 10000 devir/dk hızla 15 dakika santrifüjlenmiştir. Sıvı kısım atılıp katı kısım 10 ml %0,85'lik (kütlece) NaCl tuz çözeltisiyle karıştırılmıştır. Daha sonra canlılık tayin kitindeki SYTO 9 ve probidyum iyodür boyar maddeleri mikrofüj tüplerde eşit hacimlerde karıştırılıp biyoser süspansiyonlar ile süspansiyonun her ml'si için 3µl olacak şekilde karıştırılmıştır. Karışımlar karanlık ortamda 15 dakika süreyle inkübe edilmiştir. Bu işlemten sonra her süspansiyondan 5'er µl numune slaytlar üzerine alınarak Floresan mikroskobunda incelenmiştir.

6.2.4. Yüzey alanı ve gözenek boyut dağılımı analizi

Biyoser malzemelerin yüzey alanı ve gözenek çapı ve gözenek hacmi Azot gaz adsorpsiyon cihazı(Quantochrome Quantosor SI) ile, toplam gözeneklilik gözenek yapısı Civalı Porozimetre cihazı ile yapılmıştır. Azot gaz adsorpsiyon cihazı ile analiz öncesinde numuneler yaklaşık 60°C sıcaklıkta yüzey temizleme işlemine (degaz işlemi) tabii tutulmuş, daha sonra azot gaz adsorpsiyonu işlemiyle biyoser malzemelerin yüzey alanı, gözenek çapı ve hacmi belirlenmiştir. Civalı porozimetre cihazında ise, 50000 psia basınca kadar civa adsorplayan malzemenin toplam gözeneklilik yüzdesi ve gözenek boyut dağılımı belirlenmiştir.

6.3. Biyosorpsiyon Deneyleri

Biyosorpsiyon çalışmasında üç çeşit reaktif boyanın Liyofilizatörde kurutulan *S.cerevisae* spor-biyoser, *S. cerevisae* hücre kültürü-biyoser ve katı nanasol ile biyosorpsiyonu incelenmiştir.

6.3.1. Reaktif boyaların hazırlanması

Ankara'da kurulu Aytemizler Tekstil Fabrikası'ndan alınan ve Everzol Chemical Industrial Corporation üretimi olan boyalar renk indekslerine (C.I.) göre sırasıyla Reaktif Oranj 16 (M.A.=617,528 g/mol; moleküler yapısı: $C_{20}H_{17}N_3Na_2O_{11}S_3$), Reaktif Blue 21 (M.A.=576,1 g/mol; moleküler yapısı: $CuPc(SO_3H)_{2-3}(C_8H_8O_4S_2N)_1-2$) ve Reaktif Yellow 176 (moleküler yapısı ve kütlesi bilgilerine ulaşamamıştır)'dır. Boyaların 1g/L'lik stok çözeltileri hazırlanmıştır. Bu stok çözeltilerden 100 ppm'lik çözeltiler hazırlanmış ve UV Spektrofotometresinde (T80+ UV/Vis. Spekt.-PG İnst.)spektrumları çekilerek çalışma dalgaboyları belirlenmiştir. Bu değerler sırasıyla Reaktif Oranj 16 için 530 nm, Reaktif Blue 21 için 665 nm ve Reaktif Yellow 176 için 465 nm olarak ölçülmüştür (Ek.1). Ölçülen bu dalgaboyları boyaların maksimum çalışma dalgaboylarıdır. Literatürde bu boyalara ait çalışılan dalgaboyları sırasıyla Reaktif Oranj 16 için 420 nm [Karapınar ve ark., 2003], Reaktif Blue 21 için maksimum 660 nm [Xue ve ark, 2009] ve Reaktif Yellow 176 için 400 nm [Özdemir

ve ark, 2003] olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi Reaktif Blue 21'in çalışma dalga boyu literatüre uyarken, Reaktif Oranj 16 ve Reaktif Yellow 176 'nın çalışma dalgaboyu literatürden farklıdır. Bunun nedeni literatürde Reaktif Reaktif Oranj 16 ve Reaktif Yellow 176 için maksimum çalışma dalgaboyunda çalışılmamış olması olabilir.

Çalışma dalgaboyları belirlendikten sonra, 5-320 ppm aralığında farklı derişimlerde standart çözeltiler hazırlanarak UV Spektrofotometresinde absorbansları ölçülerek kalibrasyon grafikleri çizilmiştir (EK.2).

Reaktif boyaların biyosorpsiyon deneyleri kesikli ve sürekli şartlarda yapılmıştır.

6.3.2. Kesikli biyosorpsiyon deneyleri

Kesikli biyosorpsiyon şartlarında, öncelikle kinetik çalışma yapılmıştır. Daha sonra boya derişimi, adsorplayıcı katı kütlesi, pH ve sıcaklık gibi parametrelerin biyosorpsiyon üzerine etkileri incelenmiştir.

Kinetik çalışma

Bu amaçla, 100 ppm derişiminde 100'er ml boya çözeltileri hazırlanıp 250 ml'lik erlenlere konmuş ve üzerine 0,1 g numune (nanasol, SBF, HBF, SBO, HBO) ilave edilip ağızları alüminyum folyo ile kapatılarak 150 rpm hızda 30°C sıcaklıkta çalışan çalkalamalı su banyosuna konulmuştur. Bir günlük süre içerisinde 2'er saatlik zaman dilimlerinde boya çözeltilerinden numuneler alınarak UV Spektrofotometresinde absorbansları ölçülmüş; kalibrasyon grafikleri yardımıyla boya derişimleri belirlenmiştir. Daha sonra zamana karşı boya derişimleri grafiğe geçirilerek kinetik eğrileri elde edilmiştir.

Boya derişiminin biyosorpsiyona etkisinin incelenmesi

5-640 ppm derişim aralığında 100'er ml boya çözeltileri hazırlanarak 250 ml'lik erlenlere konulmuş ve üzerine 0,1 g numune (nanasol, SBF, HBF, SBO, HBO) ilave edilip ağızları alüminyum folyo ile kapatılarak 150 rpm hızda ve 30 °C sıcaklıkta çalışan çalkalamalı su banyosunda konulmuştur. Kinetik çalışmada belirlenen 8 saatlik denge süresi sonunda boya çözeltilerinden numuneler alınarak UV Spektrofotometresinde absorbansları ölçülmüş; kalibrasyon grafikleri yardımıyla boya çözeltilerinin denge derişimleri belirlenmiştir. Daha sonra adsorplayıcı katının birim kütlesi başına adsorplanan madde miktarı belirlenmiş ve başlangıç derişimlerine karşı grafiğe geçirilerek adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir.

Adsorplayıcı kütlesinin biyosorpsiyona etkisinin incelenmesi

250 ml'lik erlenlerde 100 ppm derişimde 100ml boya çözeltileri hazırlanıp üzerlerine 0,1-0,6 g aralığında değişen kütlelerde numune (nanasol, SBF, HBF, SBO, HBO) konulmuş ve erlen ağızları alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Erlenler 150 rpm hız ve 30°C sıcaklıkta çalışan çalkalamalı su banyosuna konulmuştur. 8 saat sonunda boya çözeltilerinden numuneler alınarak UV Spektrofotometresinde absorbansları ölçülmüş; kalibrasyon grafikleri yardımıyla boya derişimleri belirlenmiştir. Daha sonra adsorplayıcı kütlesine karşı adsorplayıcı katının birim kütlesi başına adsorplanan madde miktarı grafiğe geçirilerek adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir.

Boya çözeltisi pH'ının biyosorpsiyona etkisinin incelenmesi

250 ml'lik erlenlerde 100 ppm derişimde 100ml boya çözeltileri hazırlanıp pH-metre ile pH'ları ölçülmüş ve 6-7 aralığında olduğu görülmüştür. Çözelti pH'ları 1M H₂SO₄ ve 1M NaOH kullanılarak 1-12 aralığında değişen değerlere ayarlanmıştır. Çözeltilere 0,1 g numune (nanasol, SBF, HBF, HBO, SBO) konulmuş ve erlen ağızları alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Erlenler 150 rpm hız ve 30°C sıcaklıkta

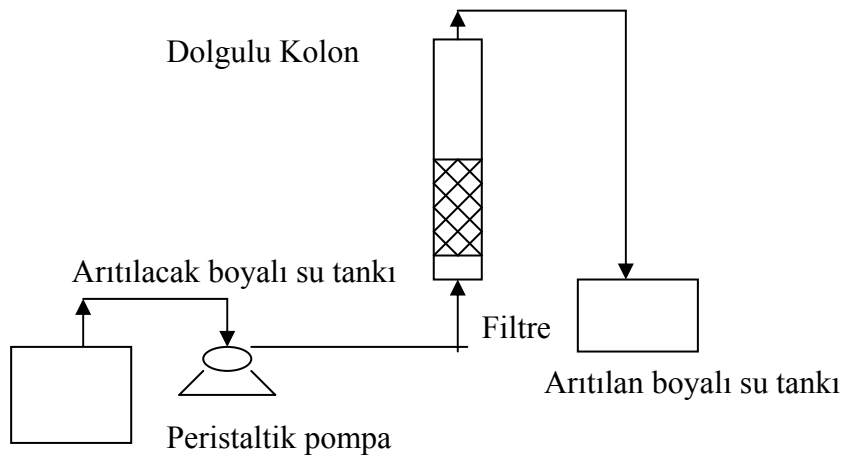
alışan çalkalamalı su banyosuna konulmuştur. 8 saat sonunda boya çözeltilerinden numuneler alınarak UV Spektrofotometresinde absorpsanları ölçölmüş; kalibrasyon grafikleri yardımıyla boya derişimleri belirlenmiştir. Daha sonra boya çözeltisi pH'ına karşı adsorplayıcı katının birim kütle başına adsorplanan madde miktarı grafiğe geçirilerek adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir.

Boya özeltisi sıcaklığının biyosorpsiyona etkisinin incelenmesi

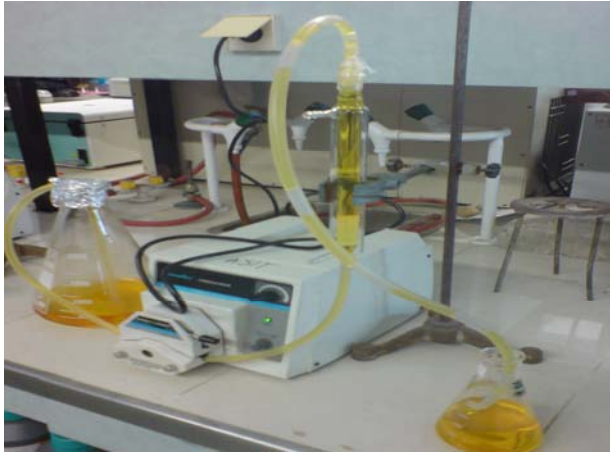
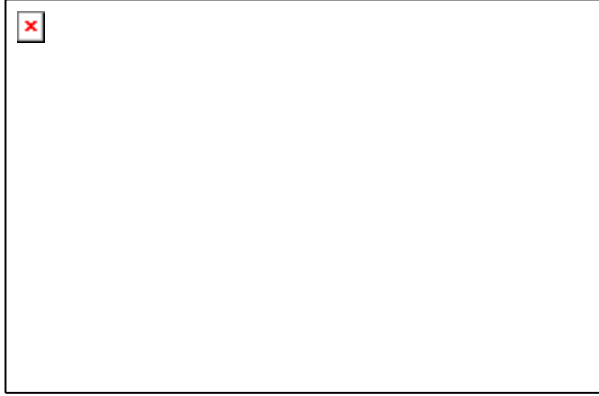
250 ml'lik erlenlerde 100 ppm derişimde 100ml boya çözelti hazırlanıp üzerlerine 0,1 g numune (nanasol, SBF, HBF, HBO, SBO) konulmuş ve erlen ağızları alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Erlenler 140 rpm hızda ve 15-50 °C aralığında değişen sıcaklıklarda çalışan çalkalamalı su banyosuna konulmuştur. 8 saat sonunda boya özeltielerinden numuneler alınarak UV Spektrofotometresinde absorpsanları ölçölmüş; kalibrasyon grafikleri yardımıyla boya derişimleri belirlenmiştir. Daha sonra boya çözeltisi sıcaklığına karşı adsorplayıcı katının birim kütle başına adsorplanan madde miktarı grafiğe geçirilerek adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir.

6.3.3. Sürekli biyosorpsiyon deneyleri

Çalışmanın gerçekleştirildiği dolgulu kolon sistemi Şekil 3.4.3.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Dolgulu kolon sisteminin akış şeması



Resim 6.3. Dolgulu Kolon Çalışma sistemi

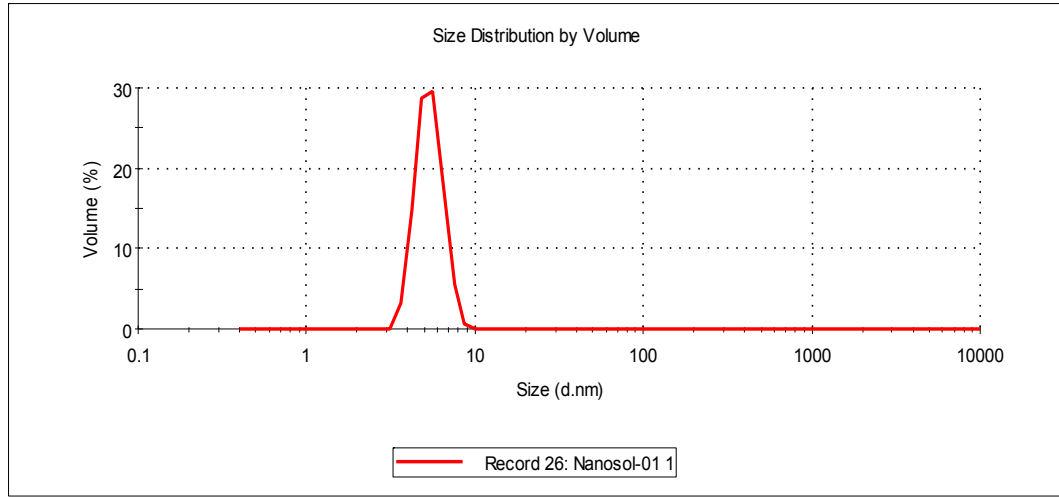
Sürekli koşullarında boya biyosorpsiyon deneylerinin gerçekleştirildiği kolon 1,5 cm iç çapında ve 20 cm yüksekliğindedir. Kolonun yatak yüksekliği 14 cm'dir. Kolonun tabanında 16-20µm çapında gözeneklere sahip bir filtre bulunmaktadır. Filtre üzerinde adsorplayıcı katı bulunmaktadır. Boya çözelti tankı olarak 2 litrelik erlenler kullanılmıştır. Arıtılacak boyalı su kolona bir peristaltik pompa (Masterflex Console Drive- Cole Parmer 751810) ve hortum yardımıyla gönderilmektedir. Arıtılan boyalı su ise kolonun üst kısmından yine bir hortum vasıtasıyla 2 litrelik erlene alınmaktadır. Boyalı suyun akış hızı, kronometre ile süre tutularak çıkıştaki erlende belli zaman aralığında toplanan boyalı su hacmi ölçülerek belirlenmiştir.

Dolgulu kolon çalışmalarında, öncelikle girişteki erlene 100 ppm derişiminde boya çözeltisi hazırlanmıştır. Kolona 4 cm yatak yüksekliğinde olacak şekilde 6 g nanasol, 3 g HBF, 3g SBF, 3 g SBO veya 3 g HBO malzeme konulmuştur. Boya çözeltileri 3,3 ml/dk. Akış hızıyla kolana gönderilerek arıtılmış şekilde kolondan çıkış erlenine alınmıştır. Belirli hacimlerde toplanan boya çözeltilerinden numuneler alınarak UV Spektrofotometresinde absorbansları ölçülmüştür. Kalibrasyon grafikleri yardımıyla denge derişimleri belirlenmiştir. Normalize edilmiş kolon çıkış derişimi (C/C_0), zamana karşı grafiğe geçirilerek sıçrama eğrileri elde edilmiştir.

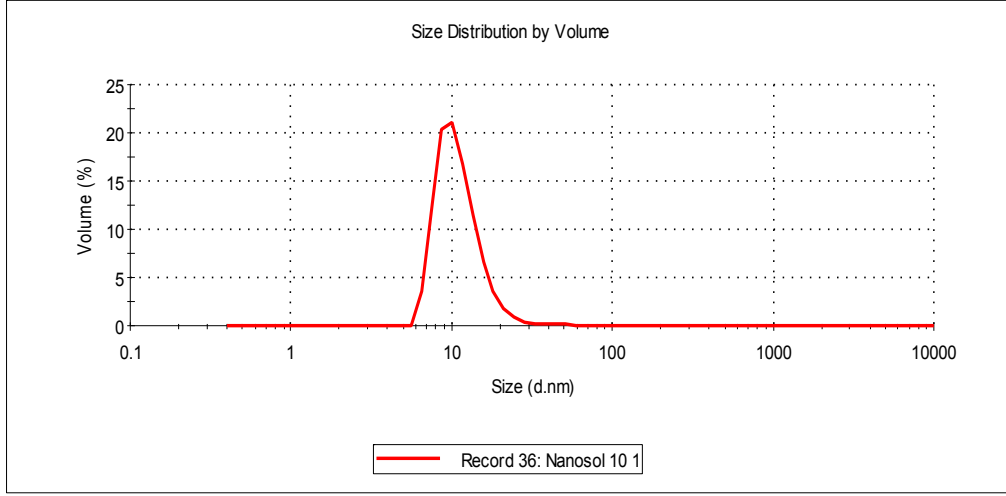
7. DENEYSEL BULGULAR ve TARTIŞMA

7.1. Nanasolde Silika Tanecik Boyutunun Belirlenmesi

Sıvı nanasolün hazırlandığı gün içerisinde silika tanecik boyutu ölçülmüş ve hacimce %100'unun silika tanecik boyutu 5,4 nm olarak belirlenmiştir (Şekil 7.1). Sıvı nanasolün silika tanecik boyutu, hazırlandıktan 10 gün sonra ölçüldüğünde ise hacimce %100'unun 11,32 nm olduğu görülmüştür (Şekil 7.2). Tanecik boyutundaki artış, zamanla nanasolün jelleşmesine bağlı olarak içindeki silika taneciklerinin biraraya gelerek kümeleşmesinden kaynaklanmaktadır. Silika taneciklerinin biraraya gelmesiyle de hücrelerin tutuklandığı silika matris ağ yapısı oluşmaktadır. Literatürde, sıvı nanasolün hazırlandığı gün içindeki silika tanecik boyutu ortalama 6 nm'dir [Soltman ve ark. 2003]. Dolayısıyla elde edilen değer literatürle uyumludur.



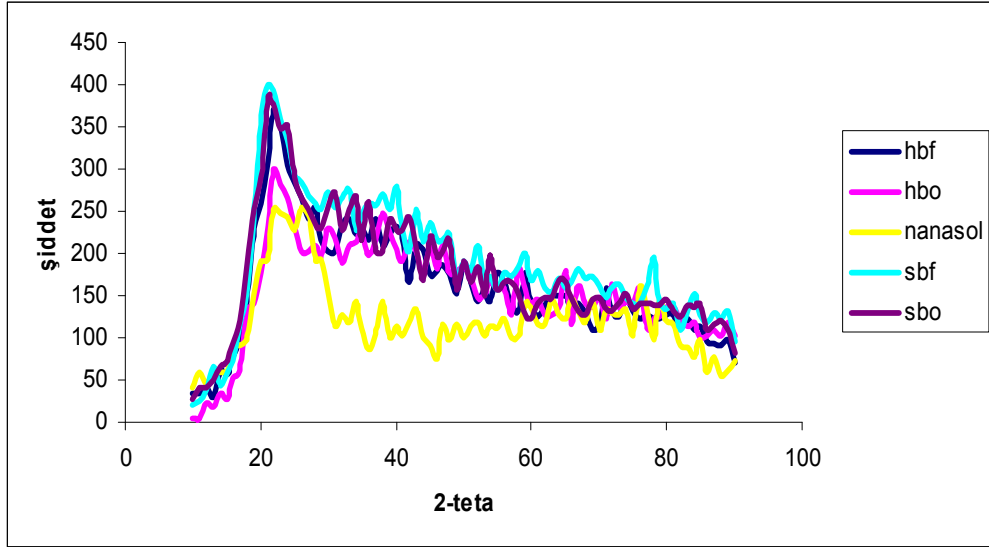
Şekil 7.1. Nanasolün içindeki silika tanecik boyutu (1. gün)



Şekil 7.2. Nanasolün içindeki silika tanecik boyutu (10. gün)

7.2. Nanasol ve Biyoser Malzemelerin XRD Analiz Sonuçları

Gerek kuru nanasolün gerekse biyoser malzemelerin XRD grafikleri incelendiğinde, tüm malzemelerin $2\theta = 20-25^\circ$ civarında silikaya (SiO_2) ait tek bir pik verdikleri ve dolayısıyla malzemelerin amorf yapıda oldukları görülmektedir (Şekil 4.2.1). Silika pikinin şiddeti nanasol için 250 civarında iken, biyoser malzemelerin şiddeti 300-400 civarındadır. Pik şiddetindeki artış, silika matris içine tutuklanan hücre ve sporların besi ortamı içerisinde yer alan sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum tuzlarından kaynaklanabilir. Literatürde malzeme karakterizasyonu için XRD analizi tek bir çalışmada yer almıştır. Bu çalışmada da $2\theta = 30-35^\circ$ civarında silikaya ait şiddeti 1800 civarında olan tek bir pik elde edilmiştir ve buna bağlı olarak malzemenin amorf yapıda olduğu belirtilmiştir [Chernev ve ark., 2006]. Silika piki şiddetinin bu çalışmada elde edilen değerden farklı olması da silika matris içinde organik bileşen olarak hücre yerine Ca-aljinat olmasından kaynaklanmaktadır.

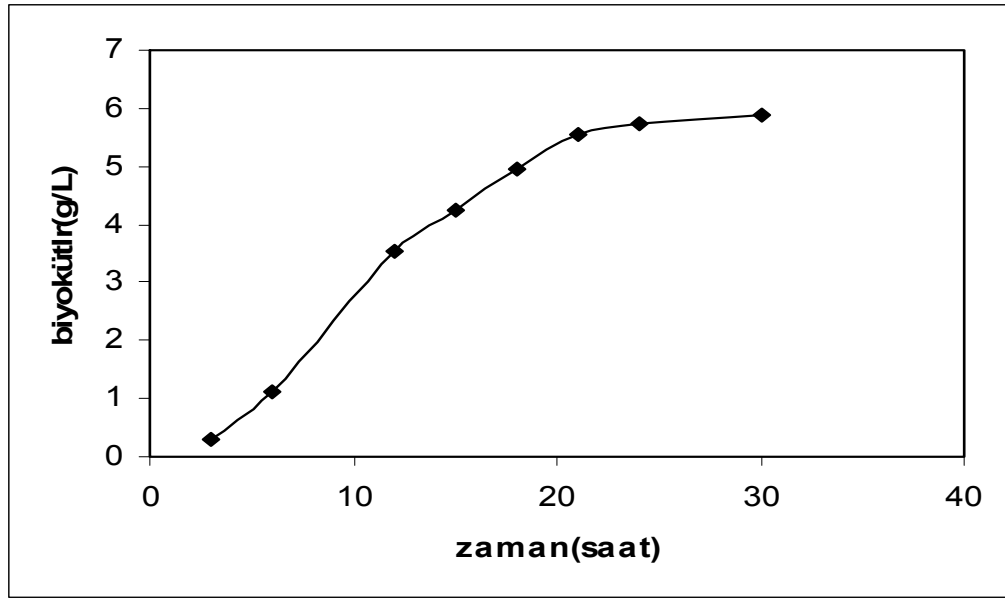


Şekil 7.3. Nanasol ve Biyoser Malzemelerin XRD Analiz Sonuçları

Tüm XRD verileri Ek-1’de verilmiştir.

7.3. Biyobileşenin (*S.cerevisae* Hücre Kültürü) Büyüme Kinetiğinin Belirlenmesi

Kinetik çalışma ile *S.cerevisae* hücre kültürünün büyüme eğrisi elde edilmiştir (Şekil 7.4). Büyüme eğrisine göre, hücre kültürünün maksimum çoğaldığı süre 20. saattir. Dolayısıyla biyoser malzeme üretimi için ortamdan hücre büyüme sürecinin 20. saatinde kültür alınmıştır. Literatürde bu süre 19. saat olarak belirlenmiştir [Tosun, 2005].



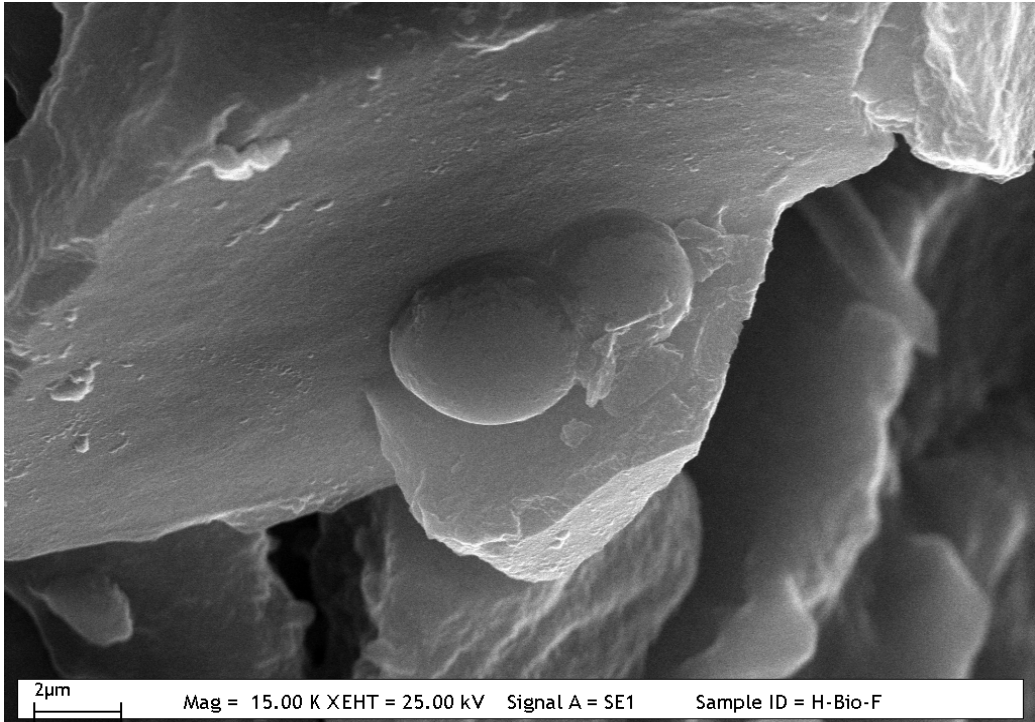
Şekil 7.4. *S.cerevisae* hücre büyüme eğrisi

Hücre büyüme kinetiğine ait kuru kütle tayini hesabı EK-3'de, kuru kütle tayini için kalibrasyon eğrisi Ek-2'de verilmiştir.

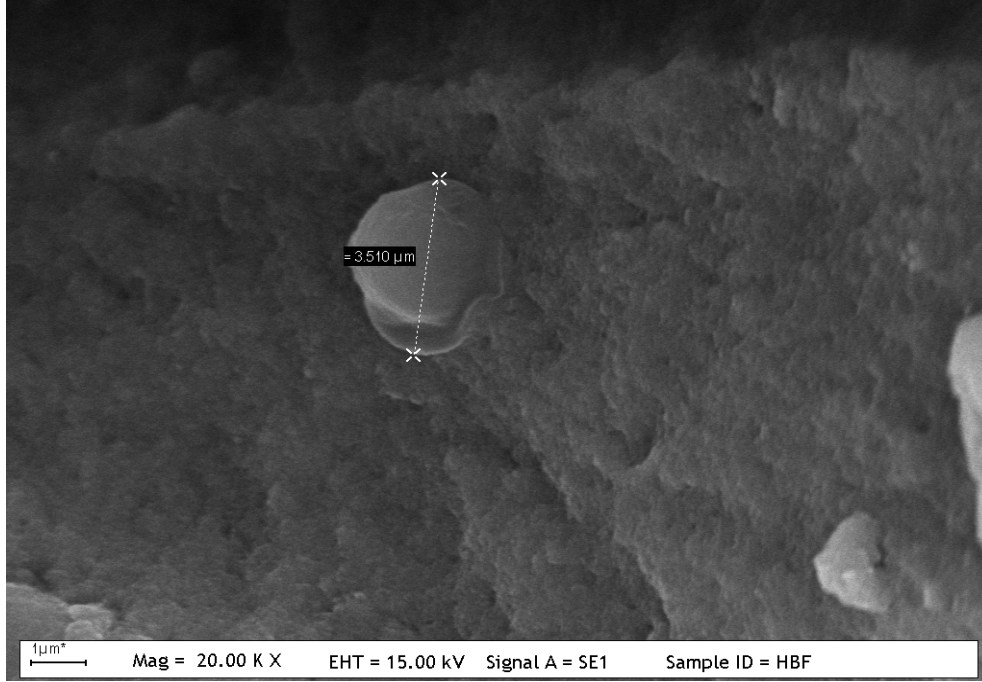
7.4. Biyoser Malzeme Karakterizasyonu

7.4.1. Yüzey yapısı incelemesi

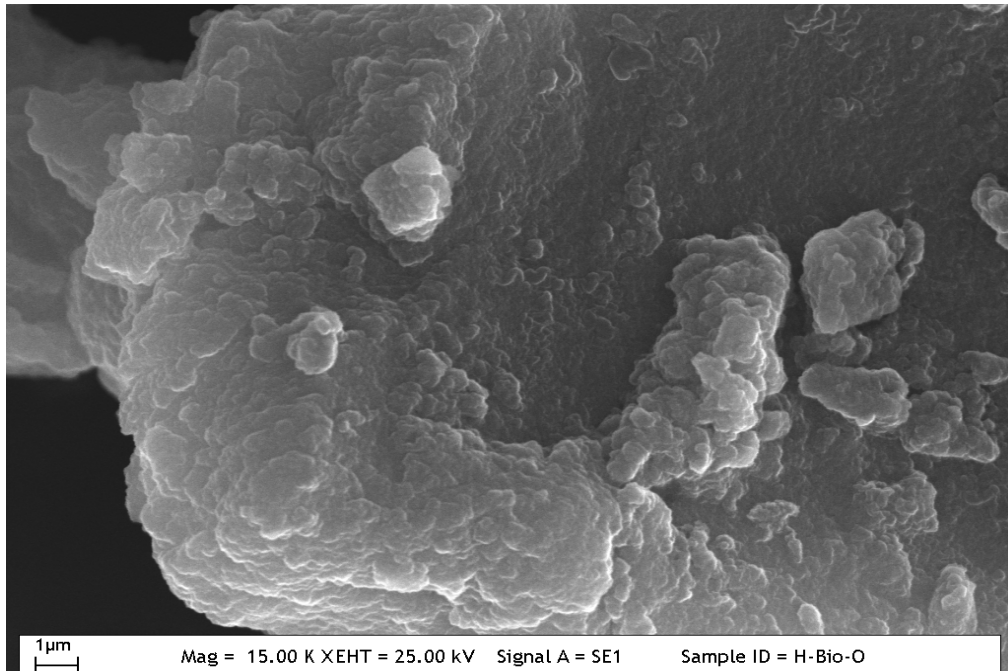
Farklı kurutma koşullarında (etüv ve liyofilizatör) kurutulan HBF, SBF, HBO ve SBO malzemelerin yüzey yapıları taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir (Şekil 7.5, 7.6, 7.7.,7.8.,7.9,7.10, 7.11, 7.12).



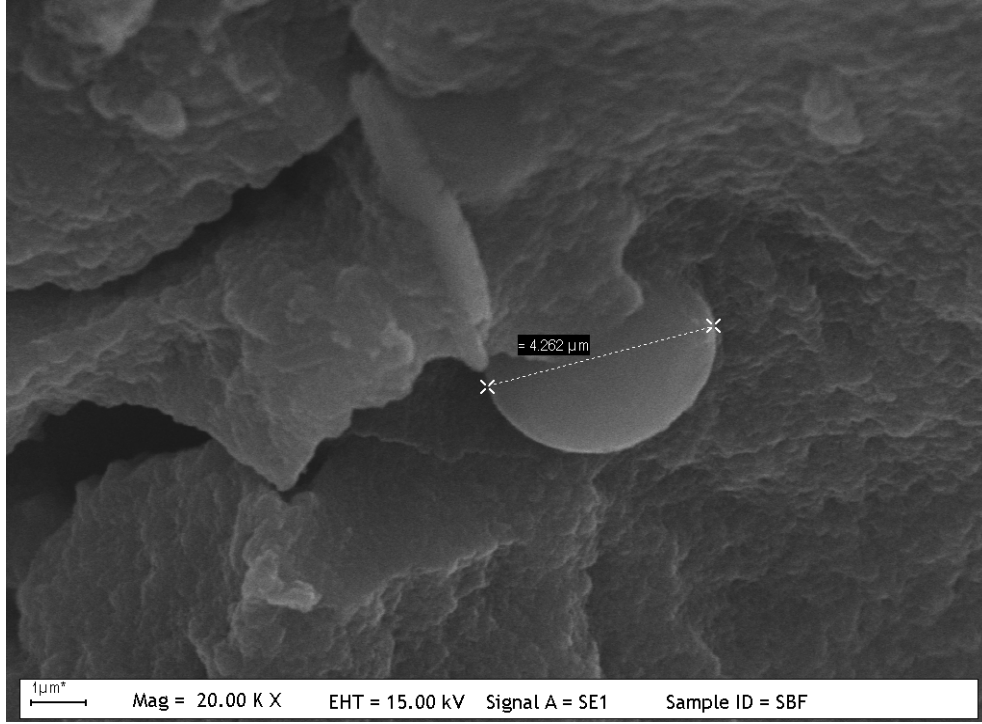
Şekil 7.5. Liyofilizatörde kurutulan HBF malzemenin hazırlandıktan 10 gün sonraki SEM görüntüsü



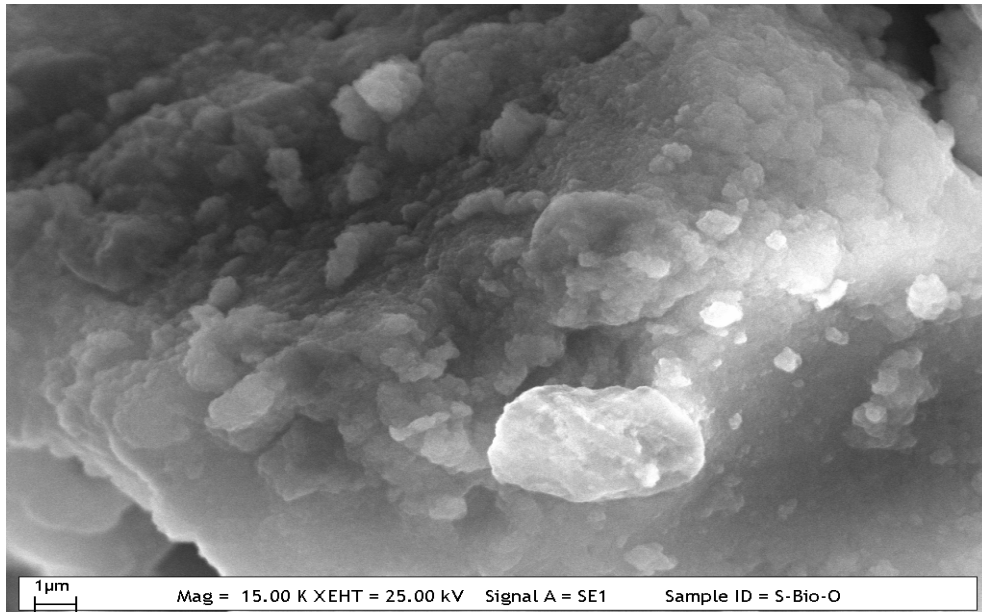
Şekil 7.6. Liyofilizatörde Kurutulan HBF malzemenin hazırlandıktan 60 gün sonraki SEM görüntüsü



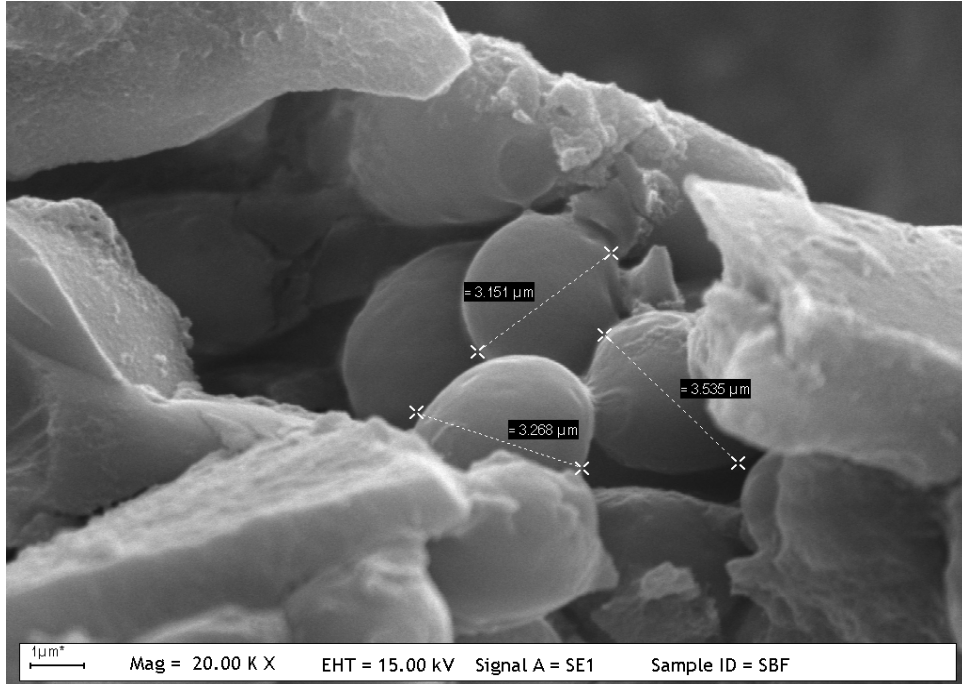
Şekil 7.7. Etüvde kurutulan HBO malzemenin hazırlandıktan 10 gün sonraki SEM görüntüsü



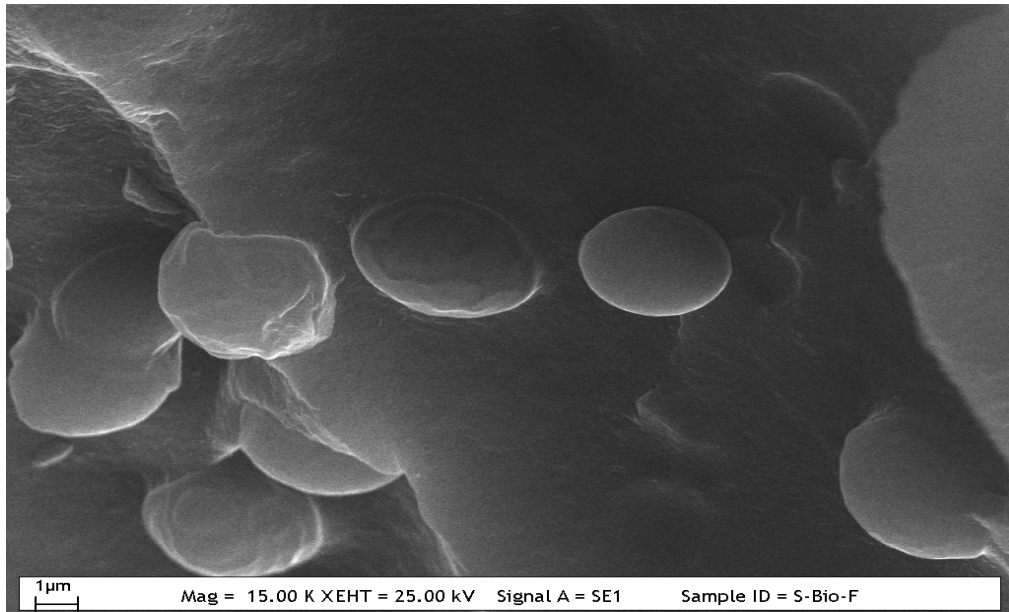
Şekil 7.8. Etüvde kurutulan HBO malzemenin hazırlandıktan 60 gün sonraki SEM görüntüsü



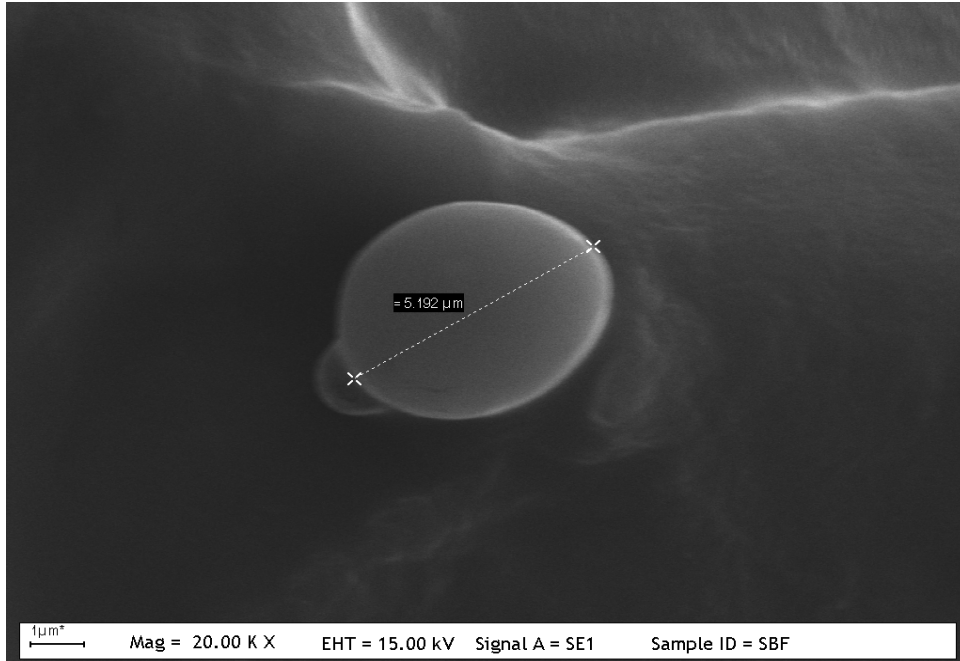
Şekil 7.9. Etüvde kurutulan SBO malzemenin hazırlandıktan 10 gün sonraki SEM görüntüsü



Şekil 7.10. Etüvde kurutulan SBO malzemenin hazırlandıktan 60 gün sonraki SEM görüntüsü



Şekil 7.11. Liyofilizatörde kurutulan SBF malzemenin hazırlandıktan 10 gün sonraki SEM görüntüsü



Şekil 7.12. Liyofilizatörde kurutulan SBF malzemenin hazırlandıktan 60 gün sonraki SEM görüntüsü

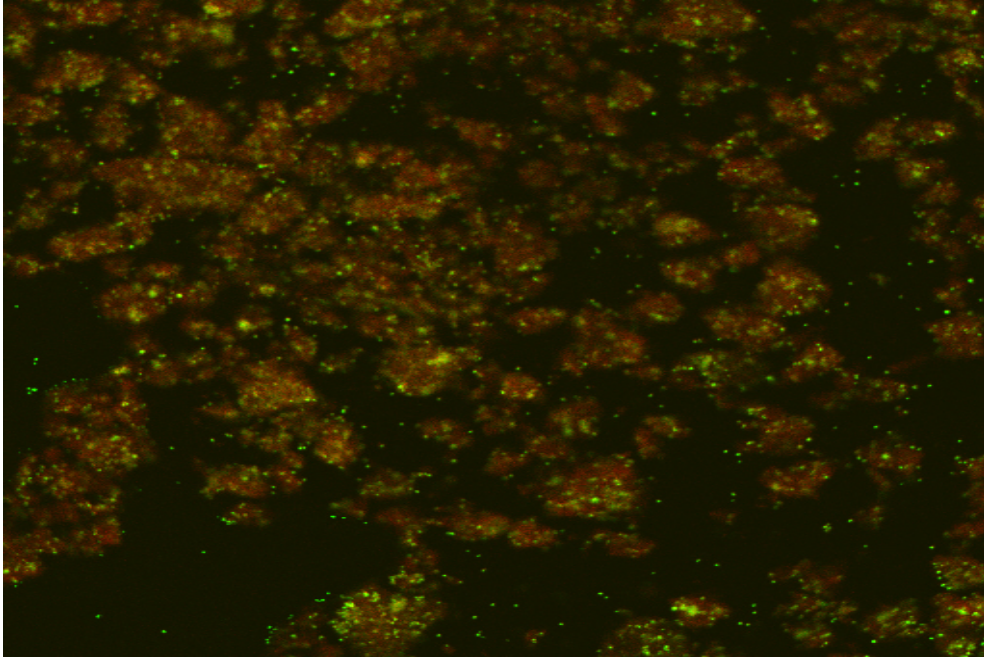
Yukarıdaki SEM görüntüleri dışındaki görüntüler EK-4’de verilmiştir.

Malzemelerin hazırlandıktan 10 gün ve 60 gün sonraki SEM görüntüleri incelendiğinde, *S.cerevisae* spor ve hücrelerin silika matrisin yüzeyine tutunduğu gözlenmektedir. Hücre ve sporların boyutları 3-5 μm arasında değişirken, malzeme yüzeyinde gözenekler mikro ve mezo yapıda olduğundan hücreler yüzeye çok az tutunmuşlar; genelde yapı içine gömülmüş veya daha iç kısımlardaki makrogözeneklere yerleşmişlerdir. Hücrelerin yapı içine gömüldüğü de de görülmektedir Ancak malzeme iç yapısındaki makro gözenekleri SEM ile görmek mümkün değildir.

Malzeme özellikle liyofilizatörde kururken yüzeyde soğuma hızı yüksek olduğundan küçük buz kristalleri ve buna bağlı olarak mikro ve mezo gözenekler oluşmakta; iç kısımlara gidildikçe soğuma hızı yavaşladığından büyük buz kristalleri ve buna bağlı olarak makro gözenekler oluşmaktadır. Etüvde kurutulan malzemelerin yüzeyindeki gözeneklerin küçük olması, kuruma sürecinde malzemenin gözeneklerindeki suyu



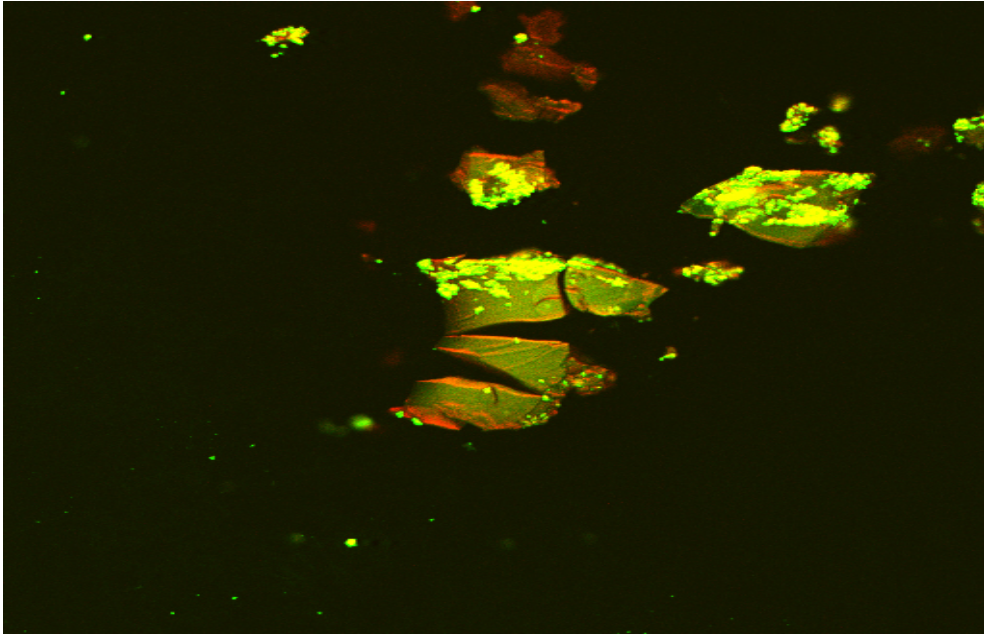
Şekil 7.14. Liyofilizatörde kurutulan SBF hazırlandıktan 60 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü



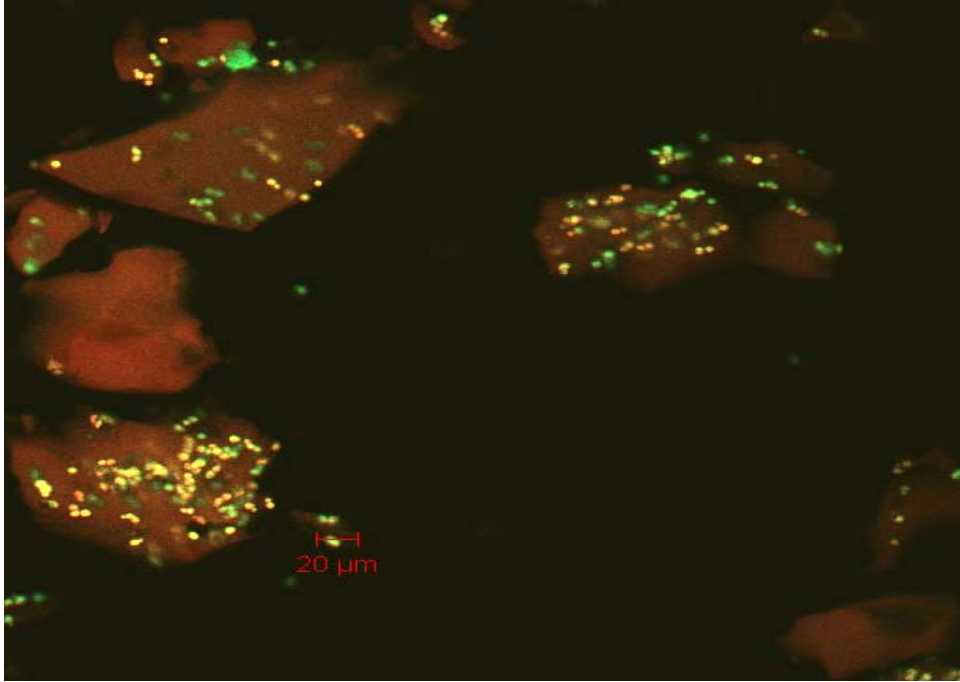
Şekil 7.15. Etüvde kurutulan SBO biyoserinn 10 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü



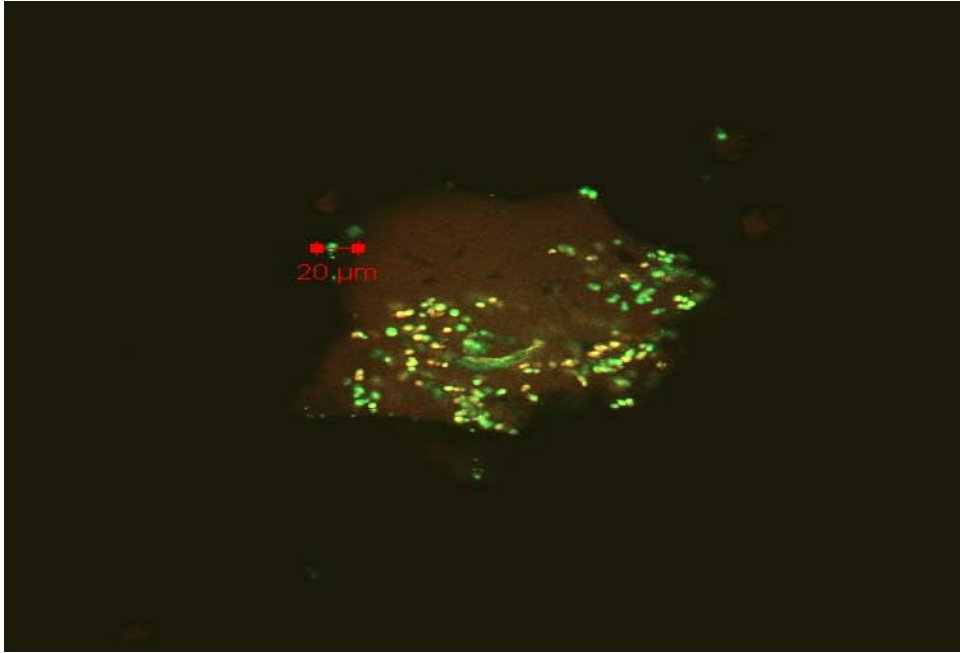
Şekil 7.16. Etüvde kurutulan SBO biyoserin hazırlandıktan 60 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü



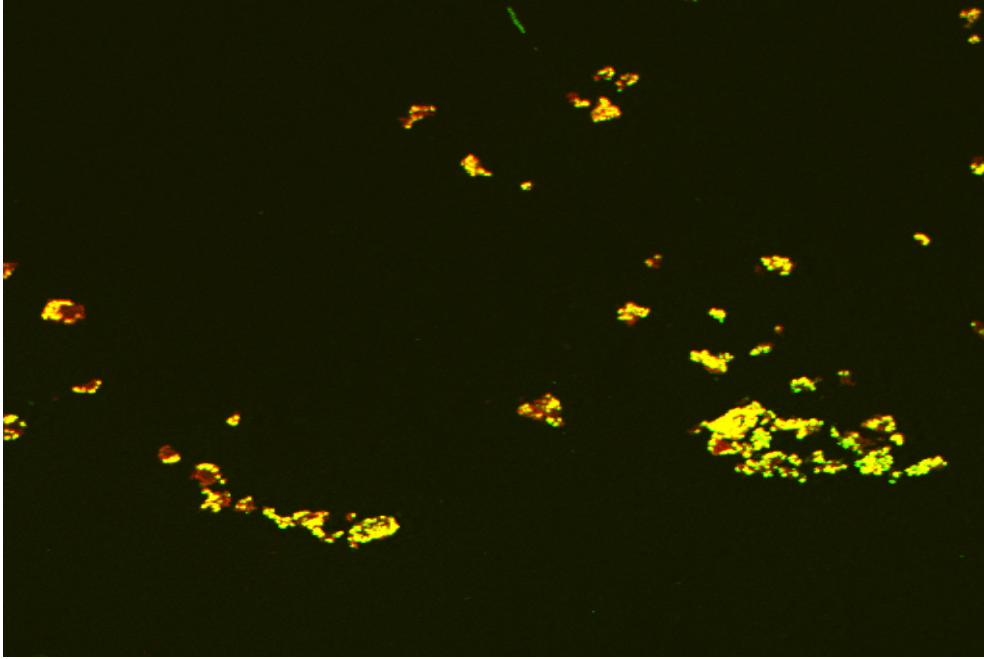
Şekil 7.17. Etüvde kurutulan HBO biyoserin 10 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü



Şekil 7.18. Etüvde kurutulan HBO biyoserin hazırlandıktan 60 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü



Şekil 7.19. Liyofilizatörde kurutulan HBF biyoserin 10 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü



Şekil 7.20. Liyofilizatörde kurutulmuş HBF biyoserin hazırlandıktan 60 gün sonraki floresan mikroskobu görüntüsü

Yukarıdaki Floresan mikroskobu dışındaki görüntüler EK-5’de verilmiştir.

Malzemelerin hazırlandıktan 10 gün ve 60 gün sonraki Floresan mikroskobu görüntülerinde yer alan yeşil renkli yapılar canlı hücreleri, sarı- turuncu renkli yapılar ölü hücreleri ifade etmektedir. Görüldüğü gibi, genel olarak 60 gün sonra malzemelerdeki ölü hücre sayısında artış olmuştur. Bu durum, kurutma ve depolama sırasında malzeme gözeneklerindeki suyun buharlaşarak azalmasıyla, hücrelerin aktivitelerini yitirmesinden kaynaklanmaktadır.

Malzemelerin hazırlandıktan 60 gün sonraki Floresan Mikroskobu görüntüleri incelendiğinde, hücre ve sporların miktarlarında azalma olduğu görülmektedir. Bu da gözeneklerdeki su moleküllerinin kurutulma ve depolama sırasında buharlaşarak azalmasından ve dolayısıyla hücre aktivitesinin yavaşlamasından kaynaklanmaktadır. Literatürde hücre canlılığı üzerine yapılan çalışmalarda, farklı peryotlarda hücre canlılığı tayini yapılmıştır. *E. coli* bakterilerin biyoser içindeki canlılığı 15 ve 30

günlük depolama sonucunda belirlenmiş ve 15 gün sonra bakterilerin % 65'inin, 30 gün sonra ise % 40'ının canlılığını koruyabildiği gözlenmiştir [Nassif ve ark., 2003].

7.4.3. Yüzey alanı ve gözeneklilik analizi

Katı nanasol ile *S.cerevisae* spor ve hücre-biyoserlerin civalı porozimetre ve azot gaz adsorpsiyon cihazı ile yüzey alanı ve gözenekliliğine ait elde edilen veriler Çizelge 7.1'de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Nanasol ve biyoser malzemelerin yüzey alanı ve gözeneklilikleri

Özelik	Birimi	Nanasol	HBF	HBO	SBF	SBO
Yüzey alanı (Azot gaz adsorpsiyonu)	m ² /g	696,7	52,3	43,2	64,7	35,8
Gözenek Hacmi (Azot gaz adsorpsiyonu)	cm ³ /g	0,32	0,067	0,013	0,084	0,010
BET ort. gözenek çapı (azot gaz adsorpsiyonu)	nm	1,83	2,84	2,01	1,88	1, 96
Ortalama gözenek çapı (civa porozimetresi)	nm	4,93	14,28	15,05	13,2	12,5
Gözeneklilik (civa porozimetresi)	%	7,42	1,77	2,25	3,92	2,31

Çizelge incelendiğinde, malzemelerin azot gaz adsorpsiyonu ile belirlenen yüzey alanının nanasolden biyoser malzemelere geçerken 696,7 m²/g'dan 43,2 m²/g'a azaldığı gözlenmektedir. Bu durum, silika yapı içine ve gözeneklere *S.cerevisae* hücre ve sporların girmesi sonucu yüzey alanını küçültmesidir. Literatürde malzeme yüzey alanı ve gözenekliliğiyle ilgili yapılan çalışmalarda bulunan yüzey alanı değerleri, kullanılan inorganik matris, biyobileşen ve gözenek yapıcı katkıların çeşidine göre 25-160 m²/g arasında değişmektedir [Soltman ve ark 2003, Nassif ve ark., 2003]. Biyoser malzemelerin yüzey alanlarının literatürden farklı olması, yine

kullanılan silika matris çeşidi, hücre çeşidi ve gözenek yapıcı katkıların farklı olmasından kaynaklanabilir.

Malzemelerin azot gaz adsorpsiyonu ile mikro gözenekli yapısı belirlenmiştir. Malzemelerin ortalama gözenek çapları nanasolde 1,83 nm iken, biyoser malzemelerde 1,88-2,84 nm arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi nanasolden biyoser malzemelere geçerken gözenek çaplarında çok az bir artma olmuştur. Buda gözeneklerdeki su moleküllerinden kaynaklanabilir. Literatürde biyoser malzemelerin gözenek çapları ortalama 7-9 nm arasında değişmektedir [Soltman ve ark 2003, Nassif ve ark., 2004]. Civa porozimetresi ile malzemelerin mezo ve makro gözenekliliği belirlenmiştir. Nanasolün ortalama gözenek çapı 4,93 nm iken, biyoser malzemelerin 4,93-14,28 arasında değişmektedir. Bu durum, biyoser malzeme gözeneklerine giren *S.cerevisae* hücre ve sporlarından kaynaklanmaktadır. Literatürde biyoser malzemelerin civa porozimetresi ile ortalama gözenek çapları 2,5-4,7 µm arasında değişmektedir [Soltman ve ark., 2003]. Azot adsorpsiyonu ve civa porozimetresi ile belirlenen gözenek çaplarının literatürden farklı olması, biyoser malzemelerin hazırlanma koşullarından (katkı malzemeleri, kurutma süreci vs.).

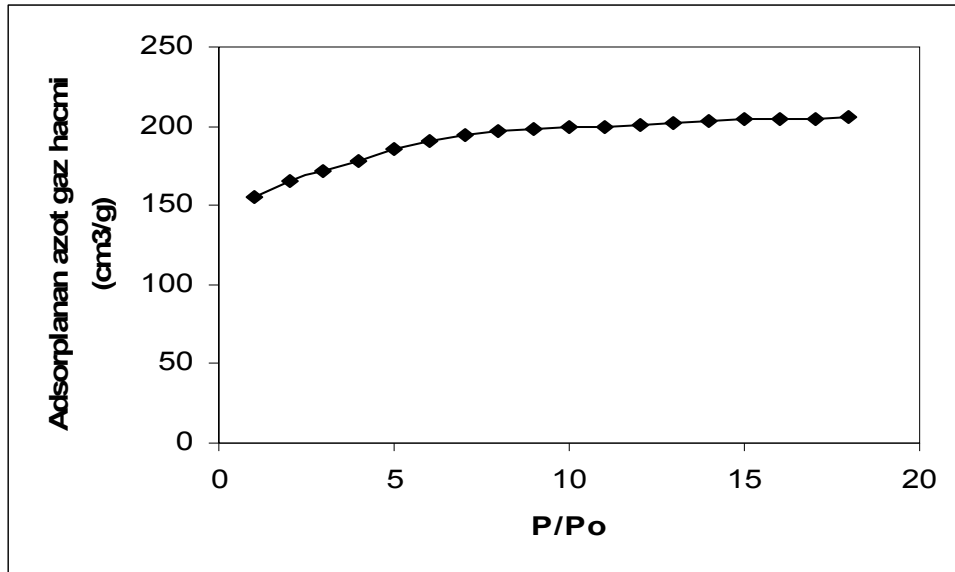
Hazırlanan nanasol ve biyoser malzemelerin azot gaz adsorpsiyonu ile gözenek hacimleri belirlenmiş ve nanasol için bu değerin 0,32, biyoser malzemeler için 0,01-0,084 aralığında değiştiği görülmüştür. Gözenek hacmindeki azalma, malzemelerin kuruma sürecinde gözeneklerindeki suyun atılması sonucu gözeneklerin büzülmesi veya kapanmasından kaynaklanmaktadır. Literatürde belirlenen gözenek hacmi 0,046-0,31 aralığında değişmektedir (Soltman ve ark., 2003, Fiedler ve ark 2004).

Civa porozimetresi ile belirlenen mezo ve makro gözeneklilik yüzdesi nanasolde 7,42 iken biyoser malzemelerde 1,77-3,92 arasında değişmektedir. Biyoserlerin gözeneklilik miktarındaki azalma, malzemelerin kuruma sürecinde gözeneklerindeki suyun atılması sonucu gözeneklerin büzülmesi veya kapanmasından kaynaklanmaktadır. Literatürde biyoser malzemelerin civa porozimetresi ile toplam gözenekliliği %50-60 arasında belirlenmiştir (Soltman ve ark., 2003, Fiedler ve ark

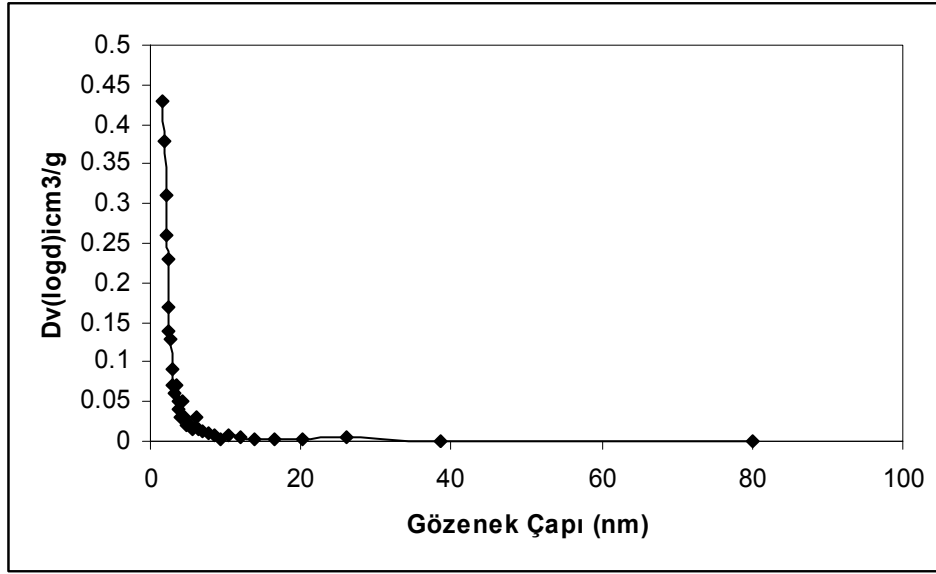
2004). Literatürle olan bu farklılık, malzemelerin hazırlanma koşullarından (gözenek yaoıcı katkı malzeme çeşidi, kurutma süreci vs.) kaynaklanabilir.

Şekil 7.21, 7.22, 7.23, 7.24, 7.25 ve 7.26’da Nanasol ve biyoser malzemelerin azot gaz adsorpsiyon izotermi ile gözenek boyut dağılımları yer almaktadır. Bu izoterm ve gözenek boyut dağılımlarının verileri Ek-7 ‘de yer almaktadır. Civa porozimetre verileri ise EK-6’da verilmiştir.

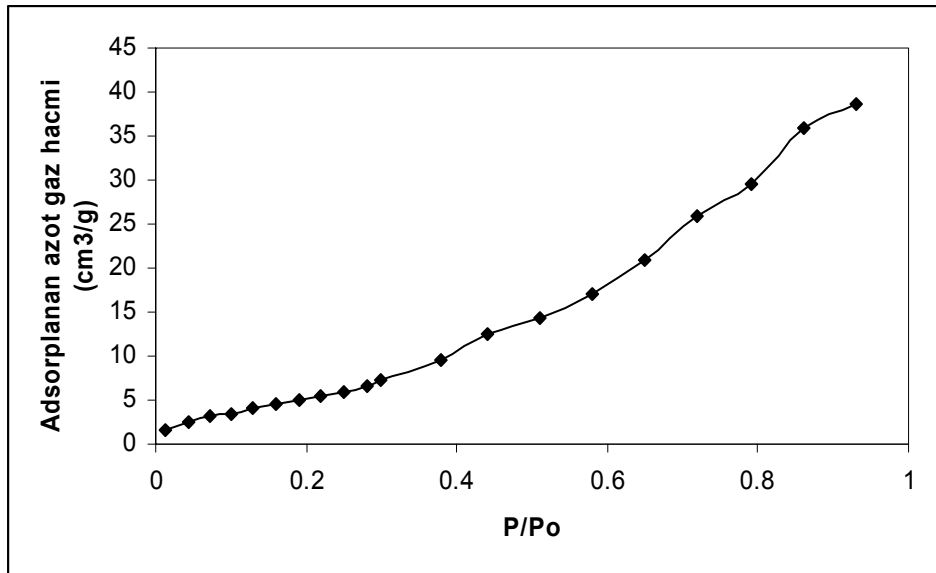
Malzemelerin adsorpsiyon izotermi (Şekil 7.21, 7.22, 7.23, 7.24, 7.25, 7.26) incelenirse, mikro-mezogözenek yapısındaki katıların adsorpsiyon izotermine uyduğu görülür. 1-10 nm aralığında değişen gözenek boyutları ise malzemelerin mikro ve mezo gözenek yapısına sahip olduklarını ifade etmektedir.



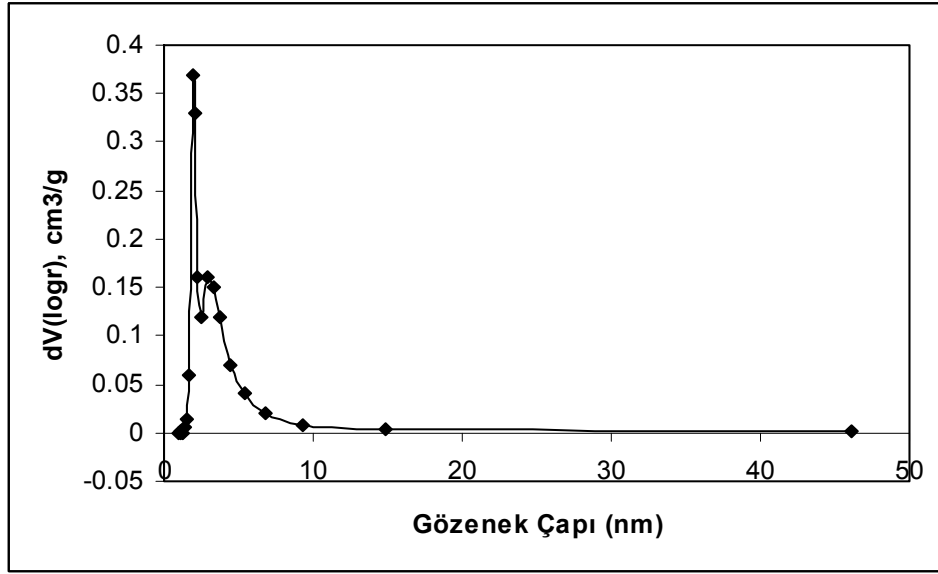
Şekil 7.21. Nanasolün adsorpsiyon izotermi



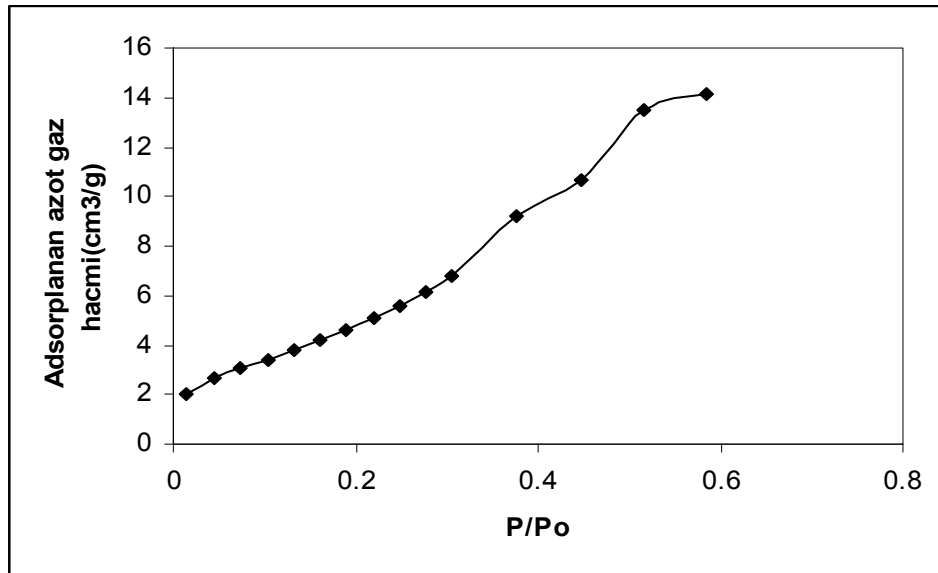
Şekil 7.22. Nanasolün Gözenek Boyut Dağılımı



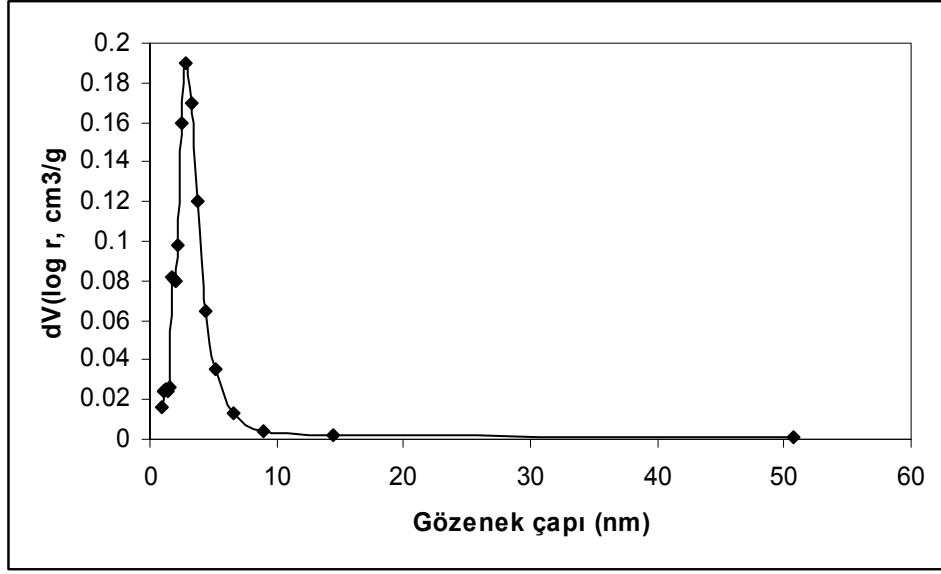
Şekil 7.23. SBF malzemenin adsorpsiyon izotermi



Şekil 7.24. SBF malzemenin gözenek boyut dağılımı



Şekil 7.25. HBF malzemenin adsorpsiyon izotermi



Şekil 7.26. HBF malzemenin gözenek boyut dağılımı

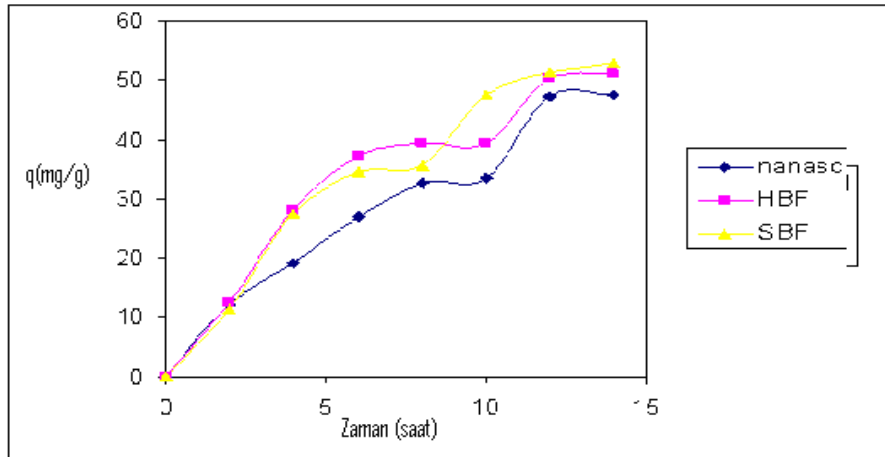
7.5. Biyosorpsiyon Çalışmaları

Bu çalışmalar kesikli ve sürekli şartlarda gerçekleştirilmiştir.

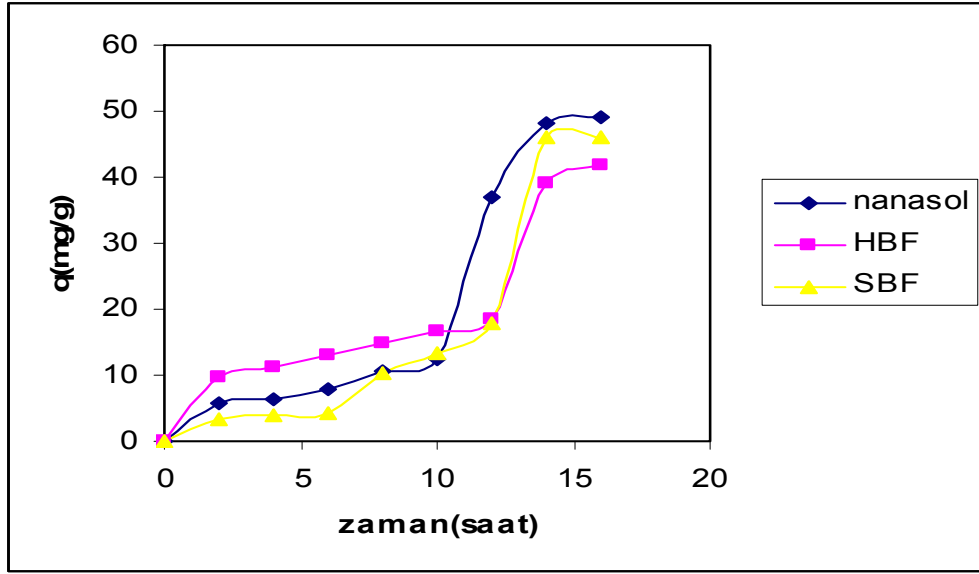
7.5.1. Kesikli şartlarda biyosorpsiyon

Kinetik çalışma

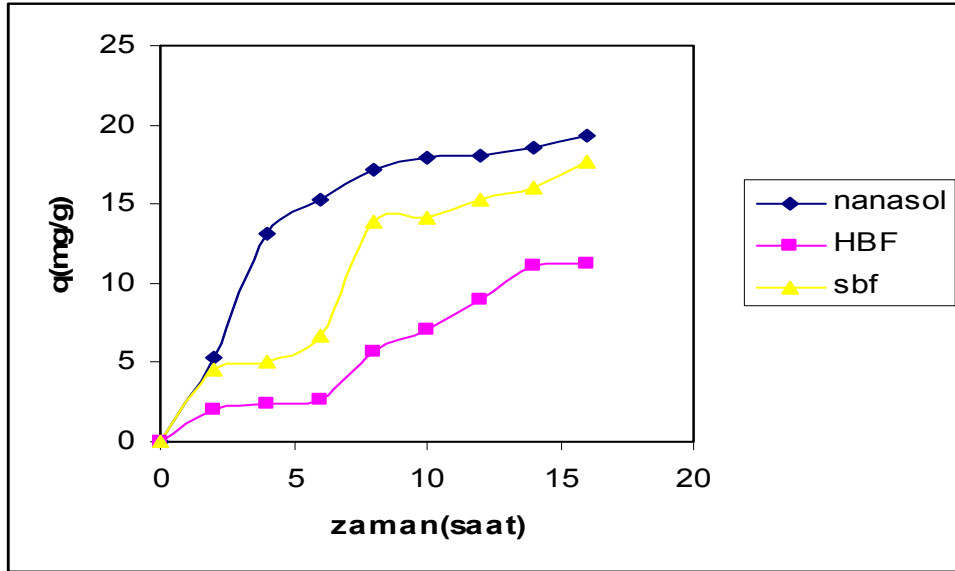
Öncelikle kinetik deneylerle adsorpsiyon sürecinin tüm malzeme ve reaktif boyalar için dengeye gelme süresi belirlenmiştir ki, bu değer 12-16 saatleri arasında değişmektedir. (Şekil 7.27, 7.28, 7.29). Literatürde biyoser malzemelerle fenol ve ağır metal gideriminde adsorpsiyon izotermlerinin dengeye gelme süresi 12-24 saat arasında değişmektedir [Fiedler ve ark., 2004].



Şekil 7.27. Reaktif Yellow 176'nın Kinetik Eğrileri (adsorplayıcı kütlesi:0,1 g, çözelti derişimi: 100 ppm, sıcaklık:30°C, karıştırma hızı:150 rpm)



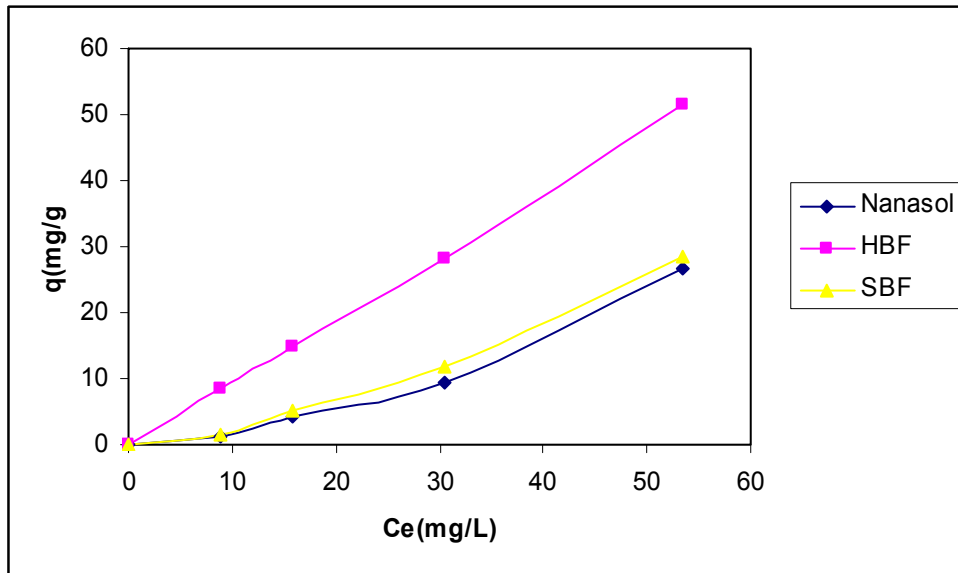
Şekil 7.28. Reaktif Blue 21'in Kinetik Eğrileri (adsorplayıcı kütlesi:0,1 g çözelti derişimi: 100 ppm, sıcaklık:30°C, karıştırma hızı:150 rpm)



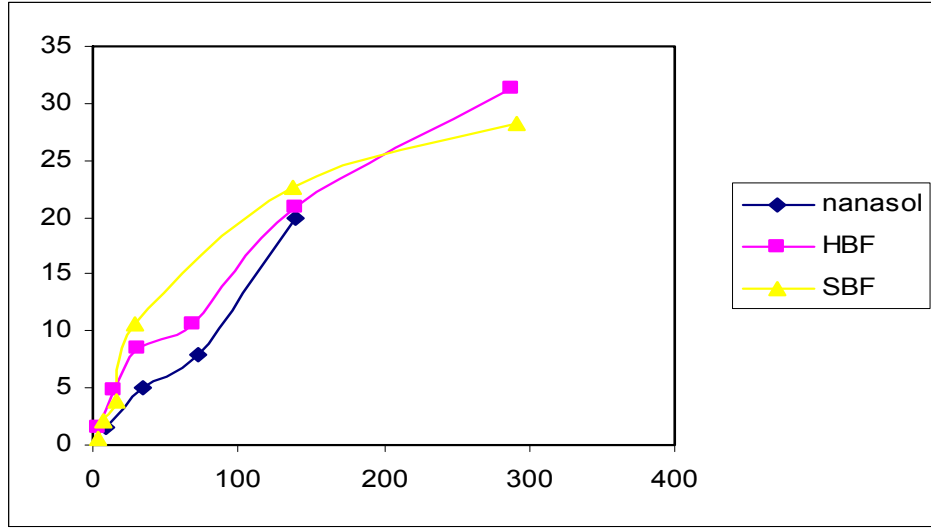
Şekil 7.29. Reaktif Oranj 16'nın Kinetik Eğrileri (adsorplayıcı kütlesi:0,1g, çözelti derişimi: 100 ppm, sıcaklık:30°C, karıştırma hızı:150 rpm)

Boya derişiminin biyosorpsiyona etkisi

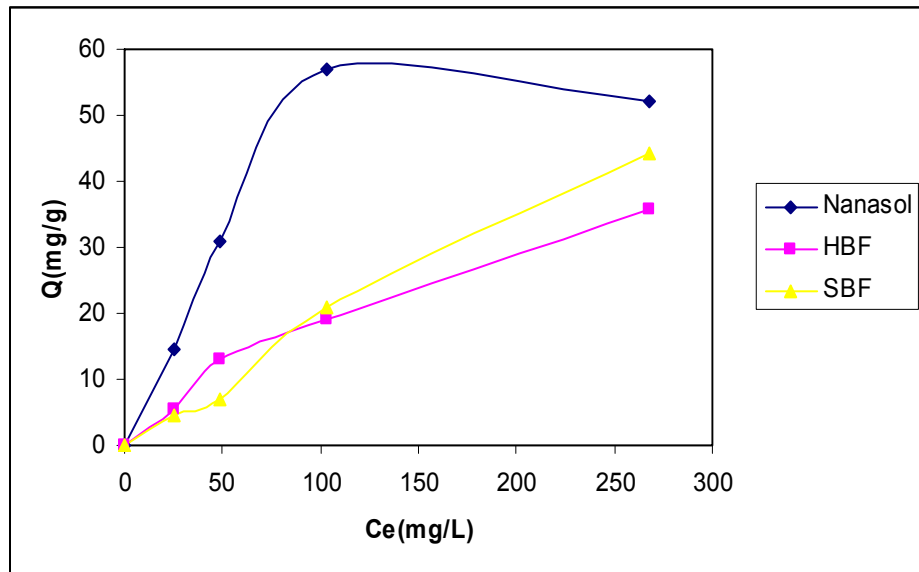
Şekil 7.30, 7.311 ve 7.32’de nanasol ve biyoser malzemelerin reaktif boyaları adsorpsiyon izotermi yer almaktadır. Görüldüğü gibi reaktif Blue 21 adsorpsiyon izotermi doğrusal izoterm modeline, reaktif oranj 16 ve yellow 176 nın izotermi Langmuir ve Freundlich izoterm model eğrilerine uymaktadır. Adsorplanan boya miktarı blue 21 için en fazla 50 mg/g, yellow 176 için 35 mg/g, Oranj 16 için 60 mg/g civarındadır. Literatürde bu boyaların farklı biyotürlerle giderilme miktarı 85-200 mg/g aralığında değişmektedir [Iqbal ve ark, 2007]. Görüldüğü gibi nanasol ve biyoser malzemelerin boya adsorplama kapasiteleri daha düşüktür.



Şekil 7.30. Reaktif Blue 21’in Adsorpsiyon İzotermi (adsorplayıcı kütlesi:0,1 g, sıcaklık:30°C, karıştırma hızı:150 rpm)



Şekil 7.31. Reaktif Yellow 176'nın Adsorpsiyon İzotermi (adsorptan kütlesi: 0,1 g, sıcaklık: 30°C, karıştırma hızı: 150 rpm)



Şekil 7.32. Reaktif Oranj 16'nın Adsorpsiyon İzotermi (adsorptan kütlesi: 0,1 g, sıcaklık: 30°C, karıştırma hızı: 150 rpm)

Boyaların adsorpsiyon izotermlerinin Lineer, Langmuir ve Freundlich İzoterm modellerine uygunluğunun araştırıldığı çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.2. İzoterm model sabitleri

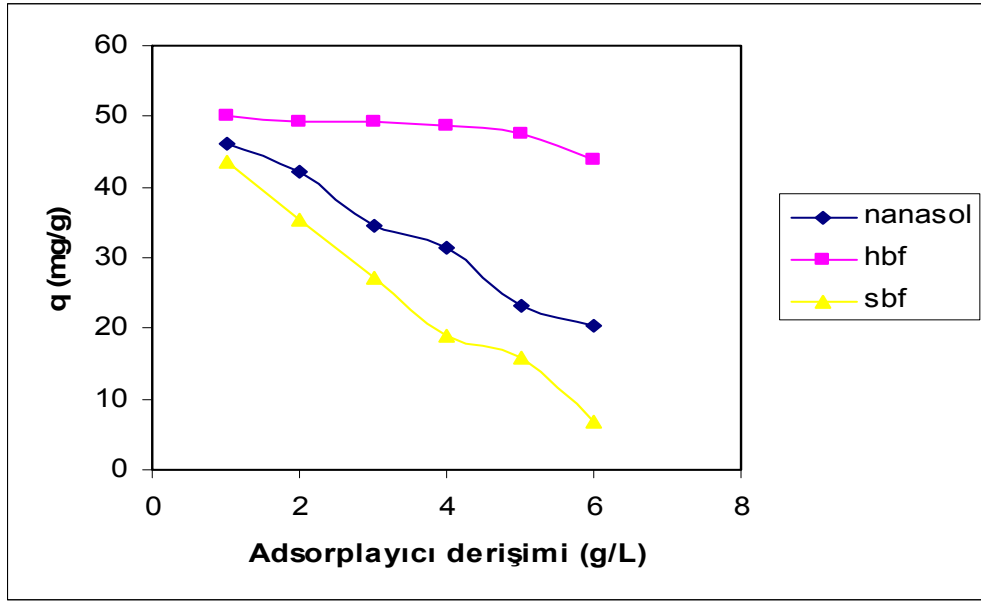
Boya Adı	Adsorplayıcı Katı	İzoterm Sabitleri		
		K(lineer)	K(Freundlich)	n(Freundlich)
Reaktif Blue 21	SBF	0,544	0,00005	0,3
	HBF	0,962	0,443	1,114
	Nanasol	0,506	0,018	0,53
Reaktif Oranj 16	SBF		0,525	0,042
	HBF		1,813	1,44
	Nanasol		3,214	1,84
Reaktif Yellow 176	SBF		0,31	1,17
	HBF		0,71	1,48
	Nanasol		0,23	1.14

Freundlic izoterm model eğrileri EK-11’de, diğer kesikli adsorpsiyon verileri EK-10’da verilmiştir.

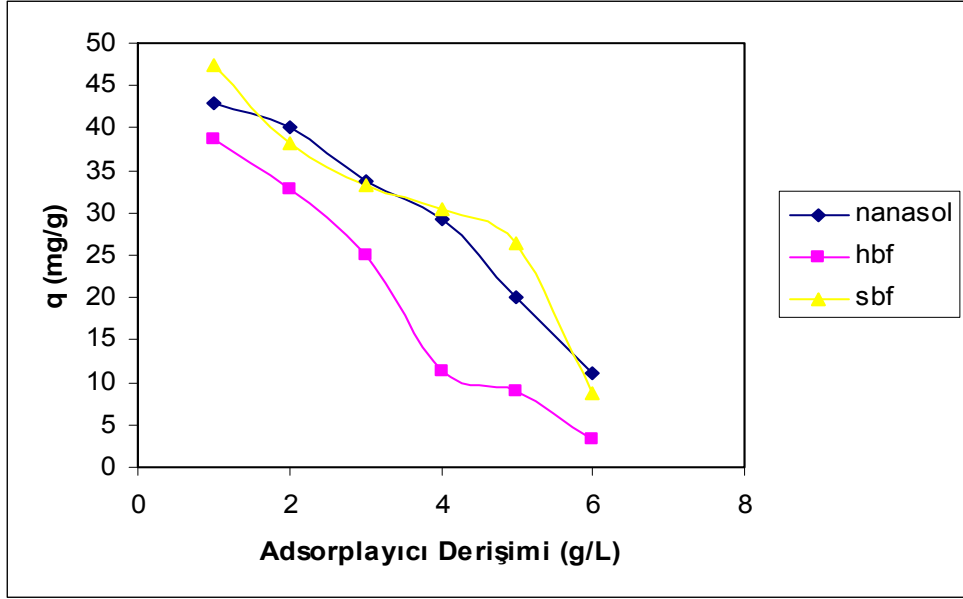
Çizelge 7.2 incelendiğinde, reaktif blue 21’in lineer izoterm modeline, Reaktif oranj 16 ve Yellow 176’nın Freundlich izoterm modeline uyduğu söylenebilir. Ayrıca Reaktif oranj 16 için nanasolün, blue 21 ve yellow 176 için HBF malzemenin adsorplama miktarlarının daha yüksek olduğu söylenebilir.

Adsorplayıcı katı kütlesinin biyosorpsiyona etkisi

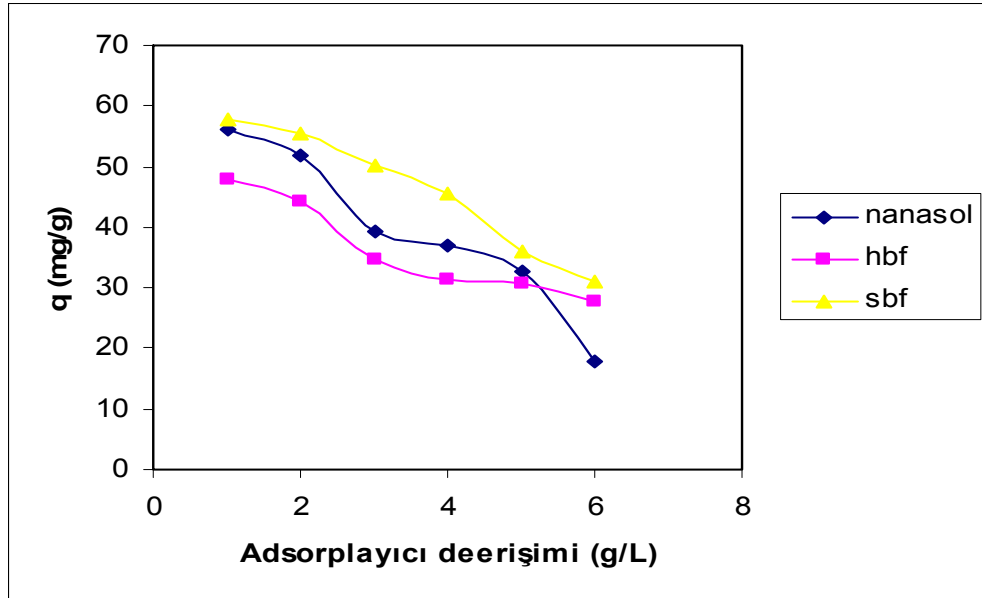
Adsorplayıcı olarak kullanılmılan nanasol, S-Biyo- Fve H-Biyo-F'in kütlesinin bu malzemelerin adsorplama kapasiteleri üzerine etkisi incelenmiştir (Şekil 7.33, 7.34,7.35).



Şekil 7.33. Reaktif Blue 21 Adsorpsiyonuna Adsorplayıcı Kütlesinin Etkisi
(çözelti derişimi:100 ppm, sıcaklık:30°C, karıştırma hızı:150 rpm)



Şekil 7.34. Reaktif Oranj 16 Adsorpsiyonuna Adsorplayıcı Kütlesinin Etkisi
(çözelti derişimi:100 ppm, sıcaklık:30°C, karıştırma hızı:150 rpm)

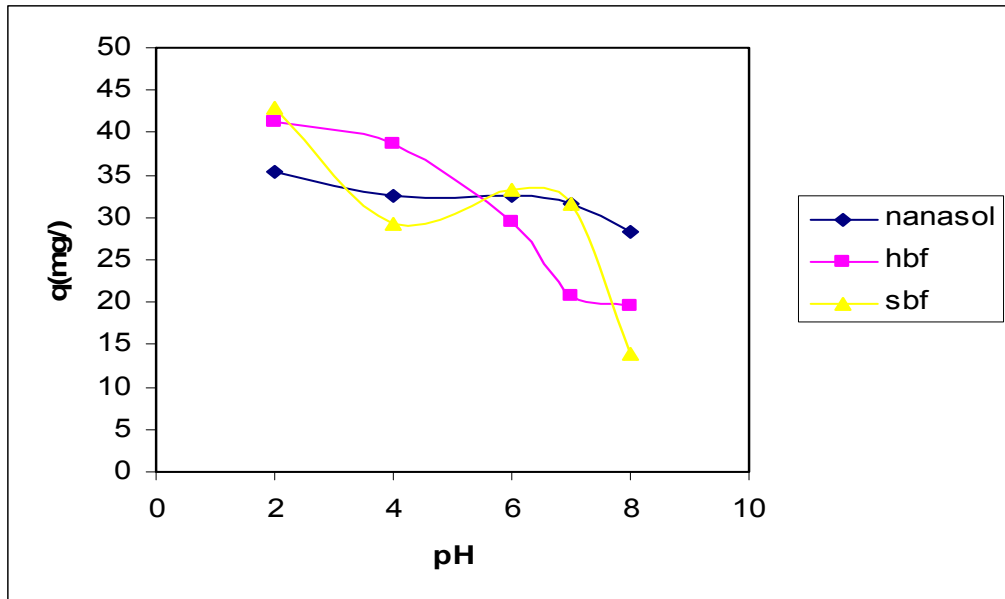


Şekil 7.35. Reaktif Yellow 176 Adsorpsiyonuna Adsorplayıcı Kütlesinin Etkisi
(çözelti derişimi:100 ppm, sıcaklık:30°C, karıştırma hızı:150 rpm)

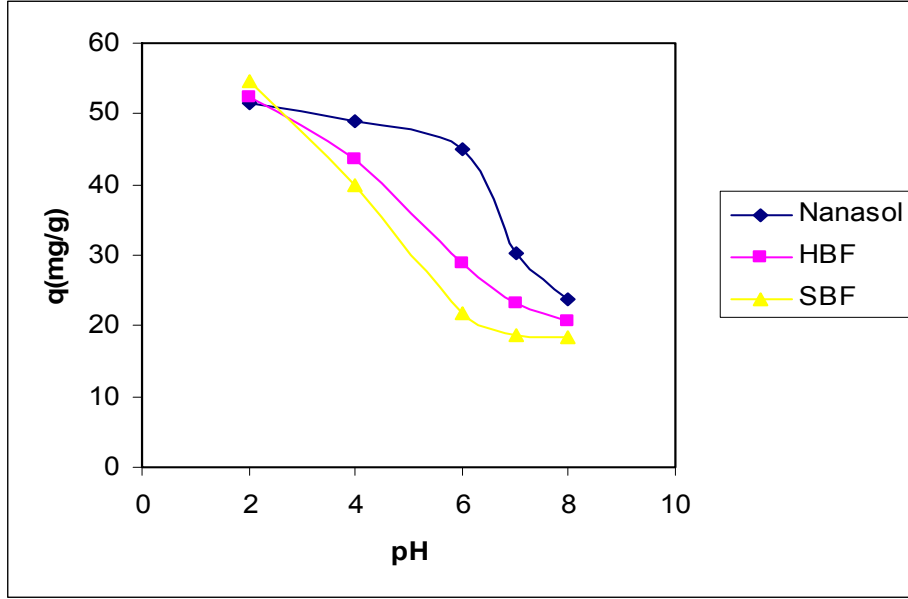
Şekil 7.33, 7.34 ve 7.35 incelendiğinde, adsorplayıcı kütlesi arttıkça adsorplanan madde miktarı azalmaktadır. Bu durum, adsorplayıcı katının adsorplanan madde ile belli bir doygunluğa ulaşmasından kaynaklanabilir.

pH'in biyosorpsiyona etkisi

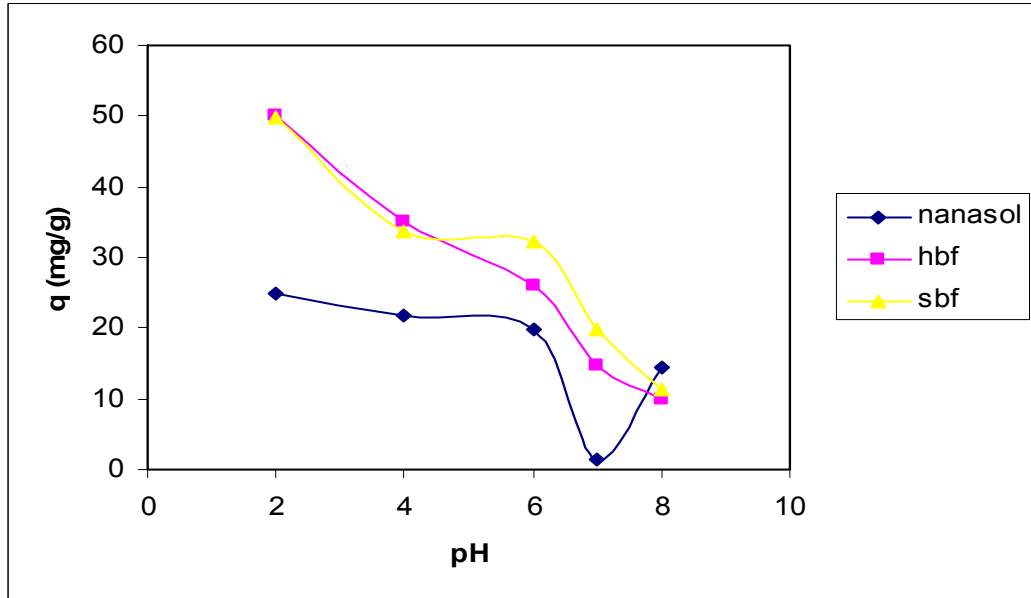
Şekil 7.36, 7.37, 7.38 incelendiğinde, pH arttıkça malzeme adsorplama kapasitesi nn azladığı görülmektedir. pH 2'de boyaların adsorplama miktarları en fazladır. pH 2'den sonra adsorplama miktarında belirgin bir düşüş yaşanmaktadır. Bu boyaların anyonik karakteri ve malzemelerin düşük pH'da pozitif karakter taşımalarından kaynaklanmaktadır [Iqbal ve ark., 2007].



Şekil 7.36. Reaktif Oranj 16 Adsorpsiyonuna pH'ın Etkisi (sıcaklık:30°C, çözelti derişimi:100 ppm, adsorplayıcı katı kütlesi:0,1g, karıştırma hızı:150 rpm)



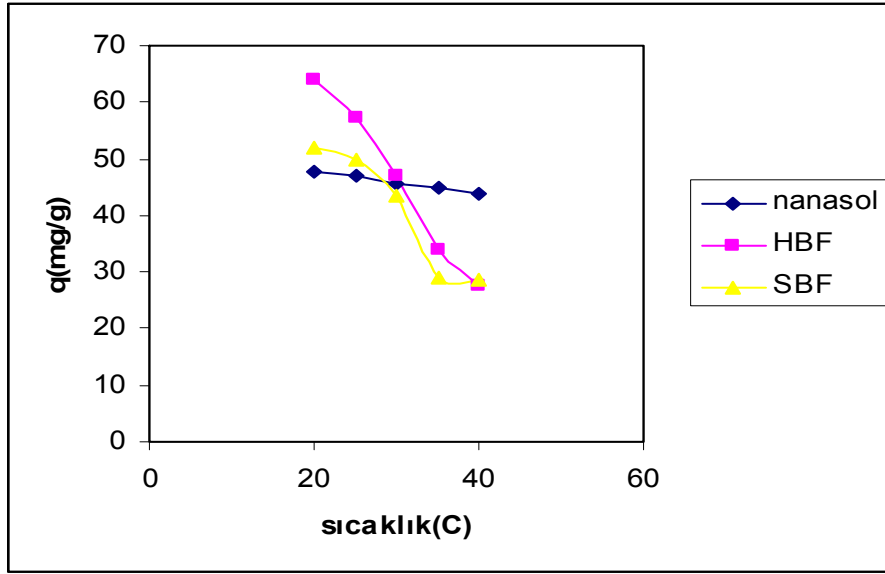
Şekil 7.37. Reaktif Blue 21 Adsorpsiyonuna pH'ın Etkisi (sıcaklık:30°C, çözelti derişimi:100 ppm, adsorplayıcı katı kütlesi:0,1g, karıştırma hızı:150 rpm)



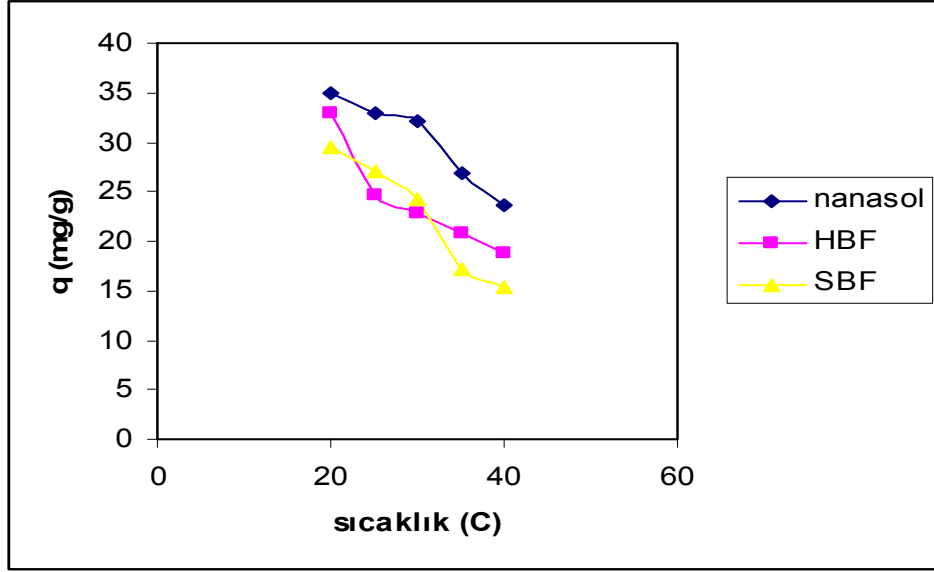
Şekil 7.38. Reaktif Yellow 176 Adsorpsiyonuna pH'ın Etkisi (sıcaklık:30°C, çözelti derişimi:100 ppm, adsorplayıcı katı kütlesi:0,1g, karıştırma hızı:150 rpm)

Sıcaklığın biyosorpsiyona etkisi

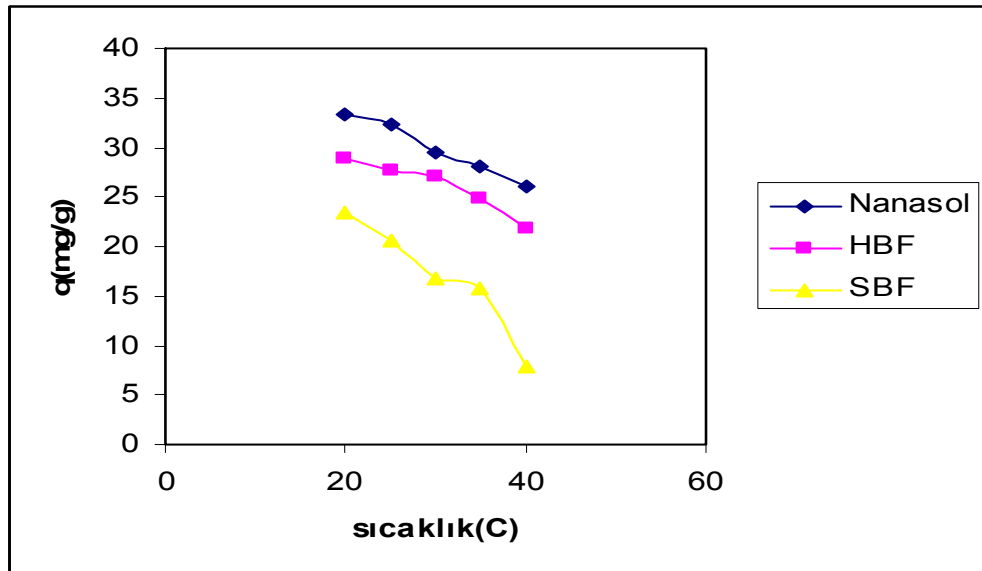
15-50°C sıcaklık aralığında yapılan çalışmalarda 30°C 'ye kadar malzemelerin adsorplama kapasitelerinde artış olurken, bu sıcaklıktan sonra azalma gözlenmiştir (Şekil 7.39, 7.40, 7.41). Azalmanın nedeni, sıcaklık arttıkça hücre canlılığının azalmasıdır.



Şekil 7.39. Reaktif Yellow 176 Adsorpsiyonuna Sıcaklığın Etkisi(çözelti derişimi:100 ppm, adsorplayıcı katı kütlesi:0,1g, karıştırma hızı:150 rpm)



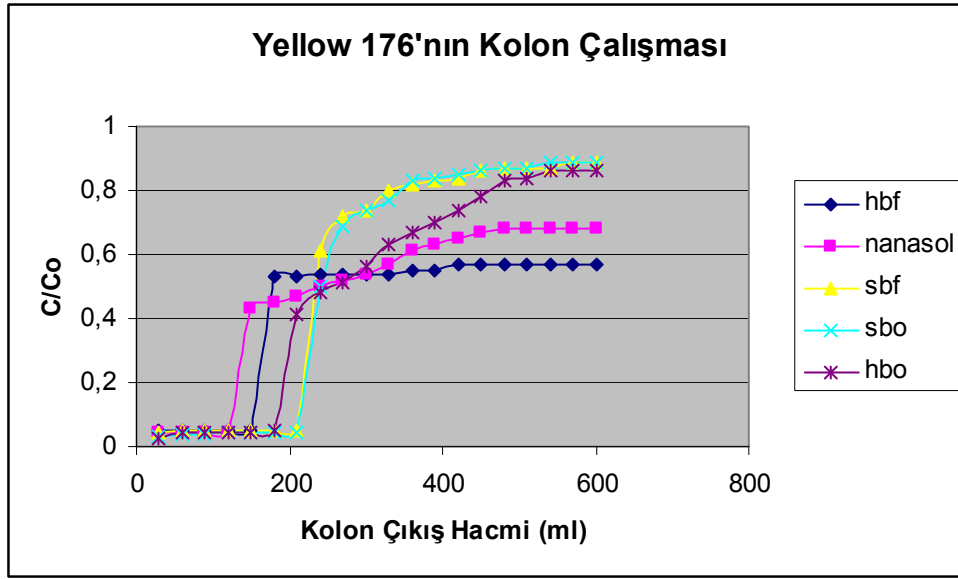
Şekil 7.40. Reaktif Oranj16 Adsorpsiyonuna Sıcaklığın Etkisi (çözelti derişimi:100 ppm, adsorplayıcı katı kütlesi:0,1g, karıştırma hızı:150 rpm)



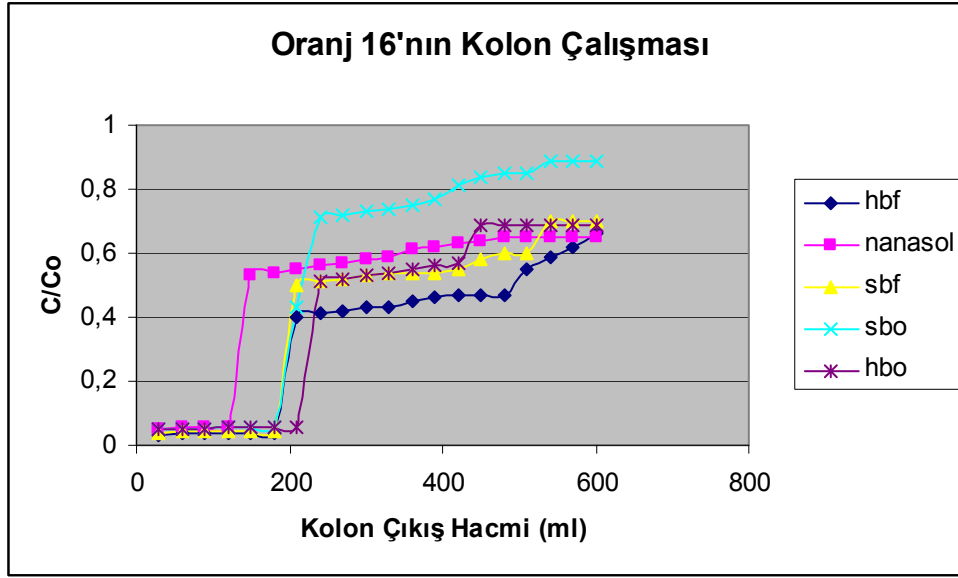
Şekil 7.41. Reaktif Blue 21 Adsorpsiyonuna Sıcaklığın Etkisi (çözelti derişimi: 100 ppm, adsorplayıcı katı kütlesi:0,1g, karıştırma hızı:150 rpm)

7.5.2. Sürekli şartlarda biyosorpsiyon

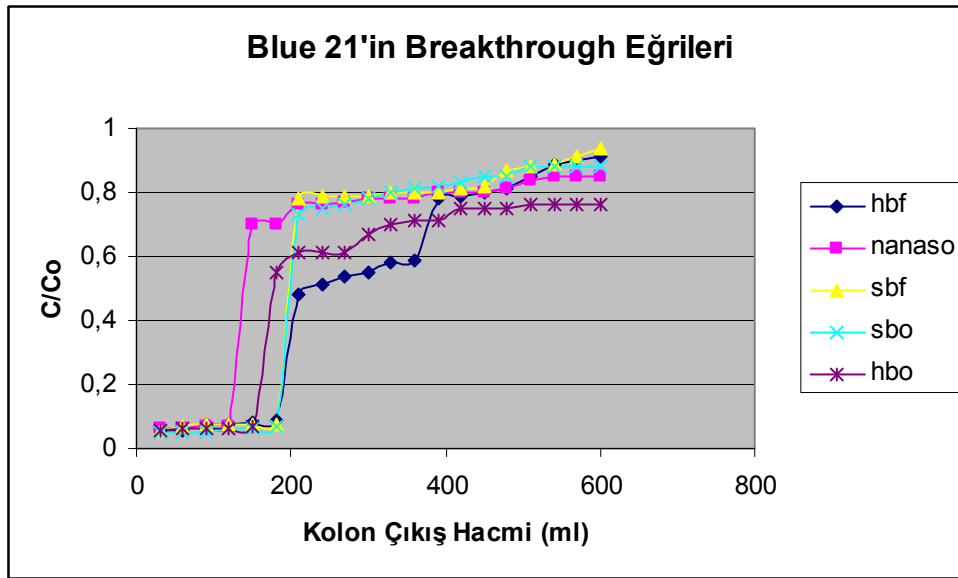
Dolgulu kolonda yapılan biyosorpsiyon çalışmalarda sabit başlangıç boya derişiminde (100 ppm) ve sabit boya akış hızında (3,3 ml/dk) çalışılmış ve çıkış hacmine göre breakthrough eğrileri elde edilmiştir (Şekil 7.42, 7.43, 7.44, 7.45).



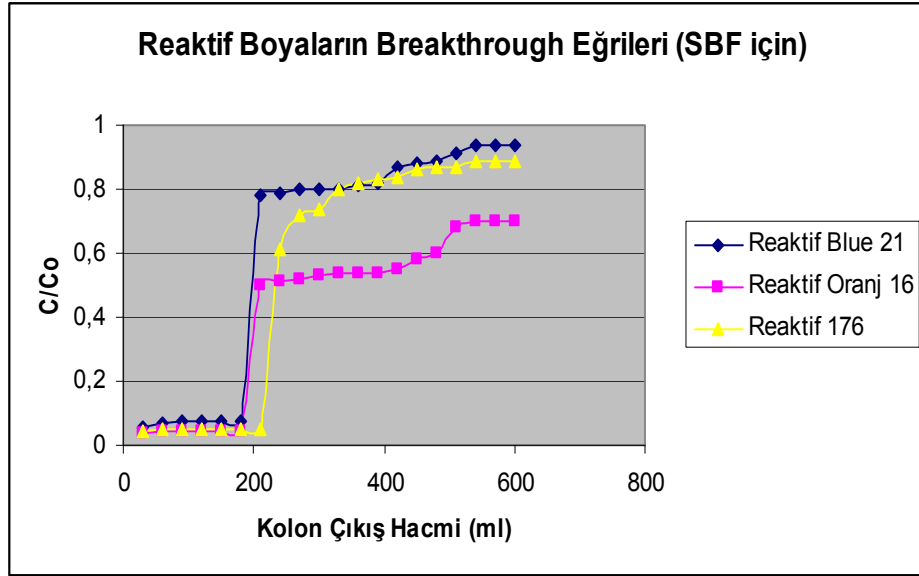
Şekil 7.42. Reaktif Yellow 176'nın Sıçrama Eğrisi (başlangıç boya derişimi:100 ppm, sıcaklık: 20°C, pH=6, boya akış hızı:3,3 ml/dk.)



Şekil 7.43. Reaktif Oranj 16'nın Sıçrama Eğrisi (başlangıç boya derişimi: 100 ppm, sıcaklık: 20°C, pH=6, boya akış hızı:3,3 ml/dk.)



Şekil 7.44. Reaktif Blue 21'in Sıçrama Eğrisi (başlangıç boya derişimi: 100 ppm, sıcaklık: 20°C, pH=6, boya akış hızı:3,3 ml/dk.)



Şekil 7.45. SBF'nin Reaktif Boya Adsorpsiyonuna ait sıçrama eğrileri(başlangıç boya derişimi:100 ppm, sıcaklık: 20°C, pH=6, boya akış hızı:3,3 ml/dk.)

Reaktif boyaların breakthrough eğrileri incelendiğinde, SBF'nin reaktif blue 21 ile daha kısa sürede doygunluğa ulaşp boya çıkış hacmi 180 ml civarında,reaktif yellow 176 ile daha uzun sürede doygunluğa ulaşp boya çıkış hacmi 220 ml civarında sıçrama noktasına ulaştığı (Şekil 7.45) görölmektedir. buradan SBF malzeme için reaktif boyaların adsorplanma kapasitesinin sırayla Yellow 176 > Oranj 16 > Blue 21 şeklinde olduğu söylenebilir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, TEOS silika içine *S.cerevisiae* hücre ve sporları tutuklanıp dondurma ve ısıtma yöntemleri ile kurutularak biyoser malzemeler hazırlanmıştır. Bu malzemeler ile içine hücre veya spor tutuklanmamış kuru TEOS silika (nanasol) malzemelerin XRD, SEM, Hücre canlılık tayini, azot adsorpsiyonu ve civa porozimetresi analizleri ile karakterizasyonu yapılmıştır. XRD analizi ile kuru nanasol ve biyoser malzemelerin amorf yapıda oldukları, azot adsorpsiyonu ve civa porozimetresi ile kuru nanasol ve biyoser malzemelerin mikro ve mezo ve makro gözeneklere sahip olduğu, yüzey alanlarının 35-700 m²/g olduğu, SEM analizi ile hücre ve sporların malzeme iç yapısına tutunduğu belirlenmiştir. loresan mikroskobu ile hazırlandıktan 10 ve 60 gün sonra hücre ve sporlarının canlılıklarını korudukları belirlenmiştir

Kuru nansol ve biyoser malzemeler ile kesikli şartlarda yapılan adsorpsiyon çalışmalarında, başlangıç boya derişimi arttıkça malzeme adsorpsiyon kapasitesinin arttığı, adsorplayıcı malzeme kütlesi sıcaklık ve pH arttıkça malzemenin adsorplama kapasitesinin azaldığı ortaya konmuştur.

Sürekli şartlarda yapılan adsorpsiyon çalışmalarında, *S. cerevisiae* sporları immobilize edilerek hazırlanan biyoser malzemelerin (SBF, SBO) diğer malzemelere (HBF, HBO) göre reaktif tekstil boyalarını adsorplama kapasitelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tekstil sularında reaktif Yellow 176 boyanın diğer reaktif boyalara (reaktif oranj 16 ve reaktif yellow 176) göre daha büyük oranda giderildiği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada özellikle hazırlanan biyoser malzemelerin kurutma işleminde sıkıntılar yaşanmıştır. Liyofilizatör ve etüvde kurutmadan önce derin dondurucuda bekletilerek malzemenin jelleşme sürecinin hızlandırılması, konunun yeni olması ve literatürde açıkça belirtilmemesi nedeniyle deneme-yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. Ayrıca malzemeler kurutulduktan sonra gözeneklerdeki su tamamen atılamadığından karakterizasyon (SEM, azot adsorpsiyon ile yüzey alanı ve gözeneklilik analizi)

alışmalarında zorluk yaşanmıştır. Ayrıca karakterizasyon için gerekli analiz cihazlarında farklı üniversitelerin laboratuvarlarına baēlı kalınmıştır. Bu zorlukların daha sonraki çalışmalarda yaşanmaması için bu cihazlar temin edilip kurutma koşulları detaylı olarak incelenebilir ve optimum koşullar belirlenebilir.

Bu çalışmanın devamı olarak yapılabilecek çalışmaları 3 aşamada özetlenebilir.

1. Aşama: Biyoser malzeme gözenekliliēini ve tutuklu hücre canlılıēını uzun süre korumasını sağlayacak aljinat, alümina, polivinil alkol gibi katkı maddeleri kullanılarak yeni biyoser malzemeler hazırlanabilir. Ayrıca kurutma ürecinde yaşanan problemler dikkate alındığında, kurutma optimum koşullarının (soēutma hızı vs.)

2. Aşama: Farklı biyolojik türler (bakteri, maya, bitki hücreleri vs.) kullanılarak yeni biyoser malzemeler hazırlanıp bu malzemelerin tekstil boyalarını giderme özellikleri incelenebilir.

3. Aşama: Sürekli şartlarda dolgulu kolonda biyosorpsiyon üzerine, başlangıç boya derişimi ve akış hızının etkisinin incelenebilir. Ayrıca dolgulu kolonda biyosorpsiyon için uygun matematiksel model üzerinde çalışılabilir.

KAYNAKLAR

Aksu Z., “Reactive dye bioaccumulation by *Saccharomyces cerevisiae*”, *Process Biochemistry*, 38:1437-1444 (2003).

Aksu Z., Çağatay Ş.Ş., Gönen, F., “Continuous fixed bed biosorption of reactive dyes by dried *Rhizopus arrhizus*: Determination of column capacity”, *Journal of Hazardous Materials*, 143:362-371 (2007).

Alsaraj M., Abdellatif M.S., Elnahal I., Barak R., “Bioaccumulation of some hazardous metals by sol-gel entrapped microorganisms”, *Journal of Non-Cryst. Solids*, 248 :137-140 (1999).

Bahrami S., Bassi A., Yanful E., “Investigation of sol-gel matrices containing crude metallothionein from *Schizosaccharomyces pombe* for water treatment applications”, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 42:119-126. (2007).

Becker, J.M., Caldwell, G.A., Zacho, E.A., “Biotechnology a Laboratory Course”, Secon Edition, *Academic Press*, United Kingdom, 45-135 (1996).

Benkli, Y.E., Can, M.F., Turan M, Çelik, M.S., “Modification of Organo-Zeolite surface for the removal of reactive azo dyes in fixed bed reactors”, *Water Researc.*, 39: 487-493 (2005).

Brahimi-Horn, M.C., Lim L.S.L., Mou D.G., “Bindig of textile azo dyes by *Microthecium verrucaria* Orange II, 10B (blue) and RS (red) azo dye uptake for textile wastewater decolorization”, *J. İnd. Microbiol.*, 10: 245-261 (1992).

Branyik T., Kurnucova G., Paca J., “The use of silica gel prepared by sol-gel method and polyurethane foam as microbial carriers in the continous degradation of phenol”, *Applied Microbial Biotechnol.*, 54:168-172 (2000).

Branyik T., Kuncova G., Paca J., Demnerova K., “Encapsulation of microbial cells into silica gel”, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 13:283-287 (1998).

Bressler E., Braun S., “Use of sol-gel entrapment techniques for the resolution of itoconic and biosynthetic pathway in *Aspergillus terreus*”, *Journal of Sol-Gel Science and Tehnology*, 7: 129-133 (1996).

Böttcher H., Soltmann U., Mertig M., Pompe W. 2004. Biocers: ceramics with incorporated microorganisms for biocatalytic, biosorptive and functional materials development. *Journal of Materials Chemistry*. 14:2176-2188.

Böttcher H., “Bioactive sol-gel coatings”, *Jornal of Prak. Chemistry*, 5:427-436 (2000).

Chen J.P., Lin Y.S., “Decolorization of azo dye by immobilized *Pseudomonas luteola* entrapped in alginate-silicate sol-gel beads”, *Process Biochemistry*, 42: 934-942 (2007).

Chernev G.E., Samuneva B.I., Dijambaski P.R., Salvado I.M.M., Fernandes H.V., “Silica hybrid nanocomposites”, *Central European Journal of Chemistr*, 4(1):81-91 (2006).

Chia S.Y., Urano J., Tamanoi F., Dunn B., Zink J.I., “ Hexagonal arrays of living cells in sol-gel silica films”, *Journal of American Chemical Societ*, 122: 6488-6489 (2000).

Dalmonte R., “Sol-gel coating for contrast enhancement of color cathode ray tubes”, *Journal of Sol-Gel Technology*, 18: 287-292 (2000).

Dönmez G., “Bioaccumulation of the reactive textile dyes by *Candida tropicalis* growing in mollasses medium”, *Enzim and Microbial Technology*, 30:363-366 (2002).

- Fennouh S., Guyon S., Jourdat C., Livage J., Roux C. C. R., “Biocatalysts entrapped in silica gels”, *Acad. Sci.Paris.Ser. IIc*, 2: 625-630 (1999).
- Fiedler D., Thron A., Soltmann U. and Böttcher H., “New packing materials for bioreactors on coated and fiber-reinforced biocers”, *Chemical Materials*. 16: 3040-3044 (2004).
- Finnie K.S., Bartlett J.R., Woolfrey J.L., “Encapsulation of sulfate-reducing bacteria in a silica host”, *J. Mater. Chem.* 10: 1099-1101 (2000).
- Fowler C.E., Shenton W., Stubbs G., Mann S., “Organization of metallic nanoparticles using tobacco mosaic virus”, *Adv. Mater*, 13:1266-1269 (2001).
- Fu Y., Viraraghavan T., “Fungal decolorization of dye wastewayers: a review”, *Bioresource Technology*. 79:251-262 (2001).
- Fu Y., Viraraghavan T., “Publications removal of Acid blue 29 from an aqueous solution by fungus *Aspergillus niger*”, *Proceedings of the 31.st. Md-Atlantic Industrial and Hazardus Waste Conference*, Conneticut-USA, 510-519 (1999).
- Gadd G.M., White C., “Microbial treatment of metal pollution a working biotechnology”, *Trends Biotechnology*, 11: 353 (1993).
- Gallager K.A., Healy M.G., Allen S.J., “Biosorption of synthetic dye and metal ions from aqueous effluents using fungal biomass”, *Global Environ. Biotechnol*, 27-50 (1997).
- Geankoplis,J.C., “Transport Processes and Separation Process Principles”, 4th ed., *Pearson Education Inc.*, New Jersey, 760-770 2003.

Gill I., Ballesteros A. "MTCS: Mass transfer in systems with immobilized biocatalyst", *Journal of American Chemical Society*, 120: 8587-8598 (1998).

Hsu, Y.C., Chiang C.C., Yum.F., "Adsorption Behaviour of Basic Dyes on Activated Clay", *Seperation Science and Technology*, 32: 2513-2534 (1997).

Iqbal M., Seed A., "Biosorption of reactive dye by loof asponge-immobilized fungal biomass of *Phanerocha chrysosporium*", *Process Biochemistr*, 42:1160-1164 (2007)

İnternet : Açık Öğretim Fakültesi "Prokaryotlar, Protisler ve Funguslar"
<http://www.aof.edu.tr/kitap/IOLTP/2281/unite02.pdf> (2006).

İnternet : Nikon Microscopyu "The Source of Microscopy Education"
<http://www.microscopyu.com/index.html> (2006).

İnternet: Wageningen University "Maya Nedir, Nasıl Yapılır"
<http://www.food-info.net/wagwningen.htm> (2006).

Jie, Q., Lin K., Zhong, J., Shi, Y., Li,Q., Chang J. And Wang R., "Preparation of macro porous sol-gel bioglasses using PVA particles as pore former", *Journal of Sol-Gel Science and Tech.*, 30.49-61 (2004).

Kandımalla V.B. "Biomolecule Immobilization In Sol-Gels", *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 73-106 (2005).

Kaptan, K.İ., Öztekin, R., "Decolorization of textile dyestuff Reactive Orange 16 in fed batch reactor aerobic conditions", *Enzyme and Microbial Technology*, 33(2) 231-235 (2003).

Lev, O., "Diagnostic application of organically doped sol-gel porous glass", *Analusis.*, 20:543-553 (1992).

Livage J., Roux C., Costa J. M., Desportes I., Quinson J.F., “Immunoassays in sol-gel matrices”, *Journal of Sol- Gel Technology*, 7:45 (1996).

Matys S., Raff J., Soltmann U., Pobell S.S., Böttcher H., Pompe, W., Böttcher H., “Calcium dipicolinate induced germination of *Bacillus* spores embedded in thin silica-layers: novel perspectives for the usage of biocers”, *Chemistry of Materials*, 16(26): 5549-5551 (2004).

Mittal A.K., Gupta S.K., “Biosorption of cationic dyes by dead macro fungus *Fomitopsis conchae* : batch studies”, *Water Sci. Technol*, 34 (10): 81-87 (1996).

Nassif N., Coiffier A., Coradin T., Roux C., Livage J., “Viability of bacteria in hybrid aqueous silica gels”, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 26: 1141-1144 (2003).

Orlando U., Baes A.U., Nishigima M.O., “Preparation of Agricultural Residue anion exchangers and its nitrate maximum adsorption capacity”, *Chemosphere*, 48:1041-1046 (2002).

Öztekin O., Armağan, B., Turan, M., Çelik M.S., “Comparison of the adsorption characteristics of azo-reactive dyes on mesoporous minerals”, *Dyes and Pigments*, 62(1): 49-60 (2003).

Pastri-Grigsby M.B., Paszczynski A., Goszczynski S., Crawford D.L., Crawford R.L., “Influence aromatic substitution patterns on azo dye degradability by *Streptomyces spp.* and *Phanerochaete Chrysosporium*”, *Appl. Environ. Microbiol*, 58 (11): 3605-3613 (1992).

Polman J.K., Breckenridge C.R., “Biomass-mediated binding and recovery of textile dyes from waste effluents”, *Textile Chemist and Colorist*, 28 (4):31-35 (1996).

Raff. J., Soltmann U., Matys S., Popel S.S., Böttcher H., Pompe W., “Biosorption of uranium and copper by biocers”, *Chemical Materials*, 15: 240-244. (2003).

Raghukumar C., Chandramohan D., Mihel Jr., F.C., Reddy C.A., “Degredation of lignin and decolorization of paper mill bleach plant affluent (BPE)by marine fungi”, *Biotechnol. Lett.*, 18 (1): 105-106 (1996).

Rietti-Shati M., Ronen D., Mandelbaum R.T. J., “Atrazine degradation by *Pseudomonas* strain ADP entrapped in sol-gel glass”, *Sol-Gel Techno*, 7: 77-79 (1996).

Robinson T., Mc Mullan G., Marchant R., Nigam P., “Remediation of dyes in textile effluent: critical review on current treatment technologies with aproposed alternative”, *Bioresource Technology*, 77:247-255 (2001).

Sarikaya Y., “Fizikokimya”, *Gazi Kitabevi*, Ankara, 633-659 (1993).

Soltmann U., Bötcher H., Koch D., Grawthwohl G. “Freeze Gelation: a new option for the production of biological ceramic compozites (biocers)”, *Materials Letters*, 57: 2861-2865 (2002).

Soltmann, U., Raff J., Popell S.S., Matys S., Pompe, W., Böttcher H., “Biosorption of heavy materials by sol-gel immobilized *Bacillus sphaericus* cells, spores and S-layers”, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 26:1209-1212 (2003).

Soltmann U., Bötcher H. “Utilization of sol-gel ceramics for the immobilization of living microorganisms”, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 1-13 (2008).

Sumathi S., Phatak V, “Fungal treatment of bagasse based pulp and paper mill wastes”, *Environ. Techno.*, 19:93-98 (1999).

Tessema D.A., Rosen R., Pedazur R., Belkin S., Gun J., Ekelchik I., Lev O. "Freeze-drying of sol-gel encapsulated recombinant bioluminescent *E. Coli* by using lyo-protectants", *Sensors and Actuators B*, 113:768-773 (2006).

Tosun, A., "Yapay melastan fermentasyon yoluyla etanol üretimine fermentasyon ortamına eklenen maddelerin etkisi", Doktora Tezi, *Gazi Üniv. Fen Bil.Enst.*, Ankara 10-40 (2005).

Uo M., Yamashita K., Suzuki M., Tamija E., Karube I., Makishima A., "Entrapment of lipase in silica glass by sol-gel method and its esterification activity in organic medium", *Journal of American Chemical Societ.*, 100: 426-429 (1992).

Voudrias E., Fytionas K., Bozan E., "Sorption- Desorption İsotherms of Dyes from aqueous solutions and wastewaters with different sorbent materials", *Global Nest: The Int. Journal*, 4: 75-83 (2002).

Xi, Y., Liyangying, Z. And Sasa, W., "Pore size and distribution control of porous silica", *Sensors and actuators.*, 24;347-352 (1995).

Xue, X., Li, L., He, J., "The performances of carboxymethyl chitosan in wash-off reactive dyeing", *Carbohydrate Polymers*, 75(2): 203-207 (2009).

Wang, B.,Li,B., Deng, Q. And Dong, S., "Amperometric glucose biosensors based on sol-gel organic-inorganic hybrid material", *Analytical Chemistry*, 70; 3170-3174. (1998).

Yeşilada O., Fişkin K., Yeşilada E. "The use of white-rot fungus *funali trog II* (Malatya) for the decolourization and phenol removal from olive mill wastewater", *Environ. Tehnol*, 16:95-100 (1995).

Zhu, L.,Li,Y. And Zhang, J., "Sorption of organobentonites to some organic pollutants in water", *Env. Sci.and Tech.*, 31;1407-1410 (1997).

EKLER

EK -1 XRD Verileri

Sample TEST SAMPLE
 Comments
 Filename C:\Windmax\Data\GAZINI~1\AYSUNE~1\Nanasol.raw
 Goniometer Ultima+theta-theta high res.goniometer
 Attachment Multipurpose attachment for T.F.& std
 Monochromater Fixed Monochromator
 ScanningMode 2Theta/Theta
 ScanningType Continuos Scanning
 X-Ray 40kV/40mA
 DivSlit Variable
 DivH.L.Slit 10mm
 SctSlit Variable
 RecSlit 0.15mm
 Monochro RS 0.45mm
 Start 10
 Stop 90
 Step 0.2
 10 40
 10.2 56.6667
 10.4 45
 10.6 41.6667
 10.8 48.3333
 11 58.3333
 11.2 60
 11.4 55
 11.6 55
 11.8 53.3333
 12 45
 12.2 43.3333
 12.4 48.3333
 12.6 45
 12.8 60
 13 58.3333
 13.2 50
 13.4 56.6667
 13.6 55
 13.8 43.3333
 14 60
 14.2 55
 14.4 73.3333
 14.6 55
 14.8 70
 15 61.6667
 15.2 71.6667
 15.4 61.6667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

15.6	91.6667
15.8	106.667
16	91.6667
16.2	80
16.4	91.6667
16.6	110
16.8	73.3333
17	90
17.2	88.3333
17.4	91.6667
17.6	121.667
17.8	113.333
18	96.6667
18.2	108.333
18.4	110
18.6	145
18.8	135
19	153.333
19.2	168.333
19.4	151.667
19.6	166.667
19.8	161.667
20	191.667
20.2	173.333
20.4	183.333
20.6	223.333
20.8	168.333
21	193.333
21.2	246.667
21.4	233.333
21.6	206.667
21.8	218.333
22	251.667
22.2	231.667
22.4	290
22.6	226.667
22.8	245
23	248.333
23.2	283.333
23.4	236.667
23.56	256.667
23.58	275
23.6	328.333
23.8	220
24	243.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

24.2	270
24.4	271.667
24.6	260
24.8	265
25	226.667
25.4	238.333
25.6	238.333
25.8	308.333
26	255
26.2	248.333
26.4	240
26.6	240
26.8	238.333
27	245
27.2	255
27.4	210
27.6	208.333
27.8	168.333
28	191.667
28.2	198.333
28.4	195
28.6	208.333
28.8	178.333
29	193.333
29.2	188.333
29.4	175
29.6	183.333
29.8	155
30	155
30.2	151.667
30.4	138.333
30.6	151.667
30.8	158.333
31	113.333
31.2	163.333
31.4	165
31.6	150
31.8	131.667
32	128.333
32.2	118.333
32.4	145
32.6	111.667
32.8	136.667
33	118.333
33.2	121.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

33.4	138.333
33.6	135
33.8	103.333
34	143.333
34.2	110
34.4	121.667
34.6	121.667
34.8	91.6667
35	111.667
35.4	101.667
35.6	110
35.8	115
36	86.6667
36.2	113.333
36.4	101.667
36.6	105
36.8	100
37	105
37.2	110
37.4	93.3333
37.6	71.6667
37.8	88.3333
38	143.333
38.2	103.333
38.4	126.667
38.6	80
38.8	101.667
39	100
39.2	115
39.4	95
39.6	100
39.8	98.3333
40	113.333
40.2	93.3333
40.4	105
40.6	106.667
40.8	111.667
41	101.667
41.2	116.667
41.4	91.6667
41.6	108.333
41.8	110
42	118.333
42.2	116.667
42.4	101.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

42.6	121.667
42.8	105
43	135
43.2	101.667
43.4	113.333
43.6	96.6667
43.8	120
44	100
44.2	101.667
44.4	100
44.6	88.3333
44.8	125
45	90
45.2	130
45.4	120
45.6	90
45.8	115
46	75
46.2	113.333
46.4	91.6667
46.6	105
46.8	105
47	116.667
47.2	110
47.4	105
47.6	128.333
47.8	108.333
48	96.6667
48.2	95
48.4	95
48.6	110
48.8	118.333
49	115
49.2	120
49.4	120
49.6	95
49.8	123.333
50	100
50.2	121.667
50.4	116.667
50.6	105
50.8	113.333
51	113.333
51.2	113.333
51.4	133.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

51.6	100
51.8	78.3333
52	118.333
52.6	128.333
52.8	106.667
53	101.667
53.2	111.667
53.4	96.6667
53.6	121.667
53.8	106.667
54	113.333
54.2	105
54.4	113.333
54.6	100
54.8	88.3333
55	111.667
55.2	113.333
55.4	115
55.6	118.333
55.8	115
56	123.333
56.2	113.333
56.4	96.6667
56.6	90
56.8	113.333
57	100
57.2	113.333
57.4	106.667
57.6	106.667
57.8	113.333
58	101.667
58.2	101.667
58.4	125
58.6	80
58.8	110
59	140
59.2	106.667
59.4	80
59.6	86.6667
59.8	111.667
60	136.667
60.2	95
60.4	136.667
60.6	121.667
60.8	113.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

61	116.667
61.2	96.6667
61.4	106.667
61.6	121.667
61.8	131.667
62	115
62.2	123.333
62.4	121.667
62.6	138.333
62.8	128.333
63	145
63.2	131.667
63.4	131.667
63.6	121.667
63.8	115
64	128.333
64.2	108.333
64.4	141.667
64.6	128.333
64.8	105
65	123.333
65.4	116.667
65.6	118.333
65.8	128.333
66	145
66.2	121.667
66.4	118.333
66.6	95
66.8	98.3333
67	131.667
67.2	118.333
67.4	135
67.6	118.333
67.8	123.333
68	118.333
68.2	143.333
68.4	113.333
68.6	115
68.8	118.333
69	145
69.2	120
69.4	118.333
69.6	133.333
69.8	126.667
70	108.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

70.2	111.667
70.4	131.667
70.6	105
70.8	125
71	133.333
71.2	123.333
71.4	106.667
71.6	153.333
71.8	125
72	130
72.2	106.667
72.4	133.333
72.6	118.333
72.8	115
73	126.667
73.2	131.667
73.4	115
73.6	103.333
73.8	111.667
74	133.333
74.2	105
74.4	90
74.6	110
74.8	143.333
75	103.333
75.2	106.667
75.4	120
75.6	108.333
75.8	133.333
76	161.667
76.2	116.667
76.4	101.667
76.6	126.667
76.8	128.333
77	133.333
77.2	130
77.4	101.667
77.6	118.333
77.8	101.667
78	96.6667
78.2	103.333
78.4	123.333
78.6	145
78.8	133.333
79	145

EK -1 (Devam) XRD Verileri

79.2	100
79.4	115
79.6	118.333
79.8	113.333
80	120
80.2	125
80.4	103.333
80.6	150
80.8	128.333
81	115
81.2	96.6667
81.4	88.3333
81.6	108.333
81.8	96.6667
82	91.6667
82.2	120
82.4	105
82.6	91.6667
82.8	90
83	88.3333
83.2	110
83.4	100
83.6	105
83.8	68.3333
84	78.3333
84.2	90
84.4	101.667
84.6	85
84.8	85
85	98.3333
85.2	83.3333
85.4	96.6667
85.6	75
85.8	81.6667
86	58.3333
86.2	88.3333
86.4	58.3333
86.6	70
86.8	75
87	78.3333
87.2	80
87.4	76.6667
87.6	81.6667
87.8	81.6667
88	55

EK -1 (Devam) XRD Verileri

88.2	60
88.4	85
88.6	65
88.8	58.3333
89	61.6667
89.2	70
89.4	63.3333
89.6	60
89.8	70
90	71.6667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

Sample TEST SAMPLE
 Comments
 Filename C:\Windmax\Data\GAZINI~1\AYSUNE~1\HBF.raw
 Goniometer Ultima+theta-theta high res.goniometer
 Attachment Multipurpose attachment for T.F.& std
 Monochromater Fixed Monochromator
 ScanningMode 2Theta/Theta
 ScanningType Continuos Scanning
 X-Ray 40kV/40mA
 DivSlit Variable
 DivH.L.Slit 10mm
 SctSlit Variable
 RecSlit0.15mm
 Monochro RS 0.45mm
 Start 10
 Stop 90
 Step 0.2
 10 35
 10.2 28.3333
 10.4 21.6667
 10.6 25
 10.8 31.6667
 11 33.3333
 11.2 31.6667
 11.4 25
 11.6 50
 11.8 38.3333
 12 41.6667
 12.2 40
 12.4 41.6667
 12.6 26.6667
 12.8 41.6667
 13 30
 13.2 46.6667
 13.4 38.3333
 13.6 70
 13.8 45
 14 61.6667
 14.2 46.6667
 14.4 60
 14.6 53.3333
 14.8 55
 15 56.6667
 15.2 61.6667
 15.4 78.3333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

15.6	68.3333
15.8	70
16	76.6667
16.2	90
16.4	105
16.6	108.333
16.8	88.3333
17	100
17.2	91.6667
17.4	128.333
17.6	125
17.8	153.333
18	143.333
18.2	160
18.4	181.667
18.6	188.333
18.8	221.667
19	230
19.2	268.333
19.4	303.333
19.6	271.667
19.8	318.333
20	260
20.2	335
20.4	316.667
20.6	370
20.8	371.667
21	310
21.2	325
21.4	345
21.6	391.667
21.8	378.333
22	368.333
22.2	388.333
22.4	336.667
22.6	355
22.8	340
23	351.667
23.2	318.333
23.4	350
23.6	350
23.8	325
24	305
24.2	276.667
24.4	295

EK -1 (Devam) XRD Verileri

24.42	315
24.6	263.333
24.8	275
25	283.333
25.2	271.667
25.4	266.667
25.6	261.667
25.8	275
26	265
26.2	278.333
26.4	265
26.6	230
26.8	240
27	240
27.2	235
27.4	223.333
27.6	225
27.8	203.333
28	255
28.2	240
28.4	235
28.6	248.333
28.8	213.333
28.98	230
29	216.667
29.2	216.667
29.4	201.667
29.6	240
29.8	245
30	203.333
30.2	260
30.4	271.667
30.6	210
30.8	210
31	203.333
31.2	240
31.4	220
31.6	225
31.8	255
32	233.333
32.2	223.333
32.4	218.333
32.6	231.667
32.8	285
33	241.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

33.2	211.667
33.4	218.333
33.6	221.667
33.8	216.667
34	221.667
34.2	236.667
34.4	228.333
34.6	250
34.8	238.333
35	230
35.2	235
35.4	198.333
35.6	210
35.8	243.333
36	215
36.2	215
36.4	251.667
36.6	190
36.8	218.333
37	240
37.4	198.333
37.6	225
37.8	236.667
37.98	210
38	210
38.2	225
38.4	195
38.6	195
38.8	195
39	223.333
39.2	226.667
39.4	221.667
39.6	208.333
39.8	241.667
40	231.667
40.2	201.667
40.4	213.333
40.6	218.333
40.8	228.333
41	221.667
41.2	273.333
41.4	193.333
41.6	190
41.8	246.667
42	165

EK -1 (Devam) XRD Verileri

42.2	213.333
42.4	206.667
42.6	205
42.8	195
43	210
43.2	203.333
43.4	203.333
43.6	201.667
43.8	181.667
44	205
44.2	176.667
44.4	176.667
44.6	155
44.8	181.667
45	175
45.2	176.667
45.4	200
45.6	181.667
45.8	218.333
46	180
46.2	180
46.4	163.333
46.6	151.667
46.8	176.667
47	186.667
47.2	198.333
47.4	191.667
47.6	180
47.8	193.333
48	175
48.2	175
48.4	181.667
48.6	188.333
48.8	190
49	151.667
49.2	170
49.4	175
49.6	193.333
49.8	156.667
50	186.667
50.2	153.333
50.4	200
50.6	151.667
50.8	203.333
51	166.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

51.2	158.333
51.4	156.667
51.6	158.333
51.8	161.667
52	143.333
52.2	165
52.4	166.667
52.6	160
52.8	183.333
53	156.667
53.2	170
53.4	175
53.6	158.333
53.8	141.667
54	143.333
54.2	188.333
54.4	185
54.6	126.667
54.8	150
55	176.667
55.2	145
55.4	168.333
55.6	135
55.8	135
56	165
56.2	150
56.4	161.667
56.6	165
56.8	146.667
57	140
57.2	160
57.4	141.667
57.6	161.667
57.8	138.333
58	131.667
58.2	160
58.4	143.333
58.6	133.333
58.8	130
59	178.333
59.2	145
59.4	150
59.6	141.667
59.8	166.667
60	141.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

60.2	108.333
60.4	170
60.6	143.333
60.8	153.333
61	125
61.2	116.667
61.4	146.667
61.6	153.333
61.8	125
62	138.333
62.2	136.667
62.4	125
62.6	135
62.8	160
63	150
63.2	135
63.4	120
63.6	125
63.8	130
64	150
64.2	118.333
64.4	135
64.6	141.667
64.8	135
65	150
65.2	155
65.4	146.667
65.6	148.333
65.8	145
66	136.667
66.2	161.667
66.4	125
66.6	121.667
66.8	133.333
67.2	115
67.4	150
67.6	148.333
67.8	113.333
68	130
68.2	128.333
68.4	145
68.6	151.667
68.8	138.333
69	110
69.2	151.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

69.4	125
69.6	123.333
69.8	121.667
70	115
70.2	115
70.4	140
70.6	153.333
70.8	105
71	158.333
71.2	121.667
71.4	148.333
71.6	128.333
71.8	156.667
72	131.667
72.2	120
72.4	151.667
72.6	136.667
72.8	105
73	125
73.2	165
73.4	178.333
73.6	125
73.8	130
74	146.667
74.2	145
74.4	125
74.6	168.333
74.8	148.333
75	131.667
75.2	143.333
75.4	120
75.6	121.667
75.8	156.667
76	123.333
76.2	123.333
76.4	135
76.6	128.333
76.8	115
77	128.333
77.2	143.333
77.4	106.667
77.6	148.333
77.8	131.667
78	123.333
78.2	143.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

78.4	125
78.6	110
78.8	136.667
79	121.667
79.2	128.333
79.4	110
79.6	111.667
79.8	121.667
80	126.667
80.2	128.333
80.4	128.333
80.6	105
80.8	138.333
81	128.333
81.2	146.667
81.4	120
81.6	116.667
81.8	133.333
82	111.667
82.02	113.333
82.2	136.667
82.4	120
82.6	120
82.8	113.333
83	121.667
83.2	113.333
83.4	103.333
83.6	110
83.8	108.333
84	110
84.2	111.667
84.4	123.333
84.6	100
84.8	120
85	113.333
85.2	108.333
85.4	103.333
85.6	110
85.8	123.333
86	95
86.2	115
86.4	110
86.6	103.333
86.76	111.667
86.8	106.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

87	93.3333
87.2	100
87.4	98.3333
87.6	98.3333
87.8	106.667
88	90
88.2	98.3333
88.4	136.667
88.6	116.667
88.8	106.667
89	98.3333
89.2	86.6667
89.4	98.3333
89.6	83.3333
89.8	101.667
90	70

EK -1 (Devam) XRD Verileri

Sample TEST SAMPLE
 Comments
 Filename C:\Windmax\Data\GAZINI~1\AYSUNE~1\SBF.raw
 Goniometer Ultima+theta-theta high res.goniometer
 Attachment Multipurpose attachment for T.F.& std
 Monochromater Fixed Monochromator
 ScanningMode 2Theta/Theta
 ScanningType Continuos Scanning
 X-Ray 40kV/40mA
 DivSlit Variable
 DivH.L.Slit 10mm
 SctSlit Variable
 RecSlit 0.15mm
 Monochro RS 0.45mm
 Start 10
 Stop 90
 Step 0.2
 10 20
 10.2 21.6667
 10.4 23.3333
 10.6 18.3333
 10.8 16.6667
 11 25
 11.2 20
 11.4 43.3333
 11.6 25
 11.8 28.3333
 12 38.3333
 12.2 36.6667
 12.4 51.6667
 12.6 36.6667
 12.8 38.3333
 13 65
 13.2 36.6667
 13.4 40
 13.6 43.3333
 13.8 50
 14 43.3333
 14.2 53.3333
 14.4 70
 14.6 60
 14.8 60
 15 60
 15.2 55
 15.4 58.3333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

15.6	66.6667
15.8	73.3333
16	71.6667
16.2	93.3333
16.4	96.6667
16.6	78.3333
16.8	118.333
17	115
17.2	118.333
17.4	123.333
17.6	136.667
17.8	166.667
18	155
18.2	176.667
18.4	190
18.6	225
18.8	190
19	240
19.2	241.667
19.4	283.333
19.6	321.667
19.8	310
20	363.333
20.2	350
20.4	376.667
20.6	340
20.8	416.667
21	400
21.2	426.667
21.4	371.667
21.6	403.333
21.8	415
22	393.333
22.2	391.667
22.4	383.333
22.6	376.667
22.8	383.333
23	358.333
23.2	351.667
23.4	295
23.6	380
23.8	313.333
24	335
24.2	308.333
24.4	333.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

24.6	328.333
24.8	323.333
25	293.333
25.2	280
25.6	283.333
25.8	263.333
26	283.333
26.2	250
26.4	276.667
26.6	265
26.8	238.333
27	268.333
27.2	263.333
27.4	268.333
27.6	258.333
27.8	265
28	260
28.2	268.333
28.4	268.333
28.6	258.333
28.8	225
29	251.667
29.2	295
29.4	256.667
29.6	236.667
29.8	243.333
30	273.333
30.2	241.667
30.4	256.667
30.6	276.667
30.8	260
31	255
31.2	236.667
31.4	245
31.6	271.667
31.8	266.667
32	266.667
32.2	263.333
32.4	246.667
32.6	243.333
32.8	256.667
33	275
33.2	283.333
33.4	253.333
33.6	246.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

33.8	225
34	226.667
34.2	245
34.4	273.333
34.6	256.667
34.8	266.667
35	248.333
35.2	266.667
35.4	245
35.6	260
35.8	230
36	258.333
36.2	300
36.4	255
36.6	273.333
36.8	241.667
37	256.667
37.2	248.333
37.4	233.333
37.6	250
37.8	271.667
38	270
38.2	271.667
38.4	271.667
38.6	281.667
38.8	280
39	253.333
39.2	285
39.4	270
39.6	248.333
39.8	245
40	280
40.2	266.667
40.4	265
40.6	263.333
40.8	228.333
41	230
41.2	233.333
41.4	230
41.6	265
41.8	211.667
42	201.667
42.2	246.667
42.4	248.333
42.6	273.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

42.8	245
43	253.333
43.2	208.333
43.4	235
43.6	200
43.8	226.667
44	213.333
44.2	265
44.4	223.333
44.6	231.667
44.8	248.333
45	236.667
45.2	198.333
45.4	203.333
45.6	206.667
45.8	233.333
46	215
46.2	236.667
46.4	230
46.6	215
46.8	236.667
47	216.667
47.2	218.333
47.4	220
47.6	245
47.8	203.333
48	223.333
48.2	226.667
48.4	210
48.6	235
48.8	200
49	170
49.2	215
49.4	231.667
49.6	205
49.8	208.333
50	190
50.2	246.667
50.4	190
50.6	218.333
50.8	195
51	180
51.2	175
51.4	201.667
51.6	200

EK -1 (Devam) XRD Verileri

51.8	205
52	208.333
52.2	211.667
52.4	201.667
52.6	161.667
52.8	186.667
53	163.333
53.2	188.333
53.4	175
53.6	220
53.8	210
54	171.667
54.2	215
54.4	173.333
54.6	141.667
54.8	223.333
55	156.667
55.2	193.333
55.4	161.667
55.6	165
55.8	191.667
56	176.667
56.2	191.667
56.4	166.667
56.6	150
56.8	138.333
57	171.667
57.2	186.667
57.4	195
57.6	186.667
57.8	170
58	185
58.2	163.333
58.38	161.667
58.4	176.667
58.6	176.667
58.8	170
59	200
59.2	166.667
59.4	148.333
59.6	146.667
59.8	200
60	168.333
60.2	166.667
60.4	168.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

60.6	163.333
60.8	153.333
61	180
61.2	140
61.4	216.667
61.6	171.667
61.8	150
62	160
62.6	135
62.8	163.333
63	155
63.2	186.667
63.4	175
63.6	136.667
63.8	158.333
64	170
64.2	143.333
64.4	165
64.6	166.667
64.8	156.667
65	160
65.2	166.667
65.4	178.333
65.6	171.667
65.8	143.333
66	165
66.2	183.333
66.4	150
66.6	148.333
66.8	171.667
67	181.667
67.2	165
67.4	176.667
67.6	146.667
67.8	181.667
68	170
68.2	165
68.4	146.667
68.6	165
68.8	166.667
69	171.667
69.2	165
69.4	168.333
69.6	143.333
69.8	161.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

70	161.667
70.2	153.333
70.4	143.333
70.6	170
70.8	150
71	148.333
71.2	180
71.4	171.667
71.6	165
71.8	150
72	158.333
72.2	171.667
72.4	150
72.6	155
72.8	156.667
73	163.333
73.2	146.667
73.4	190
73.6	143.333
73.8	165
74	146.667
74.2	158.333
74.4	186.667
74.6	161.667
74.8	180
75	141.667
75.2	158.333
75.4	156.667
75.6	190
75.8	141.667
76	140
76.2	156.667
76.4	151.667
76.6	131.667
76.8	166.667
77	161.667
77.2	128.333
77.4	140
77.6	143.333
77.8	145
78	195
78.2	170
78.4	190
78.6	136.667
78.8	130

EK -1 (Devam) XRD Verileri

79	141.667
79.2	128.333
79.4	145
79.6	171.667
79.8	158.333
80	135
80.2	165
80.4	148.333
80.6	145
80.8	170
81	141.667
81.2	156.667
81.4	156.667
81.6	138.333
81.8	150
82	108.333
82.2	153.333
82.4	163.333
82.6	138.333
82.8	151.667
83	131.667
83.2	140
83.4	125
83.6	143.333
83.8	125
84	153.333
84.2	123.333
84.4	140
84.6	116.667
84.8	153.333
85	126.667
85.2	133.333
85.4	135
85.6	121.667
85.8	126.667
86	118.333
86.2	135
86.4	143.333
86.6	125
86.8	106.667
87	130
87.2	125
87.4	135
87.6	113.333
87.8	126.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

88	121.667
88.2	103.333
88.4	91.6667
88.6	118.333
88.8	113.333
89	131.667
89.2	125
89.4	146.667
89.6	81.6667
89.8	125
90	95

EK -1 (Devam) XRD Verileri

Sample TEST SAMPLE
 Comments
 Filename C:\Windmax\Data\GAZINI~1\AYSUNE~1\HBO.raw
 Goniometer Ultima+theta-theta high res.goniometer
 Attachment Multipurpose attachment for T.F.& std
 Monochromater Fixed Monochromator
 ScanningMode 2Theta/Theta
 ScanningType Continuos Scanning
 X-Ray 40kV/40mA
 DivSlit Variable
 DivH.L.Slit 10mm
 SctSlit Variable
 RecSlit 0.15mm
 Monochro RS 0.45mm
 Start 10
 Stop 90
 Step 0.2
 10 5
 10.2 8.33333
 10.4 8.33333
 10.6 18.3333
 10.8 16.6667
 11 5
 11.2 15
 11.4 18.3333
 11.6 13.3333
 11.8 15
 12 21.6667
 12.2 20
 12.4 36.6667
 12.6 18.3333
 12.8 25
 13 18.3333
 13.2 33.3333
 13.4 25
 13.6 15
 13.8 26.6667
 14 33.3333
 14.2 21.6667
 14.4 31.6667
 14.6 33.3333
 14.8 33.3333
 15 26.6667
 15.2 31.6667
 15.4 46.6667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

15.6	36.6667
15.8	50
16	53.3333
16.2	50
16.4	50
16.6	61.6667
16.8	50
17	61.6667
17.2	75
17.4	93.3333
17.6	91.6667
17.8	108.333
18	131.667
18.2	111.667
18.4	128.333
18.6	130
18.8	133.333
19	141.667
19.2	183.333
19.4	183.333
19.6	215
19.8	185
20	178.333
20.2	250
20.4	241.667
20.6	288.333
20.8	263.333
21	231.667
21.2	283.333
21.4	288.333
21.6	291.667
21.8	266.667
22	296.667
22.2	298.333
22.4	275
22.6	253.333
22.8	273.333
23	281.667
23.2	250
23.4	256.667
23.6	243.333
23.8	235
24	266.667
24.2	240
24.4	268.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

24.6	223.333
24.8	243.333
25	231.667
25.2	245
25.4	230
25.6	226.667
25.8	211.667
26	201.667
26.2	235
26.4	190
26.6	180
26.8	226.667
27	201.667
27.2	208.333
27.4	205
27.6	195
27.8	216.667
28	208.333
28.2	193.333
28.4	210
28.6	206.667
28.8	228.333
29	195
29.2	196.667
29.4	176.667
29.6	205
29.8	231.667
30	230
30.2	216.667
30.4	211.667
30.6	218.333
30.8	191.667
31	218.333
31.2	165
31.4	235
31.8	213.333
32	188.333
32.2	170
32.4	220
32.6	211.667
32.8	180
33	208.333
33.2	208.333
33.4	195
33.6	226.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

33.8	175
34	213.333
34.2	221.667
34.4	230
34.6	216.667
34.8	201.667
35	221.667
35.2	198.333
35.4	215
35.6	240
35.8	216.667
36	196.667
36.2	206.667
36.4	208.333
36.6	201.667
36.8	143.333
37	216.667
37.2	231.667
37.4	231.667
37.6	231.667
37.8	190
38	246.667
38.2	218.333
38.4	193.333
38.6	213.333
38.8	203.333
39	225
39.2	165
39.4	216.667
39.6	225
39.8	203.333
40	205
40.2	201.667
40.4	208.333
40.6	208.333
40.8	140
41	190
41.2	181.667
41.4	190
41.6	203.333
41.8	220
42	213.333
42.2	230
42.4	195
42.6	201.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

42.8	193.333
43	203.333
43.2	196.667
43.4	195
43.6	190
43.8	193.333
44	178.333
44.2	190
44.4	163.333
44.6	185
44.8	168.333
45	206.667
45.2	155
45.4	161.667
45.6	156.667
45.8	180
46	181.667
46.2	190
46.4	175
46.6	146.667
46.8	163.333
47	210
47.2	170
47.4	198.333
47.6	176.667
47.8	188.333
48	176.667
48.2	153.333
48.4	183.333
48.6	191.667
48.8	181.667
49	180
49.2	185
49.4	171.667
49.6	191.667
49.8	201.667
50	185
50.2	175
50.4	180
50.6	168.333
50.8	146.667
51	173.333
51.2	116.667
51.4	173.333
51.6	153.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

51.8	168.333
52	148.333
52.2	166.667
52.4	173.333
52.6	170
52.8	156.667
53	151.667
53.2	161.667
53.4	148.333
53.6	150
53.8	178.333
54	166.667
54.2	135
54.4	138.333
54.6	163.333
54.8	141.667
55	160
55.2	138.333
55.4	161.667
55.6	155
55.8	150
56	160
56.2	163.333
56.4	131.667
56.6	133.333
56.8	165
57	128.333
57.2	161.667
57.4	161.667
57.6	153.333
57.8	125
58	181.667
58.2	141.667
58.4	140
58.6	128.333
58.8	145
59	156.667
59.2	138.333
59.4	141.667
59.6	153.333
59.8	151.667
60	140
60.2	141.667
60.4	133.333
60.6	130

EK -1 (Devam) XRD Verileri

60.8	136.667
61	145
61.4	156.667
61.6	128.333
61.8	133.333
62	128.333
62.2	126.667
62.4	133.333
62.6	130
62.8	160
63	126.667
63.2	116.667
63.4	133.333
63.6	145
63.8	128.333
64	136.667
64.2	155
64.4	130
64.6	146.667
64.8	141.667
65	180
65.2	151.667
65.4	146.667
65.6	121.667
65.8	153.333
66	116.667
66.2	143.333
66.4	171.667
66.6	148.333
66.8	118.333
67	161.667
67.2	126.667
67.4	161.667
67.6	101.667
67.8	135
68	141.667
68.2	140
68.4	141.667
68.6	141.667
68.8	141.667
69	136.667
69.2	128.333
69.4	133.333
69.6	136.667
69.8	150

EK -1 (Devam) XRD Verileri

70	146.667
70.2	131.667
70.4	143.333
70.6	126.667
70.8	168.333
71	123.333
71.2	136.667
71.4	125
71.6	110
71.8	121.667
72	163.333
72.2	148.333
72.4	128.333
72.6	126.667
72.8	128.333
73	136.667
73.2	143.333
73.4	143.333
73.6	136.667
73.8	120
74	143.333
74.2	160
74.4	126.667
74.6	118.333
74.8	150
75	140
75.2	123.333
75.4	148.333
75.6	136.667
75.8	125
76	158.333
76.2	141.667
76.4	140
76.6	141.667
76.8	143.333
77	111.667
77.2	133.333
77.6	130
77.8	143.333
78	121.667
78.2	108.333
78.4	131.667
78.6	150
78.8	123.333
79	125

EK -1 (Devam) XRD Verileri

79.2	133.333
79.4	116.667
79.7	136.667
79.8	113.333
80	136.667
80.2	153.333
80.4	158.333
80.6	103.333
80.8	115
81	136.667
81.2	118.333
81.4	116.667
81.6	135
81.8	158.333
82	120
82.2	123.333
82.4	118.333
82.6	131.667
82.8	113.333
83	113.333
83.2	121.667
83.4	115
83.6	110
83.8	118.333
84	118.333
84.2	111.667
84.4	121.667
84.6	108.333
84.8	105
85	100
85.2	126.667
85.4	128.333
85.6	120
85.8	96.6667
86	103.333
86.2	103.333
86.4	115
86.6	121.667
86.8	111.667
87	110
87.2	86.6667
87.4	106.667
87.6	105
87.8	75
88	101.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

88.2	88.3333
88.4	88.3333
88.6	116.667
88.8	93.3333
89	118.333
89.2	93.3333
89.4	91.6667
89.6	93.3333
89.8	116.667
90	103.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

Sample TEST SAMPLE
 Comments
 Filename C:\Windmax\Data\GAZINI~1\AYSUNE~1\SBO.raw
 Goniometer Ultima+theta-theta high res.goniometer
 Attachment Multipurpose attachment for T.F.& std
 Monochromater Fixed Monochromator
 ScanningMode 2Theta/Theta
 ScanningType Continuos Scanning
 X-Ray 40kV/40mA
 DivSlit Variable
 DivH.L.Slit 10mm
 SctSlit Variable
 RecSlit 0.15mm
 Monochro RS 0.45mm
 Start 10
 Stop 90
 Step 0.2
 10 26.6667
 10.2 21.6667
 10.4 20
 10.6 35
 10.8 46.6667
 11 41.6667
 11.2 31.6667
 11.4 38.3333
 11.6 35
 11.8 38.3333
 12 43.3333
 12.2 46.6667
 12.4 46.6667
 12.6 43.3333
 12.8 51.6667
 13 50
 13.2 48.3333
 13.4 38.3333
 13.6 50
 13.8 51.6667
 13.98 51.6667
 14.2 55
 14.4 53.3333
 14.6 58.3333
 14.8 55
 15 73.3333
 15.2 71.6667
 15.4 56.6667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

15.6	98.3333
15.8	111.667
16	93.3333
16.2	103.333
16.4	106.667
16.6	123.333
16.8	118.333
17	120
17.2	126.667
17.4	170
17.6	150
17.8	143.333
18	186.667
18.2	191.667
18.4	221.667
18.6	213.333
18.8	233.333
19	253.333
19.2	273.333
19.4	256.667
19.6	261.667
19.8	295
20	291.667
20.2	340
20.4	360
20.6	308.333
20.8	350
21	386.667
21.2	398.333
21.4	440
21.6	391.667
21.8	375
22	378.333
22.2	371.667
22.4	361.667
22.6	376.667
22.8	360
23	348.333
23.2	316.667
23.4	321.667
23.6	365
23.8	291.667
24	353.333
24.2	306.667
24.4	273.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

24.6	351.667
24.8	300
25	291.667
25.2	338.333
25.4	283.333
25.6	320
25.8	298.333
26	265
26.2	278.333
26.4	261.667
26.6	288.333
26.8	238.333
27	251.667
27.2	243.333
27.4	260
27.6	216.667
27.8	236.667
28	235
28.2	253.333
28.4	253.333
28.6	246.667
28.8	233.333
29	230
29.2	240
29.4	271.667
29.6	218.333
29.8	216.667
30	255
30.2	243.333
30.4	220
30.6	235
30.8	221.667
31	273.333
31.2	243.333
31.4	238.333
31.6	250
31.8	215
32	228.333
32.2	251.667
32.4	203.333
32.6	221.667
32.8	228.333
33	251.667
33.2	266.667
33.4	268.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

33.6	248.333
33.8	221.667
34	265
34.2	246.667
34.4	238.333
34.6	275
34.8	215
35	215
35.2	213.333
35.4	220
35.6	206.667
35.8	250
36	261.667
36.2	201.667
36.4	206.667
36.6	240
36.8	223.333
37	201.667
37.2	246.667
37.4	240
37.6	243.333
37.8	220
38	201.667
38.2	215
38.4	228.333
38.6	228.333
38.8	215
39	241.667
39.2	198.333
39.4	220
39.6	245
39.8	196.667
40	226.667
40.2	208.333
40.4	216.667
40.6	193.333
40.8	230
40.82	211.667
41	228.333
41.2	215
41.4	221.667
41.6	260
41.8	248.333
42	243.333
42.2	193.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

42.4	220
42.6	215
42.8	221.667
43	206.667
43.2	213.333
43.4	218.333
43.6	216.667
43.8	231.667
44	168.333
44.2	213.333
44.4	211.667
44.6	180
44.8	200
45	171.667
45.2	201.667
45.4	208.333
45.6	190
45.8	171.667
46	195
46.2	188.333
46.4	191.667
46.6	210
46.8	203.333
47	201.667
47.2	226.667
47.4	161.667
47.6	203.333
47.8	183.333
48	215
48.2	206.667
48.4	190
48.6	198.333
48.8	205
49	156.667
49.2	171.667
49.4	193.333
49.6	150
49.8	196.667
50	190
50.2	198.333
50.4	180
50.6	160
50.8	140
51	165
51.2	178.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

51.4	168.333
51.6	185
51.8	175
52	183.333
52.2	166.667
52.4	161.667
52.6	186.667
52.8	153.333
53	150
53.2	166.667
53.4	161.667
53.6	171.667
53.8	146.667
54	196.667
54.2	150
54.4	158.333
54.6	141.667
54.8	156.667
55	156.667
55.2	163.333
55.4	121.667
55.6	163.333
55.8	150
56	166.667
56.2	168.333
56.4	155
56.6	148.333
56.8	135
57	166.667
57.2	138.333
57.4	138.333
57.6	143.333
57.8	153.333
58	153.333
58.2	190
58.4	170
58.6	166.667
58.8	166.667
59	126.667
59.2	151.667
59.4	158.333
59.6	143.333
59.8	176.667
60	123.333
60.2	146.667

EK -1 (Devam) XRD Verileri

60.4	141.667
60.6	166.667
60.8	158.333
61	141.667
61.2	168.333
61.4	140
61.6	158.333
61.8	133.333
62	148.333
62.2	138.333
62.4	156.667
62.6	173.333
62.8	153.333
63	148.333
63.4	161.667
63.6	148.333
63.8	131.667
64	168.333
64.2	140
64.4	156.667
64.6	106.667
64.8	158.333
65	166.667
65.2	130
65.4	163.333
65.6	186.667
65.8	143.333
66	146.667
66.2	131.667
66.4	133.333
66.6	118.333
66.8	156.667
67	131.667
67.2	138.333
67.4	126.667
67.6	133.333
67.8	153.333
68	128.333
68.2	136.667
68.4	140
68.6	123.333
68.8	120
69	145
69.2	110
69.4	128.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

69.6	131.667
69.8	130
70	148.333
70.2	151.667
70.4	141.667
70.6	150
70.8	141.667
71	133.333
71.2	140
71.4	148.333
71.6	143.333
71.8	170
72	131.667
72.2	105
72.4	146.667
72.6	135
72.8	158.333
73	141.667
73.2	130
73.4	141.667
73.6	156.667
73.8	126.667
74	153.333
74.2	151.667
74.4	145
74.6	125
74.8	95
75	133.333
75.2	128.333
75.4	153.333
75.6	120
75.8	141.667
76	140
76.2	150
76.4	131.667
76.6	138.333
76.8	140
77	141.667
77.2	160
77.4	131.667
77.6	115
77.8	158.333
78	138.333
78.2	170
78.4	136.667

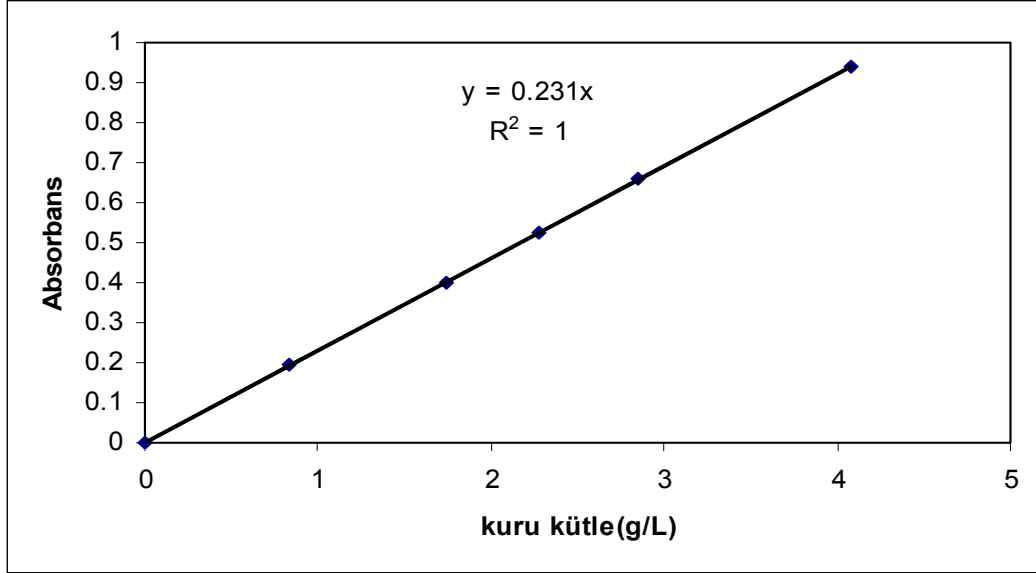
EK -1 (Devam) XRD Verileri

78.6	131.667
78.8	115
79	138.333
79.2	138.333
79.4	130
79.6	128.333
79.8	123.333
80	145
80.2	121.667
80.4	128.333
80.6	166.667
80.8	171.667
81	131.667
81.2	138.333
81.4	158.333
81.6	123.333
81.8	128.333
82	125
82.2	148.333
82.4	116.667
82.6	120
82.8	153.333
83	138.333
83.02	115
83.2	150
83.4	138.333
83.6	135
83.8	121.667
84	136.667
84.2	106.667
84.4	136.667
84.6	118.333
84.8	95
85	141.667
85.2	98.3333
85.4	115
85.6	123.333
85.8	95
86	108.333
86.2	110
86.4	100
86.6	120
86.8	113.333

EK -1 (Devam) XRD Verileri

87	115
87.2	108.333
87.4	96.6667
87.6	95
87.8	113.333
88	120
88.2	116.667
88.4	81.6667
88.6	103.333
88.8	86.6667
89	110
89.2	106.667
89.4	100
89.6	98.3333
89.8	91.6667
90	81.6667

EK-2 *S. cerevisiae* hücre kültürü kuru kütle kayını için kalibrasyon eğrisi



Şekil 2.1. *S. cerevisiae* hücre kültürü kuru kütle tayini için kalibrasyon eğrisi

EK-3 *S. cerevisiae* hücre kültürü kuru kütle tayini

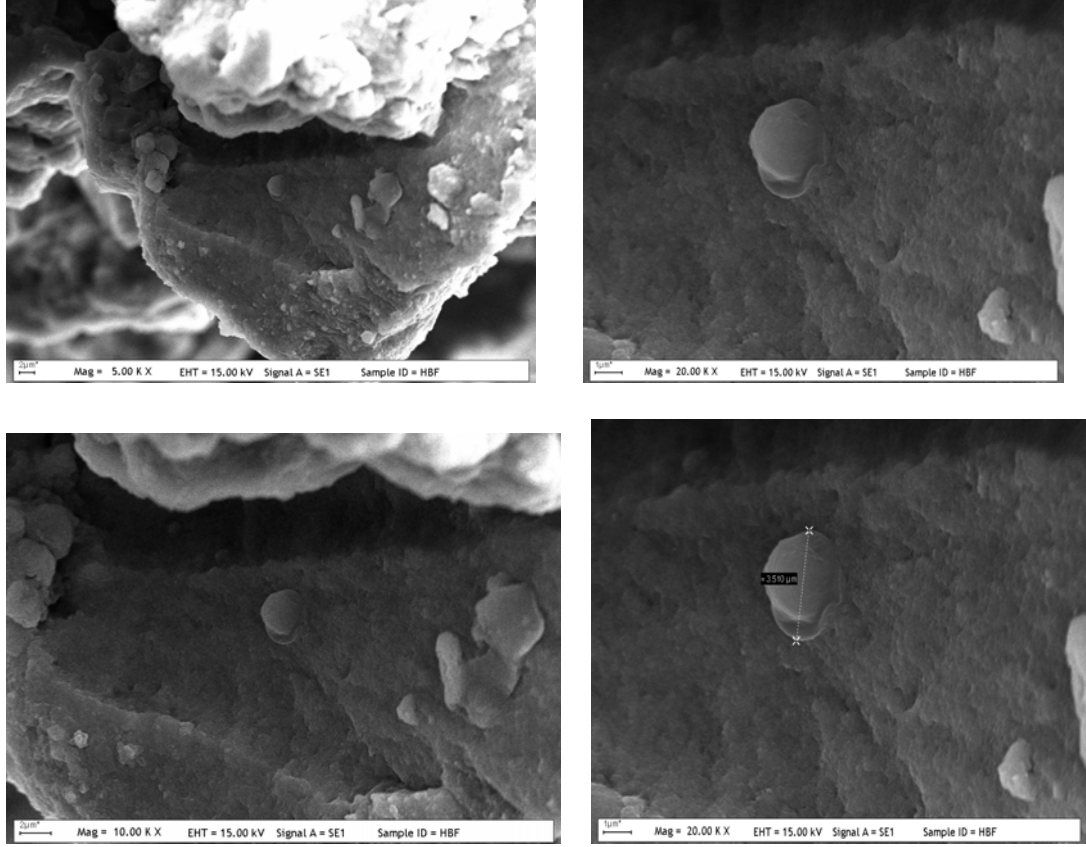
Büyüme ortamından alınan belirli aralıklarla 10'ar ml'lik ikiye numune alınıp UV Spektrofotometresinde 600 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunur. Daha sonra iki tane boş santrifüj tüpünün kütlesi belirlenir. Büyüme ortamından alınan numuneler bu tüplere konularak 3000 rpm hızda 10 dakika santrifüjlenir. Üstteki sulu kısım atılarak Üzerine 5 ml % 0,9'luk NaCl ilave edilip 3000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenir. Üstteki kısım mikropipetle atılır ve tüpler 90° C'de 20 saat süre ile kurutulur. Daha sonra içinde CaCl₂ olan bir desikatörde soğutulup kütleleri belirlenir. Mikroorganizma kütlesi aşağıdaki gibi belirlenir.

$$(\text{Dolu tüp kütlesi} - \text{Boş tüp kütlesi}) * 1000 / \text{Numune hacmi} \quad (3.1)$$

Belirli aralıklarla alınan numunelerin absorbans değerlerine karşı kuru kütle değerleri grafiğe geçirilerek kalibrasyon eğrisi elde edilir (EK 3.1). Bu eğrinin eğiminden absorbans ile kuru kütle arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

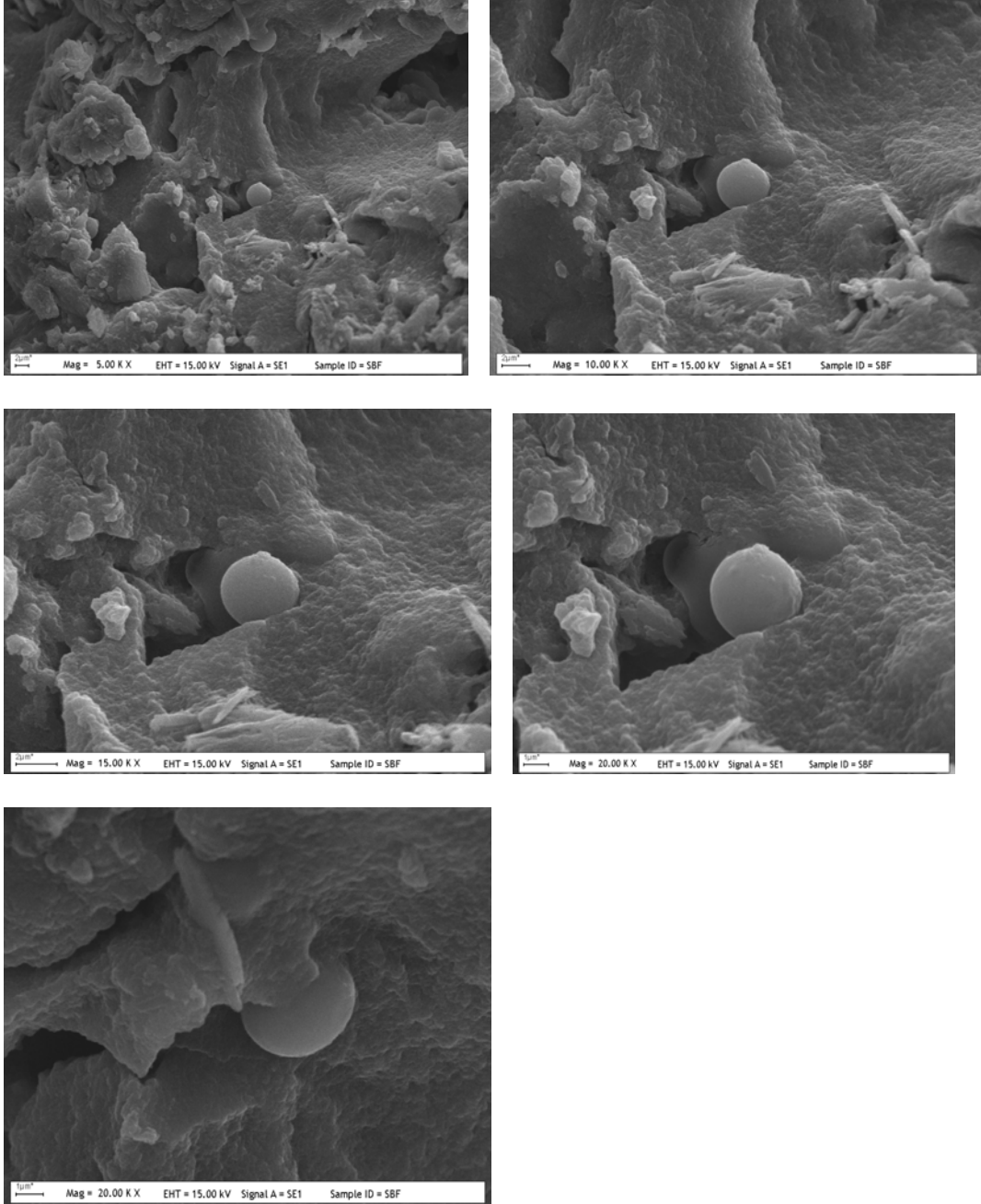
$$\text{Absorbans} = 2,31 * \text{Kuru kütle (g/l)} \quad (3.2)$$

EK-4 Malzemelerin SEM görüntüleri



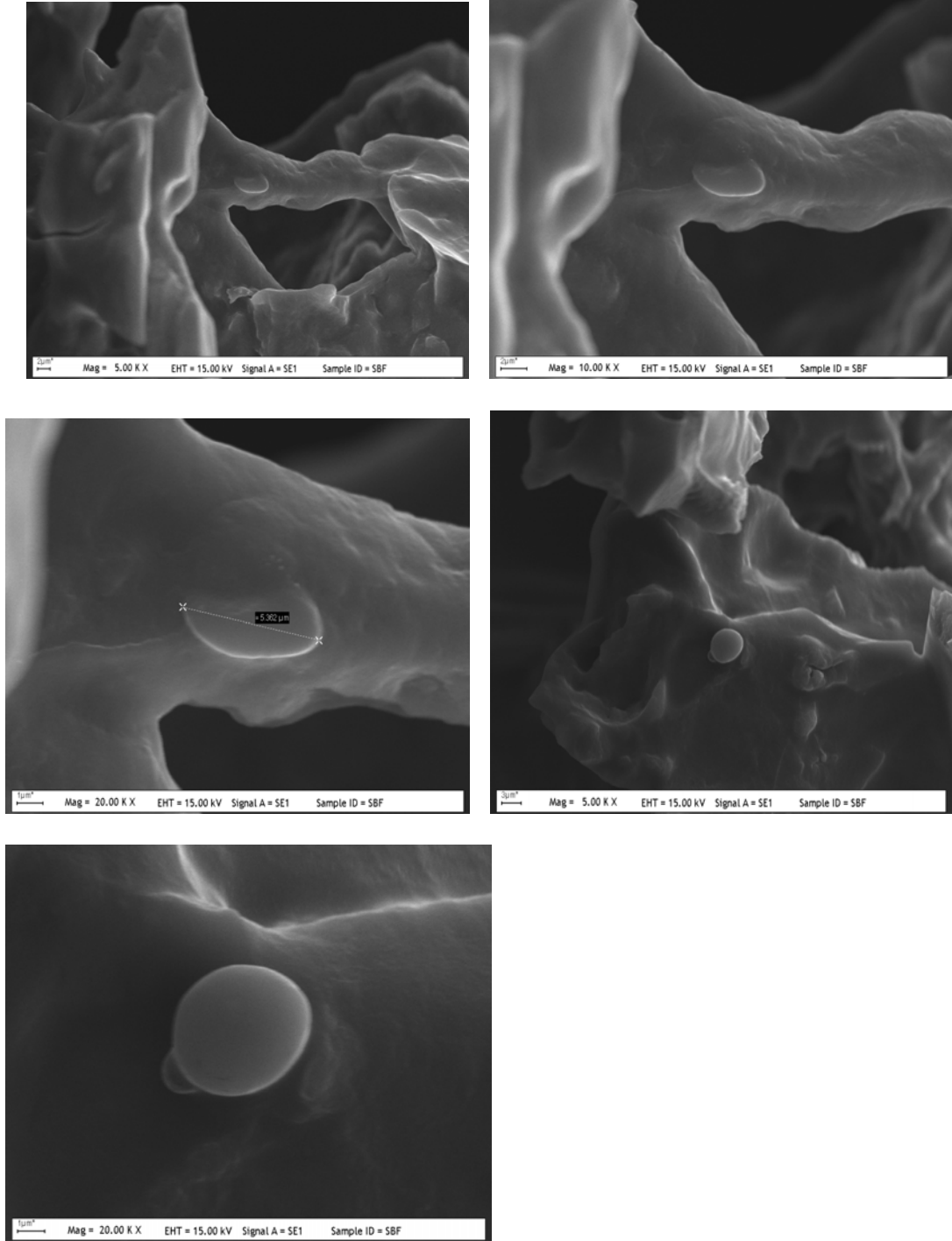
Şekil 4.1 HBF Malzemelerin SEM Görüntüleri (60.gün)

EK-4 (Devam) Malzemelerin SEM görüntüleri



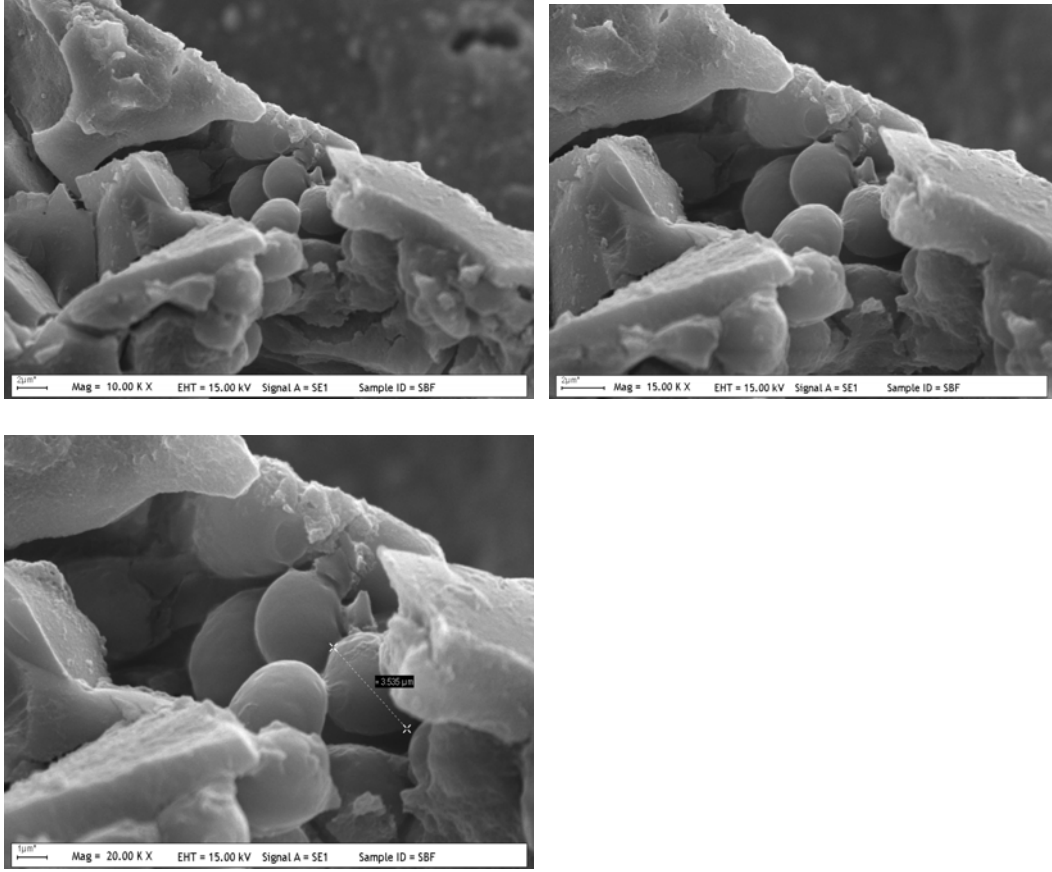
Şekil 4.2. HBO Malzemelerin SEM Görüntüleri (60.gün)

EK-4 (Devam) Malzemelerin SEM görüntüleri



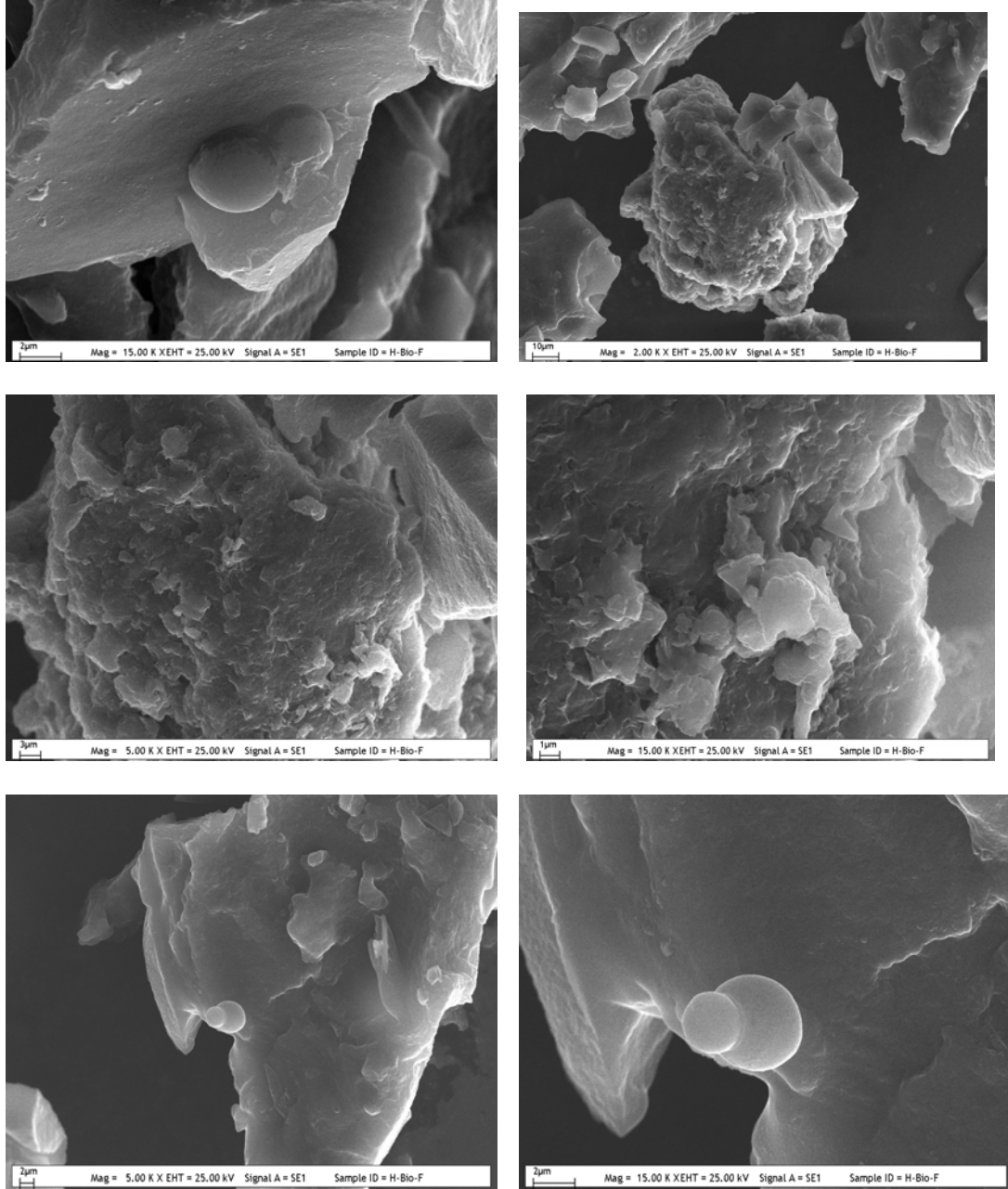
Şekil 4.3. SBF malzemenin SEM görüntüleri (60. gün)

EK-4 (Devam) Malzemelerin SEM görüntüleri



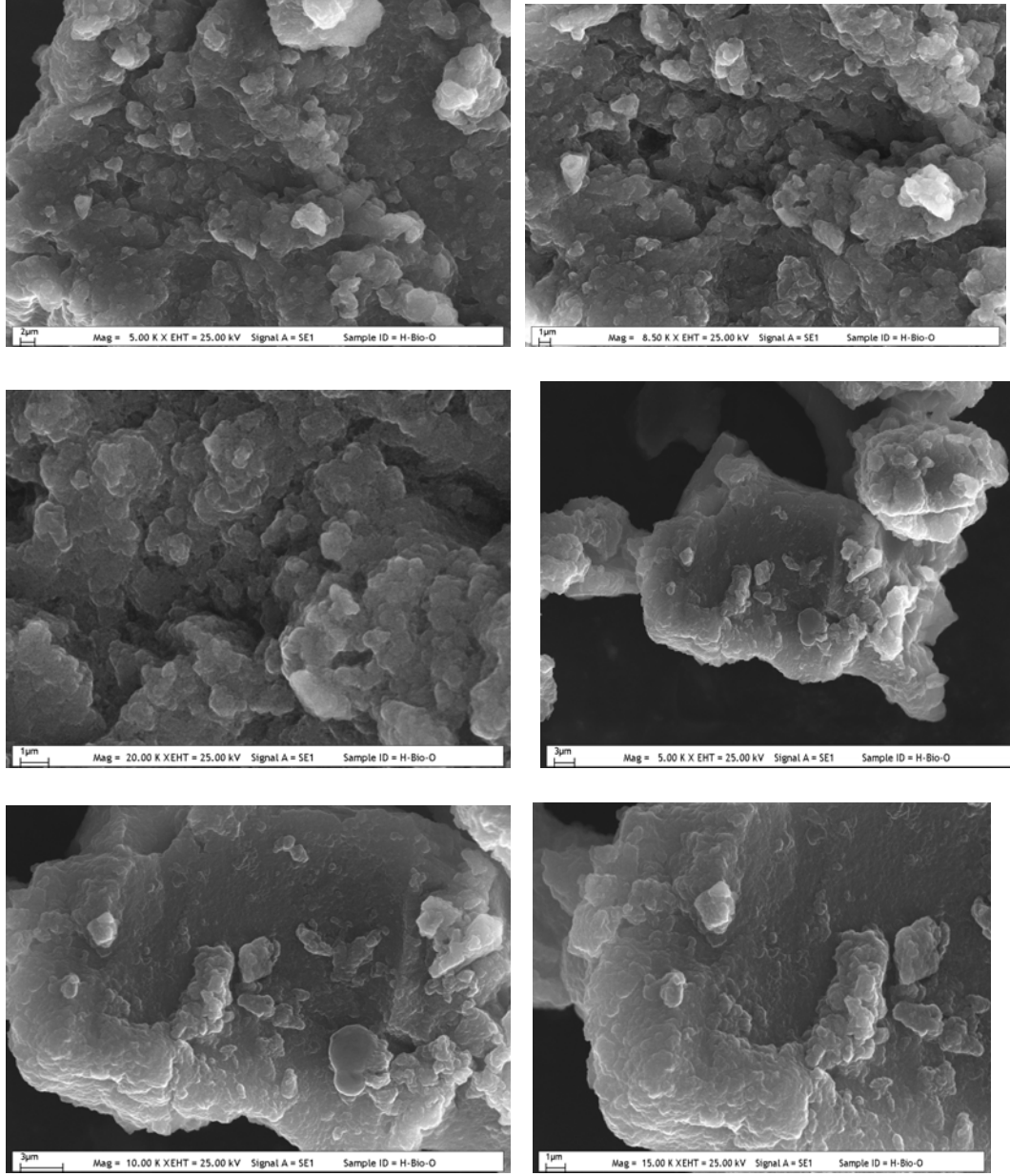
Şekil 4.4 SBO malzemenin SEM görüntüleri (60. gün)

EK-4 (Devam) Malzemelerin SEM görüntüleri



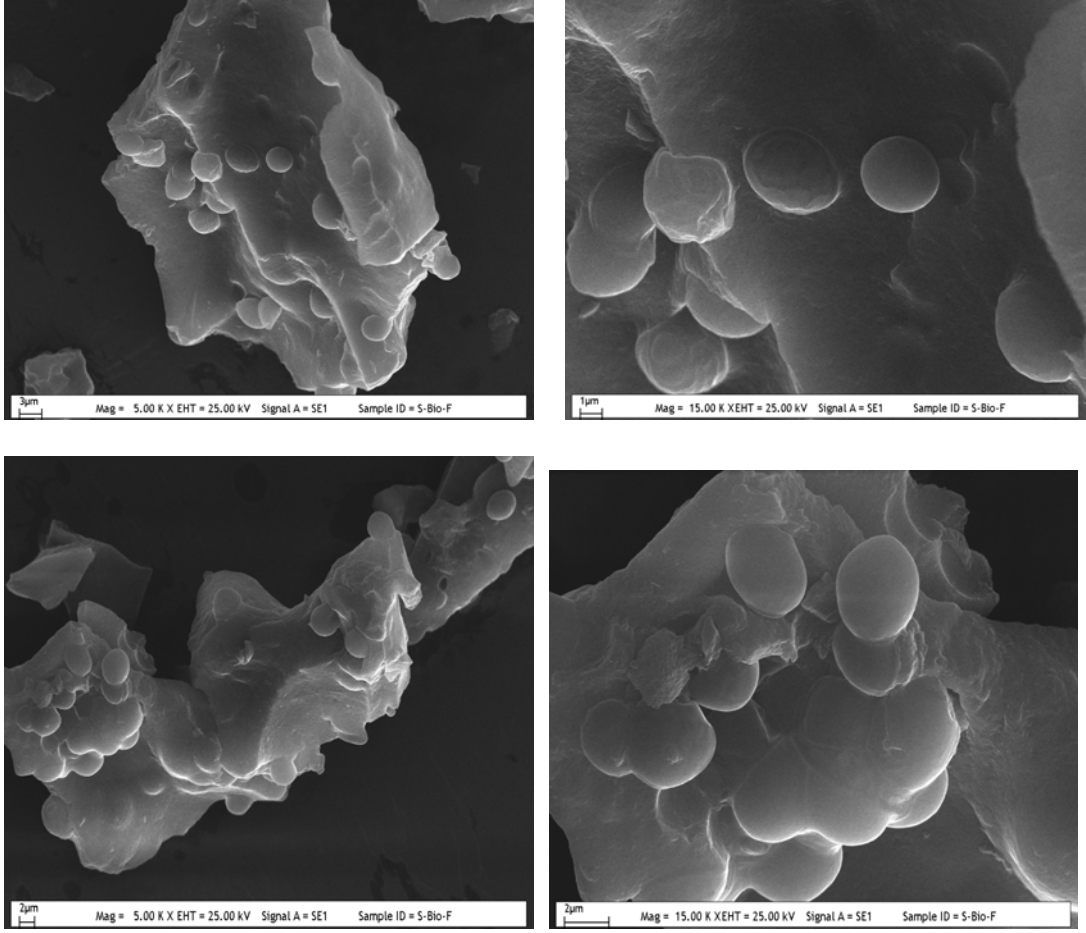
Şekil 4.5. HBF malzemenin SEM görüntüleri (10.gün)

EK-4 (Devam) Malzemelerin SEM görüntüleri



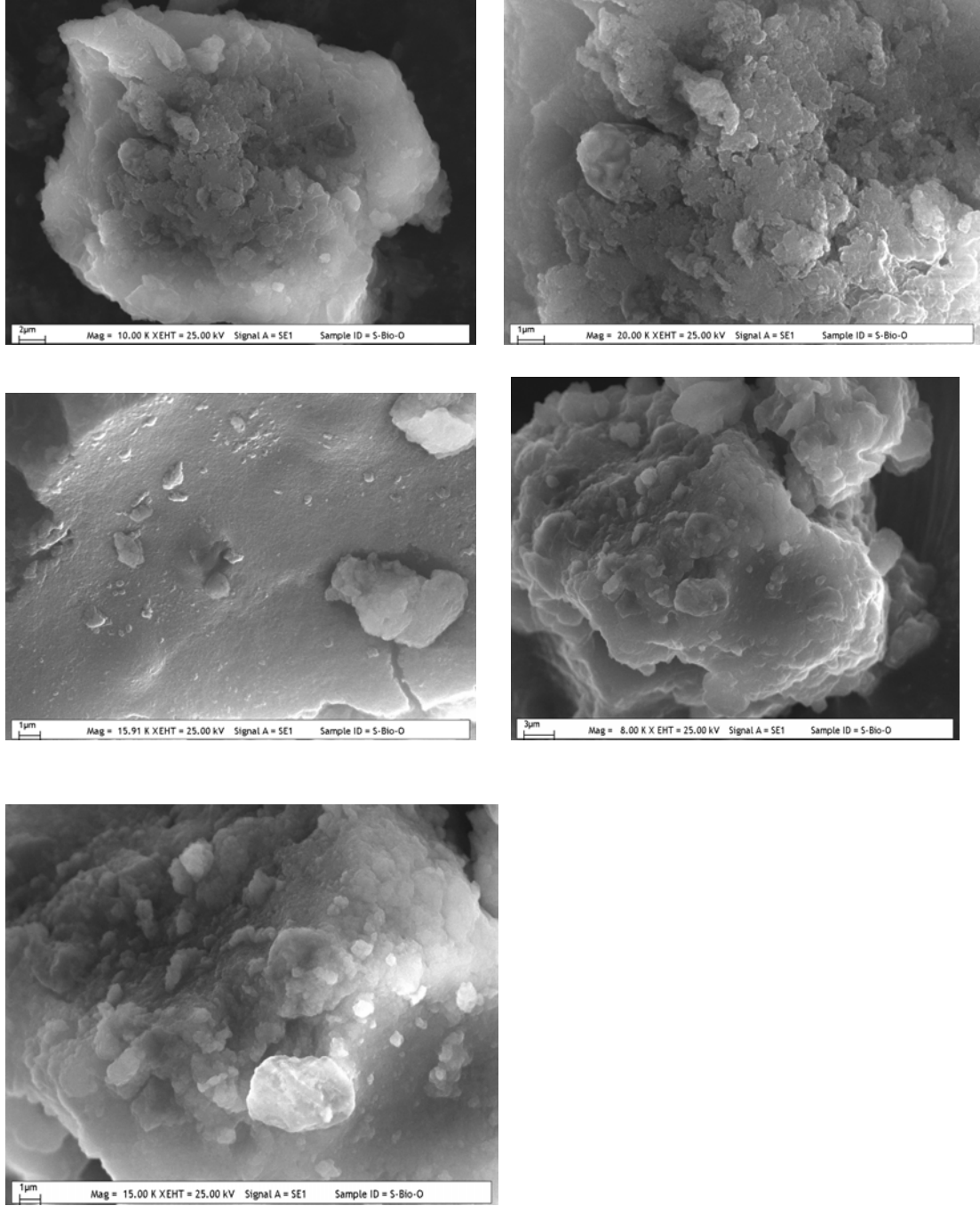
Şekil 1.7. HBO malzemenin SEM görüntüleri (10.gün)

EK-4 (Devam) Malzemelerin SEM görüntüleri



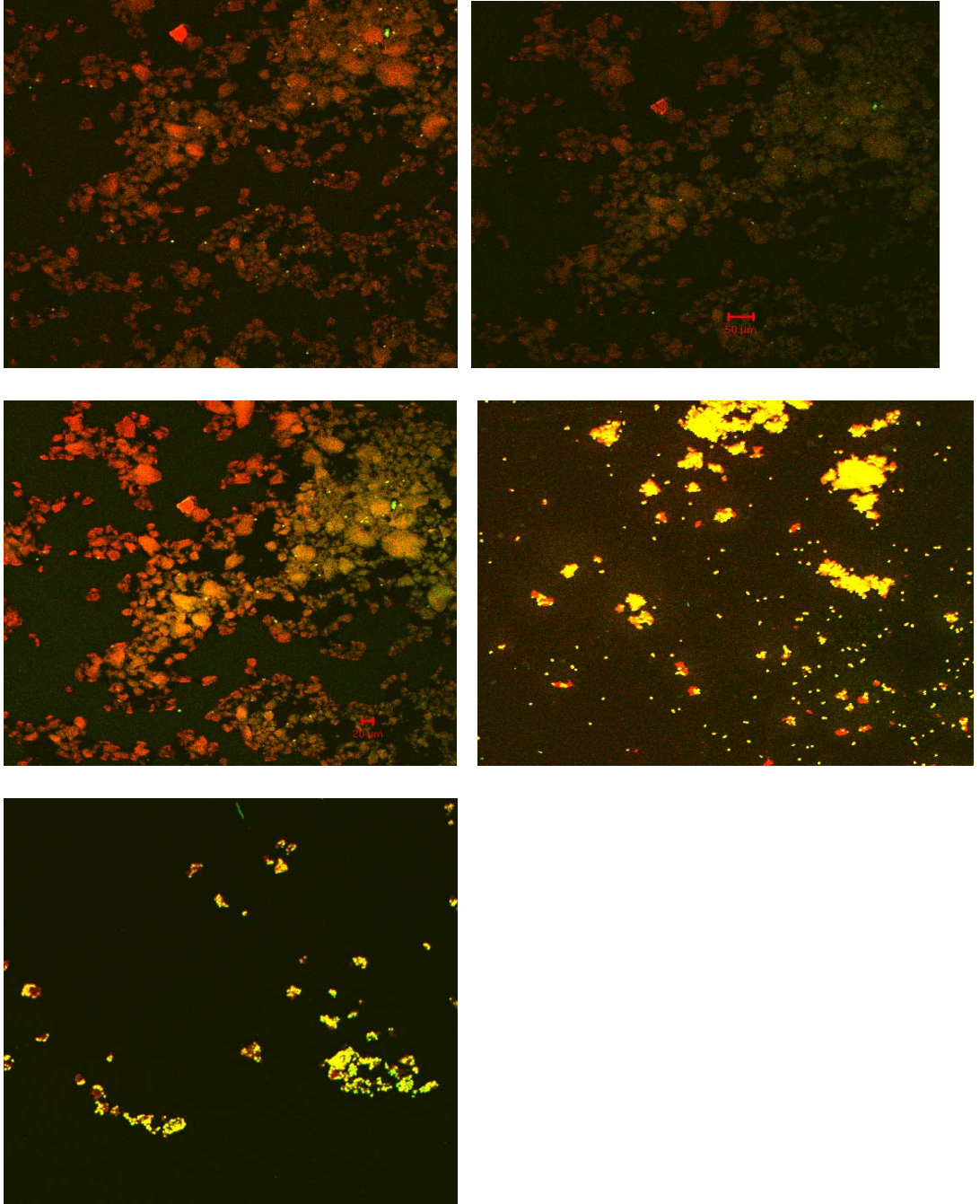
Şekil 4.7. SBF malzemenin SEM görüntüleri (10. gün)

EK-4 (Devam) Malzemelerin SEM görüntüleri



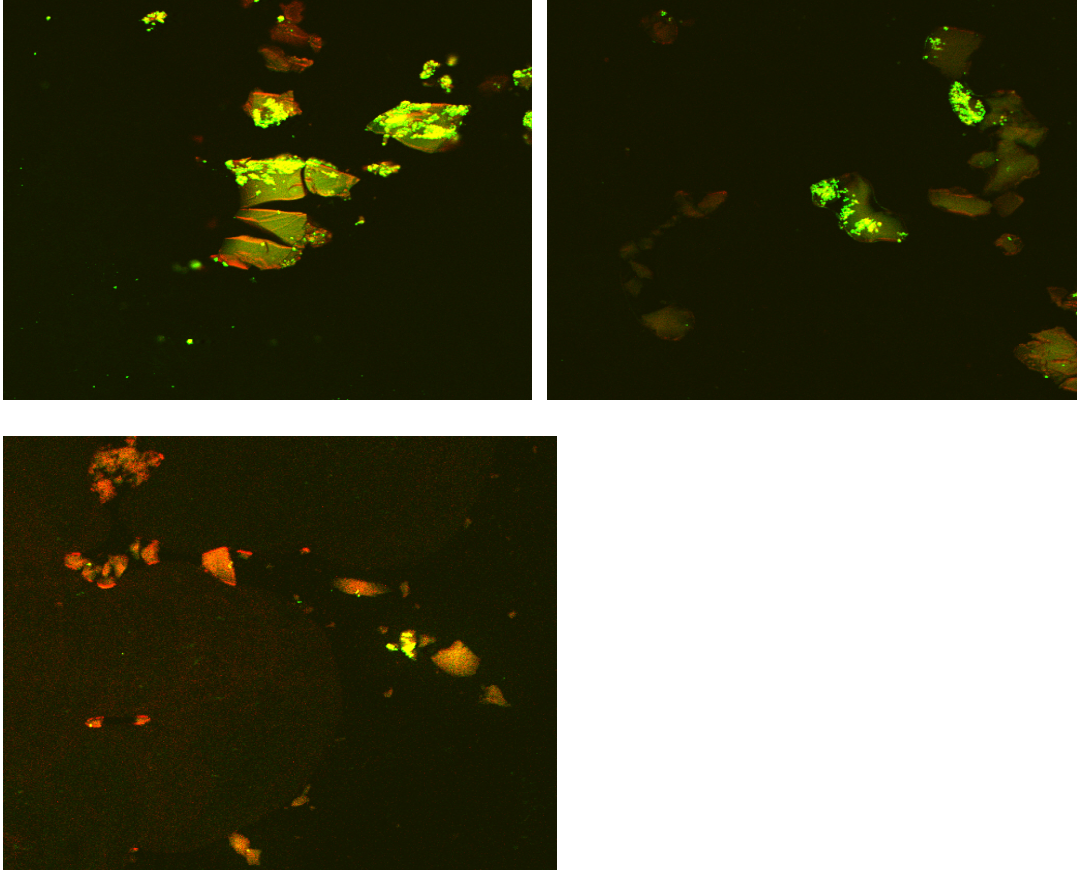
Şekil 4.8. SBO malzemenin SEM görüntüleri

EK-5 Malzemelerin Floresan mikroskobu görüntüleri



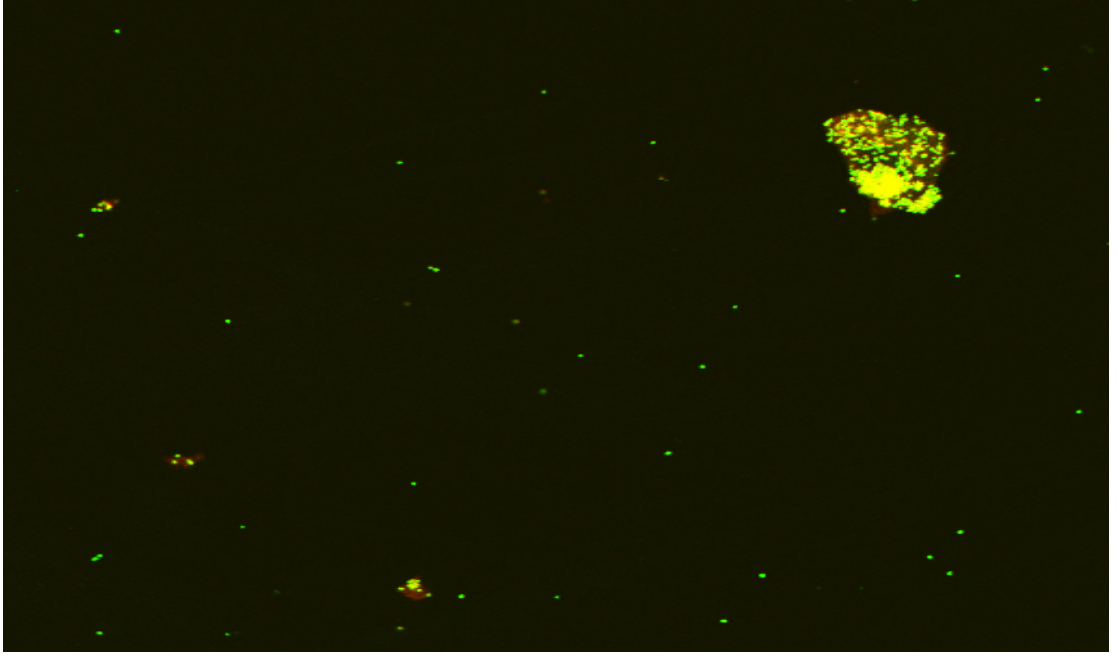
Şekil 5.1. HBF malzemenin Floresan Mikroskobu görüntüleri (10.gün)

EK-5 (Devam) Malzemelerin Floresan mikroskobu görüntüleri



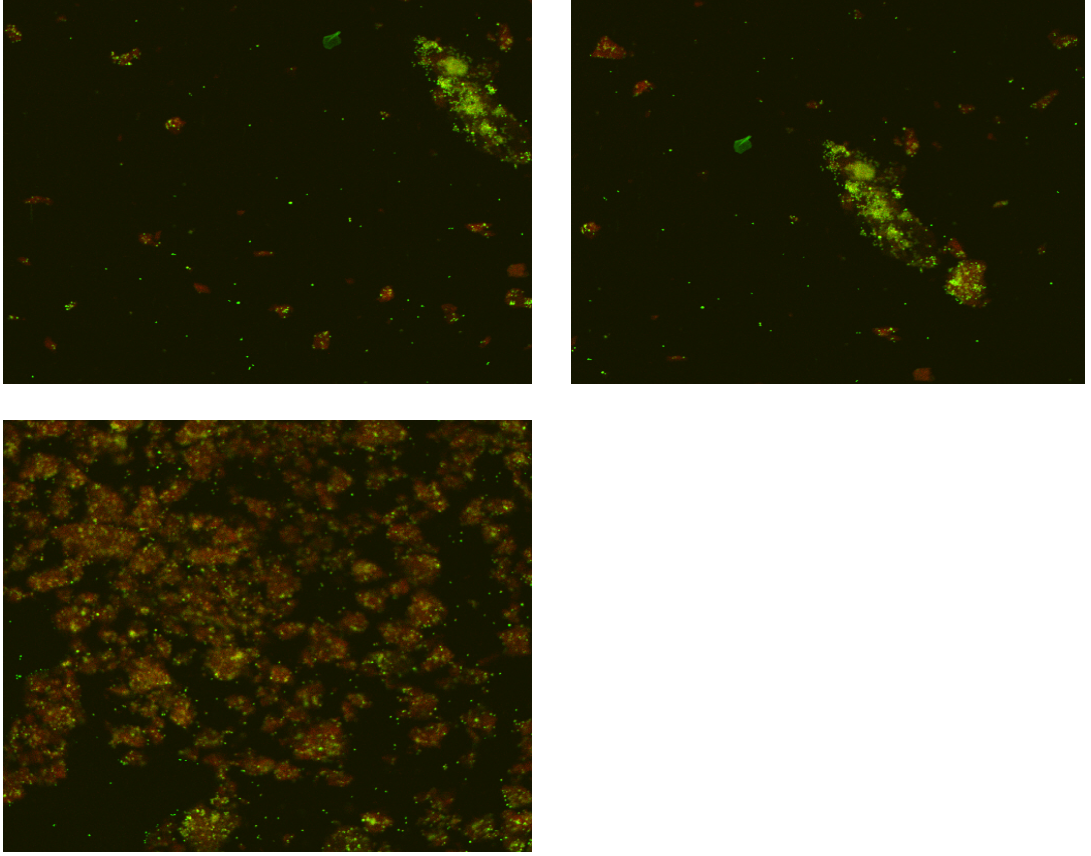
Şekil 5.2. HBO malzemenin fcoresan mikroskobu görüntüleri (10. gün)

EK-5 (Devam) Malzemelerin Floresan mikroskobu görüntüleri



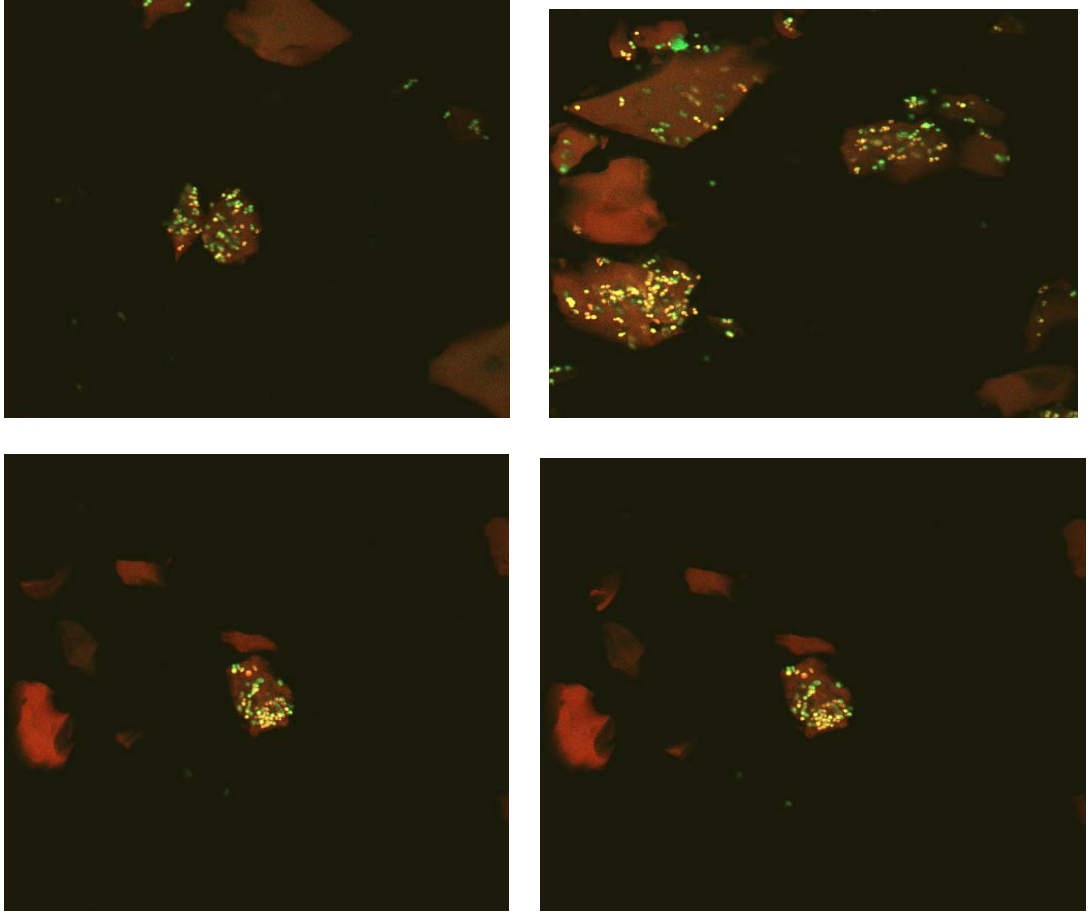
Şekil 5.3. SBF malzemenin floresan mikroskobu görüntüsü (10. gün)

EK-5 (Devam) Malzemelerin Floresan mikroskobu görüntüleri



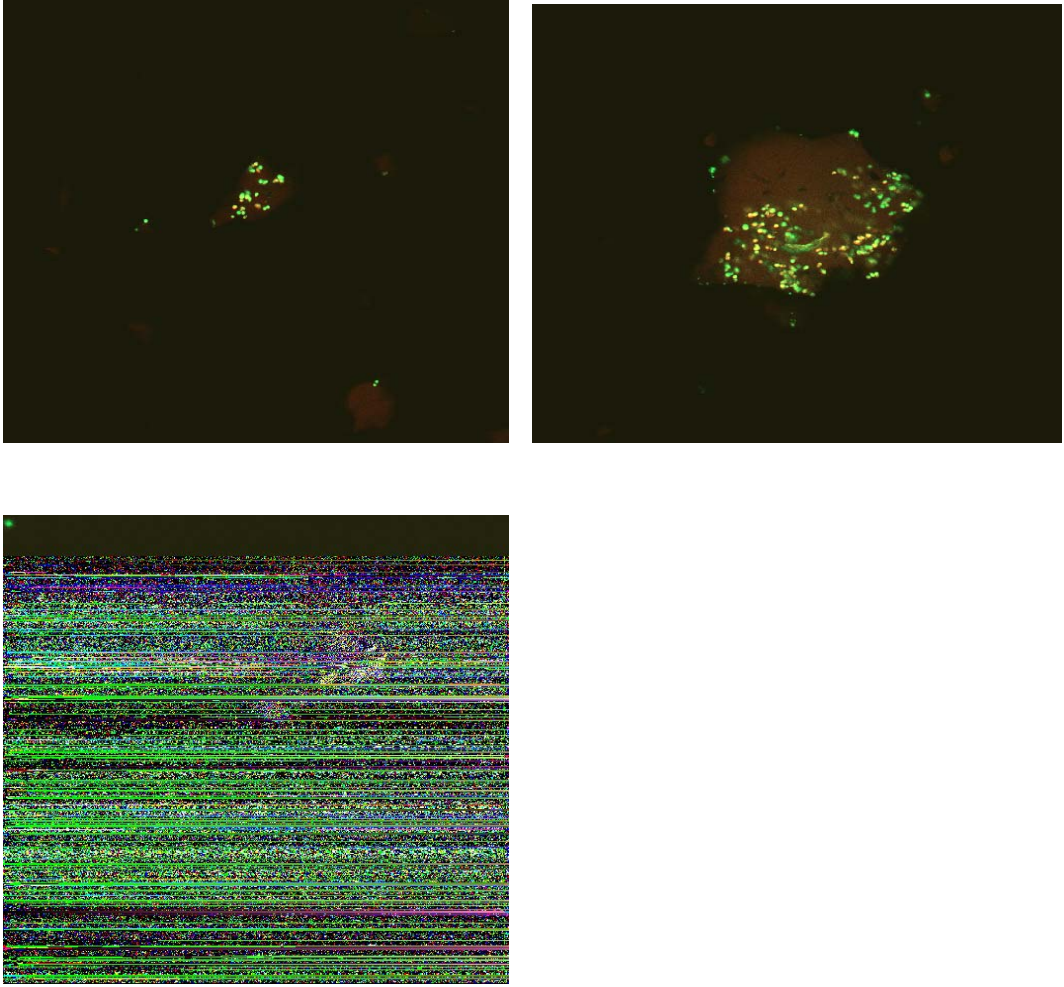
Şekil 5.4. SBO malzemenin floresan mikroskobu görüntüleri (10.gün)

EK-5 (Devam) Malzemelerin Floresan mikroskobu görüntüleri



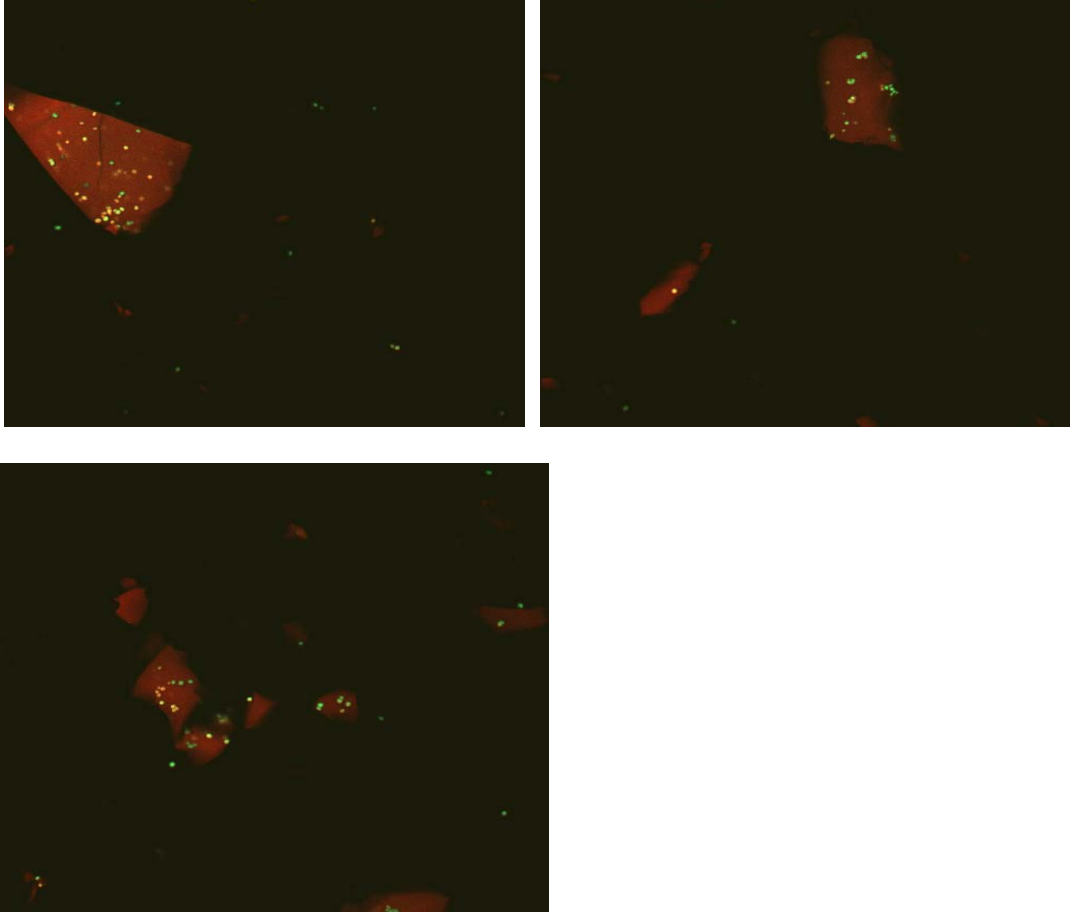
Şekil 5.5. HBF malzemenin floresan mikroskobu görüntüleri (60. gün)

EK-5 (Devam) Malzemelerin Floresan mikroskobu görüntüleri



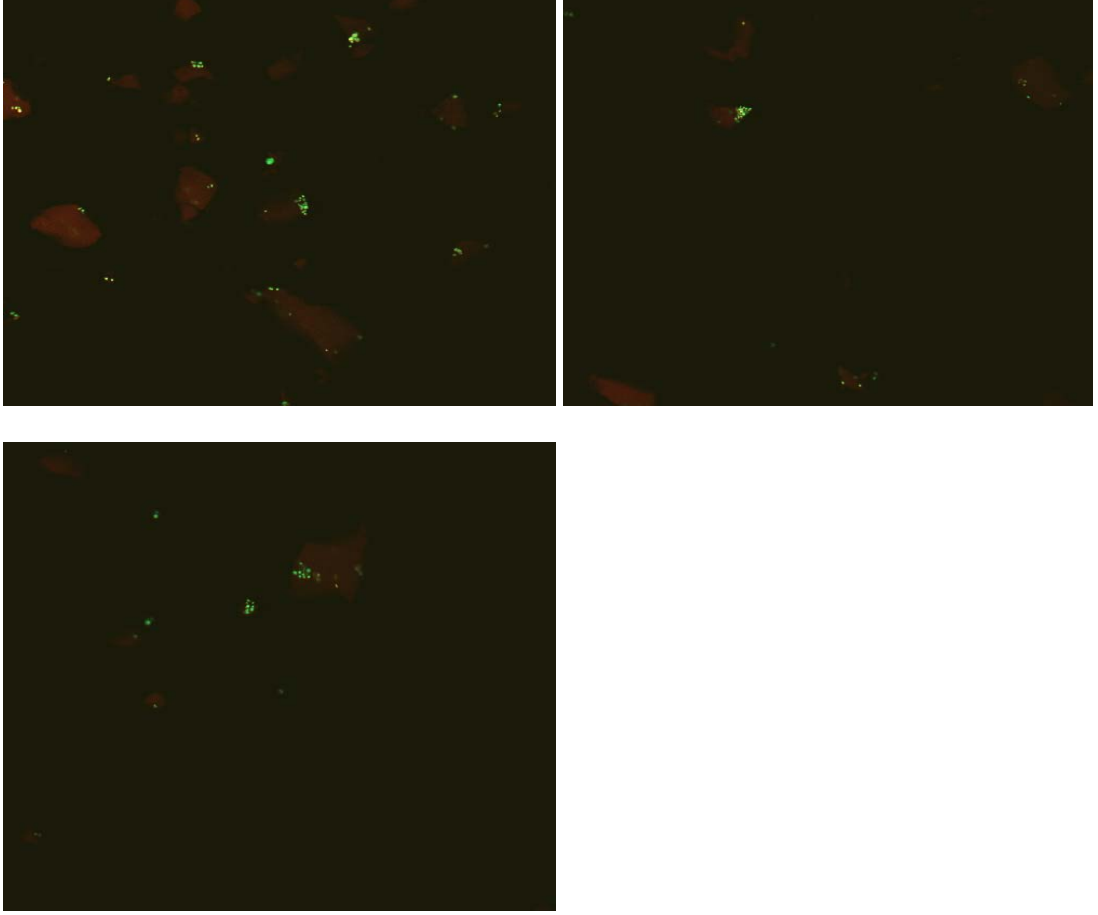
Şekil 5.6. HBO malzemenin floresan mikroskobu görüntüleri (60.gün)

EK-5 (Devam) Malzemelerin Floresan mikroskobu görüntüleri



Şekil 5.7. SBF malzemenin floresan mikroskobu görüntüleri (60.gün)

EK-5 (Devam) Malzemelerin Floresan mikroskobu görüntüleri



Şekil 5.8. SBO malzemenin floresan mikroskobu görüntüleri (60. gün)

EK-6 Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

SAMPLE ID NANASOL FILE NAME AC-NAN.prm
 SAMPLE WEIGHT 0.6778 grams BULK SAMPLE VOLUME 0.4504 cc
 SAMPLE DESCRIPTION A.CELIK
 COMMENTS LP STATION 1
 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 E.DENIZ Mercury volume normalized by sample
 weight.

Pore Size Distribution By Volume - Intrusion

Printing every data point.

Pressure [PSI]	Pore Diameter [μm]	Volume Intruded [cc/g]	Delta Volume [cc/g]	% Volume Intruded %	Dv(d) [cc/(μm-g)]	-dV/d(log d) [cc/g]
20.000	1.067E+01	0.0000	0.0000	0.00	4.176E-05	1.683E-03
31.884	6.691E+00	0.0015	0.0015	2.53	6.154E-05	1.834E-03
92.055	2.317E+00	0.0018	0.0003	3.04	3.085E-04	1.680E-03
174.725	1.221E+00	0.0019	0.0001	3.26	1.275E-03	1.567E-03
267.665	7.970E-01	0.0020	0.0001	3.48	3.166E-03	1.486E-03
366.273	5.824E-01	0.0022	0.0001	3.71	5.929E-03	1.429E-03
452.652	4.713E-01	0.0024	0.0003	4.14	9.927E-03	1.517E-03
548.143	3.892E-01	0.0025	0.0001	4.23	1.598E-03	9.502E-04
653.469	3.264E-01	0.0025	0.0001	4.32	1.616E-03	9.980E-04
761.608	2.801E-01	0.0026	0.0001	4.40	1.914E-03	9.567E-04
871.652	2.447E-01	0.0026	0.0001	4.49	2.146E-03	8.919E-04
983.510	2.169E-01	0.0027	0.0001	4.58	2.268E-03	8.021E-04
1096.638	1.945E-01	0.0027	0.0001	4.66	1.507E-03	5.530E-04
1211.218	1.761E-01	0.0028	0.0001	4.75	1.555E-03	4.978E-04
1326.433	1.608E-01	0.0028	0.0000	4.75	1.551E-03	4.378E-04
1443.553	1.478E-01	0.0028	0.0000	4.75	1.467E-03	3.688E-04
1561.127	1.366E-01	0.0028	0.0000	4.75	1.286E-03	2.906E-04
1681.513	1.269E-01	0.0028	0.0000	4.75	9.924E-04	2.032E-04
1802.353	1.184E-01	0.0028	0.0000	4.75	1.447E-03	4.405E-04
1924.281	1.109E-01	0.0028	0.0000	4.75	2.012E-03	6.872E-04
2045.665	1.043E-01	0.0028	0.0000	4.75	3.425E-03	1.057E-03
2167.774	9.841E-02	0.0028	0.0000	4.75	5.136E-03	1.442E-03
2290.791	9.312E-02	0.0028	0.0000	4.75	8.613E-03	2.247E-03
2414.443	8.835E-02	0.0029	0.0001	4.89	1.277E-02	3.084E-03
2537.732	8.406E-02	0.0029	0.0001	5.04	1.769E-02	3.964E-03

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

2661.293	8.016E-02	0.0030	0.0001	5.18	2.340E-02	4.878E-03
2785.490	7.658E-02	0.0031	0.0001	5.32	2.993E-02	5.819E-03
2909.777	7.331E-02	0.0033	0.0002	5.61	3.867E-02	7.068E-03
3034.608	7.030E-02	0.0034	0.0002	5.90	4.859E-02	8.362E-03
3158.351	6.754E-02	0.0036	0.0002	6.19	5.583E-02	9.147E-03
3282.094	6.500E-02	0.0038	0.0002	6.47	6.364E-02	9.938E-03
3407.016	6.261E-02	0.0039	0.0002	6.76	7.206E-02	1.073E-02
3534.024	6.036E-02	0.0042	0.0002	7.13	8.124E-02	1.154E-02
3661.123	5.827E-02	0.0044	0.0002	7.51	8.398E-02	1.140E-02
3789.765	5.629E-02	0.0046	0.0002	7.83	8.651E-02	1.125E-02
3920.039	5.442E-02	0.0048	0.0002	8.14	8.859E-02	1.105E-02
4052.491	5.264E-02	0.0049	0.0002	8.46	9.035E-02	1.083E-02
4185.488	5.097E-02	0.0051	0.0002	8.77	9.187E-02	1.061E-02
4320.026	4.938E-02	0.0052	0.0001	8.95	8.740E-02	9.722E-03
4455.109	4.788E-02	0.0053	0.0001	9.12	8.179E-02	8.800E-03
4595.090	4.642E-02	0.0054	0.0001	9.29	7.854E-02	8.192E-03
4736.796	4.504E-02	0.0055	0.0001	9.46	7.458E-02	7.561E-03
4879.136	4.372E-02	0.0056	0.0001	9.64	6.990E-02	6.921E-03
5021.839	4.248E-02	0.0057	0.0001	9.72	6.421E-02	6.248E-03
5166.175	4.129E-02	0.0057	0.0001	9.81	6.447E-02	6.108E-03
5310.149	4.017E-02	0.0058	0.0001	9.92	6.448E-02	5.962E-03
5457.842	3.909E-02	0.0059	0.0001	10.04	6.455E-02	5.836E-03
5606.442	3.805E-02	0.0059	0.0001	10.15	6.440E-02	5.700E-03
5758.943	3.704E-02	0.0060	0.0001	10.27	6.404E-02	5.560E-03
5914.801	3.607E-02	0.0061	0.0001	10.38	6.864E-02	5.786E-03
6071.293	3.514E-02	0.0061	0.0001	10.50	7.358E-02	6.023E-03
6227.151	3.426E-02	0.0062	0.0001	10.61	6.995E-02	5.511E-03
6385.912	3.341E-02	0.0063	0.0001	10.73	7.112E-02	5.460E-03
6544.764	3.259E-02	0.0063	0.0001	10.84	7.212E-02	5.400E-03
6702.345	3.183E-02	0.0064	0.0001	10.96	7.338E-02	5.368E-03
6859.110	3.110E-02	0.0065	0.0001	11.07	7.473E-02	5.350E-03
7020.955	3.038E-02	0.0065	0.0000	11.07	7.592E-02	5.322E-03
7183.526	2.970E-02	0.0065	0.0001	11.16	7.702E-02	5.288E-03
7349.091	2.903E-02	0.0066	0.0001	11.25	7.822E-02	5.264E-03
7508.214	2.841E-02	0.0066	0.0001	11.33	7.906E-02	5.222E-03
7665.705	2.783E-02	0.0067	0.0001	11.42	7.952E-02	5.169E-03
7826.008	2.726E-02	0.0067	0.0001	11.51	7.948E-02	5.090E-03
7986.039	2.671E-02	0.0068	0.0001	11.59	9.082E-02	5.640E-03
8145.343	2.619E-02	0.0068	0.0001	11.68	9.446E-02	5.752E-03
8308.912	2.567E-02	0.0069	0.0001	11.77	9.839E-02	5.874E-03
8473.569	2.518E-02	0.0069	0.0001	11.85	1.019E-01	5.965E-03
8644.215	2.468E-02	0.0070	0.0001	11.94	1.055E-01	6.049E-03
8811.686	2.421E-02	0.0070	0.0001	12.02	1.094E-01	6.152E-03
8975.437	2.377E-02	0.0071	0.0001	12.11	1.132E-01	6.245E-03
9138.914	2.334E-02	0.0071	0.0001	12.20	1.276E-01	6.971E-03

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

9305.749	2.292E-02	0.0072	0.0001	12.28	1.435E-01	7.740E-03
9472.855	2.252E-02	0.0072	0.0001	12.37	1.602E-01	8.510E-03
9637.604	2.213E-02	0.0073	0.0001	12.46	1.788E-01	9.340E-03
9804.349	2.176E-02	0.0073	0.0001	12.54	1.980E-01	1.017E-02
9969.731	2.140E-02	0.0074	0.0001	12.72	2.049E-01	1.029E-02
10132.757	2.105E-02	0.0075	0.0001	12.89	2.118E-01	1.040E-02
10297.505	2.072E-02	0.0076	0.0001	13.06	2.327E-01	1.124E-02
10458.443	2.040E-02	0.0077	0.0001	13.23	2.545E-01	1.208E-02
10619.744	2.009E-02	0.0078	0.0001	13.41	2.767E-01	1.292E-02
10782.496	1.978E-02	0.0079	0.0001	13.49	3.003E-01	1.377E-02
10945.431	1.949E-02	0.0079	0.0001	13.58	2.941E-01	1.326E-02
11108.999	1.920E-02	0.0080	0.0001	13.75	2.866E-01	1.270E-02
11273.294	1.892E-02	0.0081	0.0001	13.92	2.787E-01	1.215E-02
11439.130	1.865E-02	0.0082	0.0001	14.10	2.691E-01	1.156E-02
11604.241	1.838E-02	0.0083	0.0001	14.27	2.584E-01	1.095E-02
11769.897	1.812E-02	0.0084	0.0001	14.35	2.652E-01	1.104E-02
11937.275	1.787E-02	0.0084	0.0001	14.44	2.718E-01	1.111E-02
12104.655	1.762E-02	0.0085	0.0001	14.53	2.653E-01	1.073E-02
12272.669	1.738E-02	0.0085	0.0001	14.61	2.582E-01	1.034E-02
12442.406	1.714E-02	0.0086	0.0001	14.70	2.818E-01	1.127E-02
12612.145	1.691E-02	0.0086	0.0001	14.79	3.060E-01	1.220E-02
12785.149	1.669E-02	0.0087	0.0001	14.87	3.519E-01	1.387E-02
12959.696	1.646E-02	0.0088	0.0001	14.99	4.003E-01	1.557E-02
13134.878	1.624E-02	0.0088	0.0001	15.10	4.505E-01	1.727E-02
13310.784	1.603E-02	0.0090	0.0002	15.36	5.031E-01	1.899E-02
13487.781	1.582E-02	0.0091	0.0002	15.62	5.584E-01	2.074E-02
13665.593	1.561E-02	0.0093	0.0002	15.88	6.157E-01	2.250E-02
13843.494	1.541E-02	0.0094	0.0002	16.14	6.769E-01	2.433E-02
14022.848	1.521E-02	0.0096	0.0002	16.40	7.406E-01	2.621E-02
14202.475	1.502E-02	0.0097	0.0002	16.66	8.069E-01	2.811E-02
14381.557	1.483E-02	0.0099	0.0002	16.91	8.504E-01	2.930E-02
14562.182	1.465E-02	0.0100	0.0002	17.17	8.939E-01	3.045E-02
14740.266	1.447E-02	0.0102	0.0002	17.43	9.605E-01	3.237E-02
14918.895	1.430E-02	0.0103	0.0002	17.72	1.025E+00	3.418E-02
15097.978	1.413E-02	0.0105	0.0002	18.01	1.093E+00	3.602E-02
15277.512	1.396E-02	0.0107	0.0002	18.35	1.162E+00	3.786E-02
15460.766	1.380E-02	0.0109	0.0002	18.70	1.232E+00	3.963E-02
15649.738	1.363E-02	0.0112	0.0003	19.13	1.319E+00	4.191E-02
15845.241	1.346E-02	0.0114	0.0003	19.56	1.403E+00	4.399E-02
16040.928	1.330E-02	0.0117	0.0003	19.99	1.438E+00	4.441E-02
16237.426	1.314E-02	0.0119	0.0003	20.43	1.472E+00	4.477E-02
16438.463	1.298E-02	0.0122	0.0003	20.86	1.423E+00	4.256E-02
16643.764	1.282E-02	0.0125	0.0003	21.35	1.400E+00	4.122E-02
16857.408	1.265E-02	0.0127	0.0003	21.84	1.320E+00	3.826E-02
17071.691	1.250E-02	0.0130	0.0002	22.18	1.304E+00	3.734E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

17291.234	1.234E-02	0.0132	0.0002	22.53	1.284E+00	3.634E-02
17515.496	1.218E-02	0.0132	0.0001	22.67	1.286E+00	3.606E-02
17741.480	1.202E-02	0.0134	0.0001	22.90	1.291E+00	3.585E-02
17968.555	1.187E-02	0.0135	0.0001	23.04	1.255E+00	3.454E-02
18197.986	1.172E-02	0.0137	0.0002	23.39	1.223E+00	3.340E-02
18431.865	1.157E-02	0.0139	0.0002	23.73	1.288E+00	3.486E-02
18673.271	1.142E-02	0.0141	0.0003	24.17	1.358E+00	3.639E-02
18916.492	1.128E-02	0.0144	0.0003	24.60	1.586E+00	4.195E-02
19164.250	1.113E-02	0.0146	0.0002	24.97	1.759E+00	4.590E-02
19412.643	1.099E-02	0.0148	0.0002	25.34	1.971E+00	5.063E-02
19670.197	1.084E-02	0.0151	0.0003	25.86	2.039E+00	5.158E-02
19929.387	1.070E-02	0.0154	0.0003	26.38	2.149E+00	5.357E-02
20194.107	1.056E-02	0.0158	0.0004	27.13	2.201E+00	5.406E-02
20461.734	1.043E-02	0.0162	0.0004	27.79	2.252E+00	5.449E-02
20734.439	1.029E-02	0.0166	0.0004	28.45	2.331E+00	5.552E-02
21009.143	1.015E-02	0.0169	0.0003	28.91	2.412E+00	5.653E-02
21289.832	1.002E-02	0.0172	0.0003	29.49	2.437E+00	5.630E-02
21572.242	9.889E-03	0.0175	0.0003	29.98	2.461E+00	5.604E-02
21860.553	9.758E-03	0.0178	0.0003	30.47	2.330E+00	5.236E-02
22150.676	9.631E-03	0.0181	0.0003	30.96	2.230E+00	4.947E-02
22443.158	9.505E-03	0.0184	0.0003	31.44	2.129E+00	4.663E-02
22738.092	9.382E-03	0.0186	0.0003	31.93	2.139E+00	4.621E-02
23037.742	9.260E-03	0.0189	0.0003	32.42	2.049E+00	4.368E-02
23338.568	9.140E-03	0.0191	0.0002	32.77	2.032E+00	4.276E-02
23643.209	9.023E-03	0.0193	0.0002	33.11	2.053E+00	4.274E-02
23949.482	8.907E-03	0.0195	0.0002	33.46	2.113E+00	4.355E-02
24257.475	8.794E-03	0.0198	0.0002	33.86	2.174E+00	4.439E-02
24567.105	8.683E-03	0.0199	0.0002	34.15	2.226E+00	4.498E-02
24880.000	8.574E-03	0.0202	0.0002	34.52	2.308E+00	4.620E-02
25193.801	8.467E-03	0.0204	0.0003	34.98	2.497E+00	4.939E-02
25510.414	8.362E-03	0.0207	0.0003	35.53	2.695E+00	5.264E-02
25827.846	8.259E-03	0.0211	0.0003	36.08	2.900E+00	5.591E-02
26146.367	8.159E-03	0.0214	0.0003	36.59	3.110E+00	5.924E-02
26466.156	8.060E-03	0.0217	0.0003	37.17	3.389E+00	6.364E-02
26785.674	7.964E-03	0.0221	0.0004	37.80	3.662E+00	6.787E-02
27106.824	7.870E-03	0.0224	0.0004	38.43	3.906E+00	7.151E-02
27429.062	7.777E-03	0.0228	0.0004	39.07	4.063E+00	7.347E-02
27753.299	7.686E-03	0.0232	0.0004	39.76	4.306E+00	7.697E-02
28081.705	7.596E-03	0.0236	0.0004	40.45	4.505E+00	7.948E-02
28411.111	7.508E-03	0.0241	0.0004	41.20	4.707E+00	8.203E-02
28744.963	7.421E-03	0.0245	0.0005	41.97	4.868E+00	8.383E-02
29078.812	7.336E-03	0.0249	0.0004	42.66	5.033E+00	8.562E-02
29413.846	7.252E-03	0.0254	0.0005	43.50	5.263E+00	8.852E-02
29752.594	7.170E-03	0.0258	0.0004	44.22	5.393E+00	8.963E-02
30093.520	7.089E-03	0.0263	0.0005	44.99	5.553E+00	9.121E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

30441.887	7.008E-03	0.0267	0.0005	45.77	5.637E+00	9.150E-02
30792.701	6.928E-03	0.0272	0.0005	46.55	5.627E+00	9.019E-02
31149.961	6.848E-03	0.0277	0.0005	47.44	5.789E+00	9.167E-02
31508.486	6.770E-03	0.0282	0.0005	48.22	5.743E+00	8.985E-02
31852.227	6.697E-03	0.0286	0.0005	48.99	5.794E+00	8.957E-02
32198.592	6.625E-03	0.0290	0.0004	49.71	5.793E+00	8.857E-02
32549.230	6.554E-03	0.0294	0.0004	50.32	5.737E+00	8.670E-02
32902.496	6.483E-03	0.0298	0.0005	51.09	5.674E+00	8.477E-02
33263.652	6.413E-03	0.0302	0.0004	51.73	5.617E+00	8.309E-02
33613.652	6.346E-03	0.0306	0.0004	52.36	5.730E+00	8.397E-02
33954.035	6.283E-03	0.0309	0.0004	52.96	5.879E+00	8.548E-02
34292.328	6.221E-03	0.0312	0.0003	53.48	6.140E+00	8.861E-02
34636.160	6.159E-03	0.0315	0.0003	54.00	6.546E+00	9.363E-02
34982.348	6.098E-03	0.0319	0.0004	54.63	6.653E+00	9.429E-02
35319.191	6.040E-03	0.0323	0.0004	55.35	7.063E+00	9.918E-02
35659.758	5.982E-03	0.0328	0.0005	56.16	7.465E+00	1.038E-01
36006.945	5.924E-03	0.0333	0.0005	57.05	7.803E+00	1.074E-01
36339.797	5.870E-03	0.0338	0.0005	57.94	8.312E+00	1.132E-01
36679.547	5.816E-03	0.0342	0.0004	58.66	8.885E+00	1.198E-01
37003.965	5.765E-03	0.0348	0.0005	59.52	9.314E+00	1.243E-01
37329.203	5.715E-03	0.0353	0.0005	60.38	9.749E+00	1.289E-01
37656.066	5.665E-03	0.0357	0.0005	61.16	1.001E+01	1.312E-01
37972.496	5.618E-03	0.0362	0.0005	62.00	1.016E+01	1.318E-01
38274.055	5.574E-03	0.0367	0.0005	62.83	1.026E+01	1.321E-01
38559.914	5.532E-03	0.0371	0.0004	63.58	1.076E+01	1.375E-01
38845.410	5.492E-03	0.0376	0.0005	64.41	1.103E+01	1.400E-01
39130.727	5.452E-03	0.0380	0.0004	65.16	1.132E+01	1.426E-01
39396.535	5.415E-03	0.0384	0.0004	65.82	1.172E+01	1.465E-01
39661.441	5.379E-03	0.0388	0.0004	66.48	1.197E+01	1.486E-01
39906.016	5.346E-03	0.0393	0.0004	67.23	1.216E+01	1.501E-01
40149.246	5.313E-03	0.0397	0.0004	67.95	1.226E+01	1.504E-01
40390.559	5.281E-03	0.0401	0.0004	68.67	1.194E+01	1.455E-01
40630.785	5.250E-03	0.0405	0.0004	69.39	1.193E+01	1.444E-01
40871.379	5.219E-03	0.0409	0.0004	70.08	1.180E+01	1.419E-01
41112.969	5.189E-03	0.0413	0.0004	70.77	1.181E+01	1.411E-01
41354.828	5.158E-03	0.0417	0.0004	71.37	1.141E+01	1.355E-01
41598.410	5.128E-03	0.0419	0.0003	71.81	1.085E+01	1.280E-01
41843.719	5.098E-03	0.0422	0.0003	72.35	1.050E+01	1.232E-01
42093.109	5.068E-03	0.0425	0.0003	72.81	1.012E+01	1.181E-01
42344.312	5.038E-03	0.0428	0.0003	73.36	9.885E+00	1.148E-01
42600.422	5.008E-03	0.0431	0.0003	73.82	9.792E+00	1.132E-01
42858.973	4.977E-03	0.0433	0.0002	74.17	9.763E+00	1.123E-01
43120.879	4.947E-03	0.0436	0.0003	74.65	1.007E+01	1.152E-01
43385.238	4.917E-03	0.0439	0.0003	75.14	1.028E+01	1.169E-01
43650.414	4.887E-03	0.0442	0.0003	75.69	1.067E+01	1.207E-01

EK-6 (Devam) Civa Porozimetrosi gözeneklilik verileri

43915.859	4.858E-03	0.0446	0.0004	76.32	1.102E+01	1.240E-01
44180.770	4.828E-03	0.0449	0.0003	76.90	1.155E+01	1.292E-01
44444.766	4.800E-03	0.0452	0.0003	77.47	1.248E+01	1.386E-01
44707.219	4.772E-03	0.0456	0.0004	78.11	1.289E+01	1.422E-01
44969.766	4.744E-03	0.0460	0.0004	78.74	1.353E+01	1.484E-01
45231.949	4.716E-03	0.0464	0.0004	79.43	1.380E+01	1.504E-01
45495.492	4.689E-03	0.0468	0.0004	80.12	1.396E+01	1.513E-01
45759.215	4.662E-03	0.0472	0.0005	80.90	1.423E+01	1.532E-01
46023.848	4.635E-03	0.0476	0.0004	81.53	1.477E+01	1.581E-01
46288.566	4.609E-03	0.0480	0.0004	82.28	1.485E+01	1.580E-01
46553.109	4.582E-03	0.0484	0.0004	82.88	1.522E+01	1.610E-01
46817.836	4.556E-03	0.0488	0.0004	83.52	1.537E+01	1.616E-01
47084.371	4.531E-03	0.0491	0.0004	84.15	1.552E+01	1.624E-01
47352.809	4.505E-03	0.0496	0.0005	84.92	1.550E+01	1.614E-01
47622.340	4.479E-03	0.0499	0.0004	85.53	1.591E+01	1.647E-01
47890.414	4.454E-03	0.0504	0.0004	86.28	1.584E+01	1.630E-01
48158.402	4.430E-03	0.0508	0.0004	86.97	1.607E+01	1.644E-01
48425.027	4.405E-03	0.0512	0.0004	87.66	1.600E+01	1.626E-01
48691.566	4.381E-03	0.0516	0.0004	88.35	1.612E+01	1.629E-01
48958.285	4.357E-03	0.0520	0.0004	89.10	1.574E+01	1.582E-01
49224.188	4.334E-03	0.0524	0.0004	89.73	1.575E+01	1.572E-01
49490.453	4.310E-03	0.0528	0.0004	90.36	1.525E+01	1.514E-01
49756.172	4.287E-03	0.0531	0.0003	90.88	1.466E+01	1.447E-01
50021.074	4.265E-03	0.0534	0.0004	91.48	1.417E+01	1.391E-01
50284.801	4.242E-03	0.0537	0.0003	92.00	1.346E+01	1.313E-01
50549.250	4.220E-03	0.0540	0.0003	92.52	1.265E+01	1.229E-01
50821.598	4.197E-03	0.0543	0.0003	92.98	1.209E+01	1.168E-01
51098.562	4.175E-03	0.0545	0.0002	93.35	1.178E+01	1.133E-01
51379.074	4.152E-03	0.0548	0.0003	93.79	1.171E+01	1.121E-01
51663.574	4.129E-03	0.0550	0.0002	94.13	1.122E+01	1.068E-01
51949.523	4.106E-03	0.0552	0.0002	94.50	1.117E+01	1.059E-01
52239.102	4.084E-03	0.0554	0.0002	94.88	1.094E+01	1.032E-01
52529.773	4.061E-03	0.0557	0.0003	95.37	1.097E+01	1.030E-01
52826.062	4.038E-03	0.0560	0.0003	95.86	1.138E+01	1.063E-01
53126.887	4.015E-03	0.0562	0.0002	96.26	1.157E+01	1.075E-01
53431.621	3.992E-03	0.0565	0.0003	96.78	1.374E+01	1.272E-01
53739.656	3.970E-03	0.0568	0.0003	97.22	1.426E+01	1.309E-01
54043.375	3.947E-03	0.0570	0.0003	97.69	1.488E+01	1.353E-01
54346.176	3.925E-03	0.0574	0.0003	98.23	1.524E+01	1.375E-01
54657.199	3.903E-03	0.0576	0.0003	98.73	1.570E+01	1.404E-01
54966.887	3.881E-03	0.0584	0.0007	100.00	1.669E+01	1.479E-01

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

Porosity Summary

Sample (bulk) volume = 0.4504 [cc]
Interparticle filling pressure limit = 50.0000 [PSIA]
Interparticle filling poresize limit = 4266.4438 [nm]

Intruded volume (interparticle) = 0.0015 [cc]
Total interparticle porosity = 0.3337 [%]

Intruded volume (intraparticle) = 0.0319 [cc]
Total intraparticle porosity = 7.0906 [%]

Total intruded volume = 0.0334 [cc]
Total porosity = 7.4243 [%]

EK-6 (Devam) Civa Porozimetrosi gözeneklilik verileri

SAMPLE ID SBO FILE NAME AC-SBO.prm
 SAMPLE WEIGHT 0.5935 grams BULK SAMPLE VOLUME 0.4984 cc
 SAMPLE DESCRIPTION A.CELIK
 COMMENTS LP STATION 1
 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 E.DENIZ Mercury volume normalized by sample
 weight.

Pore Size Distribution By Volume - Intrusion

Printing every data point.

Pressure	Pore	Volume	Delta	% Volume	Dv(Diameter)	
[PSI]	Diameter	Intruded	Volume	Intruded		
	[µm]	[cc/g]	[cc/g]	%	[cc/(µm-g)]	[cc/g]
20.050	1.064E+01	0.0000	0.0000	0.00	2.286E-05	1.337E-03
39.568	5.391E+00	0.0011	0.0011	3.16	4.496E-05	1.544E-03
108.870	1.959E+00	0.0018	0.0006	4.97	2.470E-04	1.498E-03
195.881	1.089E+00	0.0020	0.0003	5.75	9.361E-04	1.477E-03
290.790	7.336E-01	0.0022	0.0002	6.18	2.149E-03	1.329E-03
392.736	5.432E-01	0.0023	0.0001	6.45	3.853E-03	1.208E-03
482.565	4.421E-01	0.0026	0.0002	7.15	6.319E-03	1.208E-03
582.056	3.665E-01	0.0026	0.0001	7.42	2.384E-03	8.617E-04
689.288	3.095E-01	0.0027	0.0001	7.69	1.792E-03	7.279E-04
797.789	2.674E-01	0.0027	0.0000	7.69	1.856E-03	8.097E-04
908.287	2.349E-01	0.0027	0.0000	7.69	2.143E-03	9.229E-04
1019.601	2.092E-01	0.0027	0.0000	7.69	2.613E-03	1.064E-03
1133.092	1.883E-01	0.0027	0.0000	7.69	2.209E-03	1.037E-03
1248.488	1.709E-01	0.0027	0.0000	7.69	2.511E-03	1.170E-03
1364.611	1.563E-01	0.0028	0.0001	7.91	2.840E-03	1.306E-03
1481.912	1.440E-01	0.0029	0.0001	8.12	3.923E-03	1.576E-03
1599.849	1.333E-01	0.0030	0.0001	8.34	5.245E-03	1.862E-03
1717.876	1.242E-01	0.0031	0.0001	8.55	6.819E-03	2.160E-03
1836.720	1.161E-01	0.0031	0.0001	8.77	8.679E-03	2.475E-03
1956.108	1.091E-01	0.0032	0.0001	8.98	1.085E-02	2.804E-03
2076.041	1.028E-01	0.0033	0.0001	9.20	1.111E-02	2.623E-03
2196.154	9.713E-02	0.0034	0.0001	9.41	1.120E-02	2.428E-03
2317.719	9.204E-02	0.0034	0.0001	9.63	1.109E-02	2.219E-03
2438.922	8.747E-02	0.0035	0.0001	9.84	1.075E-02	1.993E-03

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

2561.032	8.330E-02	0.0036	0.0001	10.06	1.016E-02	1.753E-03
2683.958	7.948E-02	0.0036	0.0000	10.06	9.296E-03	1.498E-03
2807.701	7.598E-02	0.0036	0.0000	10.06	8.135E-03	1.228E-03
2931.897	7.276E-02	0.0036	0.0000	10.06	6.644E-03	9.421E-04
3058.633	6.974E-02	0.0036	0.0000	10.06	4.824E-03	6.440E-04
3184.462	6.699E-02	0.0036	0.0000	10.06	2.610E-03	3.288E-04
3311.199	6.442E-02	0.0036	0.0000	10.06	0.000E+00	0.000E+00
3439.387	6.202E-02	0.0036	0.0000	10.06	2.813E-03	4.886E-04
3568.663	5.978E-02	0.0036	0.0000	10.06	6.069E-03	9.944E-04
3699.119	5.767E-02	0.0036	0.0000	10.06	9.676E-03	1.497E-03
3830.845	5.569E-02	0.0036	0.0000	10.06	1.375E-02	2.014E-03
3963.207	5.383E-02	0.0036	0.0000	10.06	1.828E-02	2.539E-03
4095.658	5.208E-02	0.0037	0.0001	10.27	2.324E-02	3.066E-03
4227.838	5.046E-02	0.0037	0.0001	10.49	2.873E-02	3.608E-03
4365.007	4.887E-02	0.0038	0.0001	10.70	3.470E-02	4.152E-03
4502.903	4.737E-02	0.0039	0.0001	10.92	4.130E-02	4.711E-03
4642.703	4.595E-02	0.0040	0.0001	11.14	4.850E-02	5.280E-03
4786.404	4.457E-02	0.0040	0.0001	11.35	5.632E-02	5.854E-03
4930.377	4.327E-02	0.0041	0.0001	11.57	5.398E-02	5.366E-03
5078.161	4.201E-02	0.0042	0.0001	11.78	5.107E-02	4.860E-03
5226.398	4.082E-02	0.0043	0.0001	12.00	5.352E-02	4.982E-03
5375.905	3.968E-02	0.0044	0.0001	12.21	5.600E-02	5.102E-03
5528.406	3.859E-02	0.0044	0.0001	12.43	5.860E-02	5.226E-03
5681.996	3.754E-02	0.0044	0.0000	12.43	6.145E-02	5.363E-03
5836.584	3.655E-02	0.0044	0.0000	12.43	6.418E-02	5.482E-03
5988.450	3.562E-02	0.0045	0.0001	12.64	6.724E-02	5.627E-03
6141.495	3.473E-02	0.0046	0.0001	12.86	7.022E-02	5.762E-03
6295.357	3.389E-02	0.0047	0.0001	13.07	7.314E-02	5.884E-03
6449.582	3.308E-02	0.0047	0.0001	13.29	7.641E-02	6.031E-03
6608.252	3.228E-02	0.0048	0.0001	13.50	8.891E-02	6.765E-03
6764.019	3.154E-02	0.0049	0.0001	13.72	1.115E-01	8.264E-03
6922.598	3.082E-02	0.0050	0.0001	13.93	1.160E-01	8.382E-03
7085.261	3.011E-02	0.0050	0.0001	14.15	1.207E-01	8.507E-03
7245.020	2.944E-02	0.0051	0.0001	14.36	1.256E-01	8.634E-03
7405.322	2.881E-02	0.0052	0.0001	14.58	1.307E-01	8.776E-03
7565.716	2.820E-02	0.0054	0.0002	15.01	1.364E-01	8.952E-03
7730.917	2.759E-02	0.0054	0.0001	15.22	1.420E-01	9.104E-03
7895.847	2.702E-02	0.0055	0.0001	15.44	1.479E-01	9.263E-03
8060.777	2.646E-02	0.0056	0.0001	15.65	1.545E-01	9.463E-03
8223.166	2.594E-02	0.0057	0.0001	15.87	1.608E-01	9.633E-03
8382.472	2.545E-02	0.0057	0.0001	16.08	1.672E-01	9.810E-03
8544.045	2.497E-02	0.0058	0.0001	16.30	1.445E-01	8.311E-03
8706.616	2.450E-02	0.0059	0.0001	16.51	1.507E-01	8.524E-03
8864.923	2.406E-02	0.0060	0.0001	16.73	1.569E-01	8.728E-03
9026.313	2.363E-02	0.0060	0.0001	16.95	1.631E-01	8.924E-03

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

9186.890	2.322E-02	0.0061	0.0001	17.16	1.861E-01	1.010E-02
9348.554	2.282E-02	0.0061	0.0000	17.16	2.098E-01	1.126E-02
9506.860	2.244E-02	0.0062	0.0001	17.38	2.758E-01	1.476E-02
9666.438	2.207E-02	0.0063	0.0001	17.59	3.481E-01	1.842E-02
9827.286	2.171E-02	0.0063	0.0001	17.81	4.588E-01	2.400E-02
9987.951	2.136E-02	0.0065	0.0002	18.24	5.789E-01	2.979E-02
10149.525	2.102E-02	0.0067	0.0002	18.67	7.043E-01	3.556E-02
10310.735	2.069E-02	0.0070	0.0003	19.58	8.582E-01	4.234E-02
10467.681	2.038E-02	0.0073	0.0003	20.50	9.759E-01	4.713E-02
10624.810	2.008E-02	0.0078	0.0005	21.79	1.100E+00	5.201E-02
10779.216	1.979E-02	0.0082	0.0005	23.08	1.230E+00	5.700E-02
10935.800	1.951E-02	0.0087	0.0005	24.37	1.316E+00	5.975E-02
11092.383	1.923E-02	0.0092	0.0005	25.66	1.406E+00	6.258E-02
11248.422	1.896E-02	0.0095	0.0004	26.74	1.383E+00	6.034E-02
11404.188	1.871E-02	0.0099	0.0004	27.81	1.354E+00	5.792E-02
11558.685	1.846E-02	0.0103	0.0004	28.89	1.226E+00	5.145E-02
11716.811	1.821E-02	0.0106	0.0003	29.75	1.088E+00	4.477E-02
11873.575	1.797E-02	0.0109	0.0003	30.61	9.431E-01	3.809E-02
12034.422	1.773E-02	0.0111	0.0001	30.99	7.896E-01	3.131E-02
12196.994	1.749E-02	0.0112	0.0001	31.36	6.573E-01	2.556E-02
12362.738	1.726E-02	0.0112	0.0000	31.36	5.170E-01	1.972E-02
12531.390	1.702E-02	0.0112	0.0000	31.36	3.672E-01	1.375E-02
12700.493	1.680E-02	0.0112	0.0000	31.36	2.455E-01	9.020E-03
12869.957	1.658E-02	0.0112	0.0000	31.36	1.157E-01	4.185E-03
13041.963	1.636E-02	0.0112	0.0000	31.36	5.911E-02	2.096E-03
13217.056	1.614E-02	0.0112	0.0000	31.36	3.124E-02	1.248E-03
13394.504	1.593E-02	0.0112	0.0000	31.36	6.435E-02	2.520E-03
13570.410	1.572E-02	0.0112	0.0000	31.36	9.927E-02	3.810E-03
13752.487	1.551E-02	0.0112	0.0000	31.36	1.357E-01	5.103E-03
13931.568	1.531E-02	0.0112	0.0000	31.36	1.729E-01	6.373E-03
14112.012	1.512E-02	0.0113	0.0001	31.58	2.112E-01	7.633E-03
14291.457	1.493E-02	0.0113	0.0001	31.79	2.504E-01	8.877E-03
14470.538	1.474E-02	0.0114	0.0001	32.01	2.913E-01	1.013E-02
14651.435	1.456E-02	0.0115	0.0001	32.22	3.338E-01	1.140E-02
14837.866	1.438E-02	0.0116	0.0001	32.44	3.789E-01	1.270E-02
15028.287	1.419E-02	0.0116	0.0001	32.65	4.260E-01	1.401E-02
15223.609	1.401E-02	0.0117	0.0001	32.87	3.957E-01	1.276E-02
15419.656	1.383E-02	0.0118	0.0001	33.08	3.632E-01	1.149E-02
15616.429	1.366E-02	0.0119	0.0001	33.30	3.286E-01	1.020E-02
15810.662	1.349E-02	0.0120	0.0001	33.52	2.923E-01	8.906E-03
16005.710	1.333E-02	0.0120	0.0001	33.73	2.552E-01	7.636E-03
16205.749	1.316E-02	0.0120	0.0000	33.73	2.170E-01	6.376E-03
16407.057	1.300E-02	0.0120	0.0000	33.73	2.295E-01	6.784E-03
16610.180	1.284E-02	0.0120	0.0000	33.73	2.413E-01	7.162E-03
16817.111	1.268E-02	0.0120	0.0000	33.73	3.145E-01	9.444E-03

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

17028.855	1.253E-02	0.0120	0.0000	33.73	4.581E-01	1.382E-02
17240.961	1.237E-02	0.0120	0.0000	33.73	6.029E-01	1.808E-02
17451.705	1.222E-02	0.0121	0.0001	34.00	8.060E-01	2.375E-02
17667.438	1.207E-02	0.0122	0.0001	34.27	1.024E+00	2.966E-02
17888.611	1.193E-02	0.0124	0.0002	34.86	1.249E+00	3.552E-02
18117.773	1.177E-02	0.0128	0.0003	35.83	1.485E+00	4.146E-02
18354.461	1.162E-02	0.0131	0.0003	36.80	1.735E+00	4.752E-02
18589.789	1.148E-02	0.0135	0.0003	37.76	1.993E+00	5.353E-02
18818.768	1.134E-02	0.0138	0.0003	38.73	2.129E+00	5.616E-02
19052.012	1.120E-02	0.0142	0.0003	39.70	2.268E+00	5.877E-02
19285.344	1.106E-02	0.0145	0.0003	40.67	2.259E+00	5.749E-02
19516.682	1.093E-02	0.0148	0.0003	41.64	2.072E+00	5.181E-02
19752.826	1.080E-02	0.0152	0.0003	42.60	1.883E+00	4.625E-02
19995.232	1.067E-02	0.0154	0.0002	43.30	1.682E+00	4.057E-02
20242.537	1.054E-02	0.0157	0.0002	44.00	1.463E+00	3.467E-02
20494.920	1.041E-02	0.0158	0.0001	44.38	1.238E+00	2.880E-02
20749.936	1.028E-02	0.0158	0.0000	44.38	1.001E+00	2.287E-02
21008.217	1.015E-02	0.0158	0.0000	44.38	7.489E-01	1.680E-02
21274.664	1.003E-02	0.0158	0.0000	44.38	4.894E-01	1.080E-02
21558.256	9.895E-03	0.0158	0.0000	44.38	3.506E-01	7.730E-03
21847.836	9.764E-03	0.0158	0.0000	44.38	2.082E-01	4.705E-03
22143.492	9.634E-03	0.0158	0.0000	44.38	2.072E-01	4.896E-03
22444.320	9.505E-03	0.0158	0.0000	44.38	3.185E-01	7.382E-03
22746.691	9.378E-03	0.0158	0.0000	44.38	4.357E-01	9.903E-03
23049.697	9.255E-03	0.0159	0.0001	44.60	5.585E-01	1.244E-02
23354.789	9.134E-03	0.0160	0.0001	44.81	6.869E-01	1.501E-02
23661.789	9.015E-03	0.0161	0.0002	45.24	8.210E-01	1.758E-02
23969.512	8.900E-03	0.0163	0.0002	45.67	9.608E-01	2.018E-02
24276.963	8.787E-03	0.0164	0.0002	46.10	1.167E+00	2.411E-02
24585.867	8.677E-03	0.0166	0.0002	46.53	1.382E+00	2.806E-02
24896.131	8.568E-03	0.0167	0.0002	46.96	1.539E+00	3.082E-02
25208.301	8.462E-03	0.0169	0.0002	47.39	1.783E+00	3.527E-02
25522.102	8.358E-03	0.0171	0.0002	47.82	1.913E+00	3.737E-02
25836.900	8.256E-03	0.0173	0.0002	48.47	2.131E+00	4.120E-02
26154.336	8.156E-03	0.0175	0.0002	49.11	2.371E+00	4.530E-02
26473.398	8.058E-03	0.0177	0.0002	49.76	2.623E+00	4.949E-02
26794.096	7.962E-03	0.0181	0.0003	50.67	2.886E+00	5.370E-02
27102.000	7.871E-03	0.0183	0.0002	51.37	3.159E+00	5.796E-02
27396.932	7.786E-03	0.0186	0.0003	52.29	3.436E+00	6.221E-02
27680.795	7.707E-03	0.0190	0.0003	53.20	3.554E+00	6.354E-02
27963.025	7.629E-03	0.0193	0.0003	54.12	3.673E+00	6.488E-02
28245.982	7.552E-03	0.0196	0.0003	55.03	3.705E+00	6.459E-02
28529.664	7.477E-03	0.0200	0.0003	55.95	3.522E+00	6.057E-02
28815.346	7.403E-03	0.0203	0.0003	56.86	3.397E+00	5.758E-02
29102.564	7.330E-03	0.0205	0.0002	57.56	3.070E+00	5.127E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

29391.330	7.258E-03	0.0208	0.0002	58.26	2.712E+00	4.465E-02
29681.270	7.187E-03	0.0209	0.0002	58.74	2.553E+00	4.171E-02
29972.299	7.117E-03	0.0210	0.0001	58.96	2.396E+00	3.891E-02
30278.936	7.045E-03	0.0211	0.0001	59.17	2.243E+00	3.627E-02
30601.174	6.971E-03	0.0211	0.0000	59.17	2.100E+00	3.384E-02
30939.107	6.895E-03	0.0211	0.0000	59.17	2.076E+00	3.327E-02
31268.605	6.822E-03	0.0213	0.0002	59.71	2.064E+00	3.294E-02
31585.312	6.754E-03	0.0215	0.0002	60.25	2.179E+00	3.452E-02
31889.588	6.689E-03	0.0217	0.0002	60.79	2.454E+00	3.844E-02
32180.350	6.629E-03	0.0219	0.0002	61.32	2.761E+00	4.276E-02
32456.686	6.573E-03	0.0221	0.0002	61.86	3.203E+00	4.897E-02
32720.773	6.519E-03	0.0223	0.0002	62.40	3.647E+00	5.505E-02
32971.066	6.470E-03	0.0224	0.0002	62.94	3.437E+00	5.126E-02
33209.754	6.423E-03	0.0226	0.0002	63.48	3.206E+00	4.728E-02
33436.648	6.380E-03	0.0228	0.0002	64.01	3.113E+00	4.554E-02
33653.469	6.339E-03	0.0230	0.0002	64.55	2.989E+00	4.340E-02
33876.367	6.297E-03	0.0232	0.0002	65.09	2.841E+00	4.097E-02
34119.227	6.252E-03	0.0232	0.0000	65.09	2.673E+00	3.829E-02
34382.766	6.204E-03	0.0232	0.0000	65.09	2.480E+00	3.527E-02
34666.629	6.154E-03	0.0233	0.0001	65.36	2.443E+00	3.463E-02
34972.543	6.100E-03	0.0234	0.0001	65.63	2.382E+00	3.367E-02
35284.078	6.046E-03	0.0235	0.0001	65.90	2.298E+00	3.240E-02
35598.602	5.992E-03	0.0236	0.0001	66.17	2.240E+00	3.156E-02
35918.309	5.939E-03	0.0237	0.0001	66.44	2.669E+00	3.713E-02
36241.719	5.886E-03	0.0239	0.0002	67.03	3.284E+00	4.519E-02
36567.863	5.834E-03	0.0241	0.0002	67.62	3.803E+00	5.188E-02
36895.816	5.782E-03	0.0243	0.0002	68.21	4.632E+00	6.268E-02
37208.441	5.733E-03	0.0245	0.0002	68.80	5.499E+00	7.369E-02
37504.551	5.688E-03	0.0247	0.0002	69.39	6.406E+00	8.501E-02
37786.238	5.645E-03	0.0250	0.0003	70.20	7.353E+00	9.663E-02
38052.594	5.606E-03	0.0253	0.0003	71.06	7.812E+00	1.018E-01
38298.629	5.570E-03	0.0257	0.0004	72.19	8.282E+00	1.070E-01
38542.664	5.535E-03	0.0261	0.0004	73.32	8.760E+00	1.123E-01
38782.715	5.500E-03	0.0266	0.0004	74.45	9.234E+00	1.174E-01
39019.129	5.467E-03	0.0270	0.0004	75.58	9.692E+00	1.223E-01
39253.820	5.434E-03	0.0272	0.0003	76.39	9.738E+00	1.219E-01
39487.246	5.402E-03	0.0275	0.0003	77.19	9.368E+00	1.163E-01
39720.578	5.371E-03	0.0278	0.0003	78.00	8.385E+00	1.032E-01
39951.465	5.340E-03	0.0281	0.0003	78.81	7.367E+00	8.994E-02
40182.438	5.309E-03	0.0284	0.0003	79.62	6.305E+00	7.636E-02
40414.047	5.278E-03	0.0286	0.0002	80.21	5.198E+00	6.248E-02
40645.742	5.248E-03	0.0287	0.0001	80.48	4.400E+00	5.244E-02
40882.070	5.218E-03	0.0287	0.0000	80.48	3.578E+00	4.228E-02
41123.027	5.187E-03	0.0287	0.0000	80.48	2.736E+00	3.205E-02
41369.152	5.157E-03	0.0287	0.0000	80.48	2.183E+00	2.557E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

41620.355	5.125E-03	0.0287	0.0000	80.48	1.616E+00	1.903E-02
41873.922	5.094E-03	0.0287	0.0000	80.48	1.283E+00	1.528E-02
42130.297	5.063E-03	0.0287	0.0000	80.48	1.315E+00	1.571E-02
42387.941	5.033E-03	0.0287	0.0000	80.48	1.662E+00	1.968E-02
42649.578	5.002E-03	0.0288	0.0001	80.80	2.019E+00	2.368E-02
42912.668	4.971E-03	0.0289	0.0001	81.12	2.946E+00	3.436E-02
43176.117	4.941E-03	0.0290	0.0001	81.44	3.900E+00	4.516E-02
43440.027	4.911E-03	0.0292	0.0001	81.77	4.885E+00	5.610E-02
43704.566	4.881E-03	0.0293	0.0001	82.09	6.126E+00	6.983E-02
43968.562	4.852E-03	0.0294	0.0001	82.41	7.403E+00	8.371E-02
44233.828	4.823E-03	0.0297	0.0003	83.27	7.985E+00	8.961E-02
44497.641	4.794E-03	0.0300	0.0003	84.13	8.576E+00	9.552E-02
44759.465	4.766E-03	0.0303	0.0003	84.99	9.180E+00	1.015E-01
45022.098	4.738E-03	0.0307	0.0004	86.07	9.790E+00	1.074E-01
45283.285	4.711E-03	0.0311	0.0004	87.14	1.041E+01	1.134E-01
45543.285	4.684E-03	0.0313	0.0003	87.90	1.104E+01	1.193E-01
45804.473	4.657E-03	0.0316	0.0003	88.65	1.040E+01	1.115E-01
46065.566	4.631E-03	0.0319	0.0003	89.40	9.731E+00	1.035E-01
46328.746	4.605E-03	0.0322	0.0003	90.16	9.293E+00	9.818E-02
46591.836	4.579E-03	0.0324	0.0003	90.91	8.316E+00	8.730E-02
46856.465	4.553E-03	0.0327	0.0003	91.66	7.306E+00	7.624E-02
47121.371	4.527E-03	0.0328	0.0001	91.88	6.680E+00	6.925E-02
47389.547	4.501E-03	0.0328	0.0001	92.09	6.044E+00	6.227E-02
47659.891	4.476E-03	0.0330	0.0002	92.52	5.391E+00	5.523E-02
47930.414	4.451E-03	0.0331	0.0001	92.74	4.730E+00	4.823E-02
48203.574	4.425E-03	0.0331	0.0001	92.95	4.054E+00	4.118E-02
48478.727	4.400E-03	0.0332	0.0001	93.17	3.644E+00	3.705E-02
48753.160	4.376E-03	0.0333	0.0001	93.38	3.955E+00	4.004E-02
49028.586	4.351E-03	0.0334	0.0001	93.60	4.276E+00	4.307E-02
49304.191	4.327E-03	0.0335	0.0001	93.81	4.024E+00	4.035E-02
49579.801	4.303E-03	0.0335	0.0001	94.03	4.063E+00	4.046E-02
49855.414	4.279E-03	0.0337	0.0002	94.46	4.471E+00	4.432E-02
50130.660	4.255E-03	0.0338	0.0002	94.89	4.889E+00	4.822E-02
50406.449	4.232E-03	0.0340	0.0002	95.32	5.315E+00	5.212E-02
50683.598	4.209E-03	0.0341	0.0001	95.54	5.737E+00	5.593E-02
50960.387	4.186E-03	0.0341	0.0001	95.75	6.156E+00	5.965E-02
51236.449	4.163E-03	0.0343	0.0002	96.24	6.575E+00	6.330E-02
51512.785	4.141E-03	0.0345	0.0002	96.72	6.387E+00	6.111E-02
51789.203	4.119E-03	0.0347	0.0002	97.20	6.188E+00	5.885E-02
52070.988	4.097E-03	0.0348	0.0002	97.69	6.292E+00	5.957E-02
52357.750	4.074E-03	0.0350	0.0002	98.17	6.494E+00	6.105E-02
52648.059	4.052E-03	0.0352	0.0002	98.66	6.241E+00	5.810E-02
52941.629	4.029E-03	0.0353	0.0001	98.92	5.568E+00	5.141E-02
53239.551	4.007E-03	0.0354	0.0001	99.19	4.880E+00	4.469E-02
53529.395	3.985E-03	0.0355	0.0002	99.67	4.593E+00	4.173E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

53828.332	3.963E-03	0.0357	0.0001	100.00	4.240E+00	3.823E-02
54147.469	3.940E-03	0.0357	0.0000	100.00	3.797E+00	3.396E-02
54465.672	3.917E-03	0.0357	0.0000	100.00	3.217E+00	2.854E-02
54785.340	3.894E-03	0.0357	0.0000	100.00	3.035E+00	2.668E-02

Porosity Summary

Sample (bulk) volume = 0.4984 [cc]
 Interparticle filling pressure limit = 50.0000 [PSIA]
 Interparticle filling poresize limit = 4266.4438 [nm]

Intruded volume (interparticle) = 0.0010 [cc]
 Total interparticle porosity = 0.2010 [%]

Intruded volume (intraparticle) = 0.0185 [cc]
 Total intraparticle porosity = 3.7189 [%]

Total intruded volume = 0.0195 [cc]
 Total porosity = 3.9199 [%]

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

SAMPLE ID SBF FILE NAME AC-SBF.prm
 SAMPLE WEIGHT 0.4618 grams BULK SAMPLE VOLUME 0.4390 cc
 SAMPLE DESCRIPTION A.CELIK
 COMMENTS LP STATION 1
 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 E.DENIZ Mercury volume normalized by sample
 weight.

Pore Size Distribution By Volume - Intrusion

Printing every data point.

Pressure [PSI]	Pore Diameter [μm]	Volume Intruded [cc/g]	Delta Volume [cc/g]	% Volume Intruded %	Dv(Diameter) [cc/(μm-g)]	er) [cc/g]
20.000	1.067E+01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
23.992	8.891E+00	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
58.610	3.640E+00	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
130.755	1.631E+00	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
216.519	9.852E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
310.196	6.877E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
390.414	5.464E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
480.145	4.443E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
579.334	3.682E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
686.203	3.109E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
794.523	2.685E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
904.749	2.358E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1016.244	2.099E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1129.554	1.889E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1243.952	1.715E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1359.258	1.569E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1476.741	1.445E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1595.040	1.337E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1714.156	1.244E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1834.452	1.163E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1955.019	1.091E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2076.766	1.027E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2199.330	9.699E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2322.528	9.185E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2446.543	8.719E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2572.009	8.294E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

2697.566	7.908E-02	0.0000	0.0000	0.00	5.683E-04	1.313E-04
2822.216	7.559E-02	0.0000	0.0000	0.00	1.241E-03	2.664E-04
2947.047	7.239E-02	0.0000	0.0000	0.00	2.028E-03	4.063E-04
3073.330	6.941E-02	0.0000	0.0000	0.00	2.934E-03	5.498E-04
3200.974	6.664E-02	0.0000	0.0000	0.00	3.966E-03	6.971E-04
3329.071	6.408E-02	0.0000	0.0000	0.10	5.144E-03	8.502E-04
3458.438	6.168E-02	0.0000	0.0000	0.20	6.462E-03	1.006E-03
3588.168	5.945E-02	0.0001	0.0000	0.30	7.929E-03	1.166E-03
3719.260	5.736E-02	0.0001	0.0000	0.39	9.533E-03	1.326E-03
3851.620	5.539E-02	0.0001	0.0000	0.49	1.131E-02	1.491E-03
3983.438	5.355E-02	0.0001	0.0000	0.59	1.327E-02	1.660E-03
4116.978	5.182E-02	0.0002	0.0000	0.69	1.406E-02	1.702E-03
4252.061	5.017E-02	0.0002	0.0000	0.79	1.489E-02	1.745E-03
4391.135	4.858E-02	0.0002	0.0000	0.89	1.574E-02	1.787E-03
4530.300	4.709E-02	0.0002	0.0000	0.99	1.661E-02	1.826E-03
4670.191	4.568E-02	0.0003	0.0000	1.08	1.753E-02	1.868E-03
4811.262	4.434E-02	0.0003	0.0000	1.18	1.843E-02	1.907E-03
4952.423	4.307E-02	0.0003	0.0000	1.28	1.937E-02	1.946E-03
5094.945	4.187E-02	0.0003	0.0000	1.38	2.033E-02	1.986E-03
5240.370	4.071E-02	0.0004	0.0000	1.48	2.143E-02	2.036E-03
5385.159	3.961E-02	0.0004	0.0000	1.58	2.251E-02	2.079E-03
5531.945	3.856E-02	0.0004	0.0000	1.68	2.361E-02	2.123E-03
5679.274	3.756E-02	0.0004	0.0000	1.78	2.257E-02	1.950E-03
5827.693	3.660E-02	0.0005	0.0000	1.87	2.131E-02	1.772E-03
5973.027	3.571E-02	0.0005	0.0000	1.97	1.985E-02	1.590E-03
6122.353	3.484E-02	0.0005	0.0000	2.07	1.822E-02	1.407E-03
6272.042	3.401E-02	0.0005	0.0000	2.17	1.903E-02	1.457E-03
6422.456	3.322E-02	0.0005	0.0000	2.17	1.989E-02	1.508E-03
6575.864	3.244E-02	0.0005	0.0000	2.17	2.077E-02	1.559E-03
6728.457	3.170E-02	0.0005	0.0000	2.17	2.163E-02	1.606E-03
6879.053	3.101E-02	0.0005	0.0000	2.17	2.234E-02	1.642E-03
7030.375	3.034E-02	0.0006	0.0000	2.27	2.318E-02	1.687E-03
7182.422	2.970E-02	0.0006	0.0000	2.37	2.405E-02	1.734E-03
7334.922	2.908E-02	0.0006	0.0000	2.47	2.860E-02	1.997E-03
7490.961	2.848E-02	0.0006	0.0000	2.57	3.354E-02	2.269E-03
7651.264	2.788E-02	0.0007	0.0000	2.67	3.881E-02	2.543E-03
7809.299	2.732E-02	0.0007	0.0000	2.77	4.436E-02	2.816E-03
7966.972	2.678E-02	0.0007	0.0000	2.87	4.184E-02	2.577E-03
8125.822	2.625E-02	0.0007	0.0000	2.97	3.904E-02	2.335E-03
8282.315	2.576E-02	0.0008	0.0000	3.06	3.591E-02	2.088E-03
8440.712	2.527E-02	0.0008	0.0000	3.16	3.257E-02	1.841E-03
8602.922	2.480E-02	0.0008	0.0000	3.26	2.904E-02	1.596E-03
8765.855	2.434E-02	0.0008	0.0000	3.26	2.512E-02	1.342E-03
8932.328	2.388E-02	0.0008	0.0000	3.26	2.083E-02	1.082E-03
9099.071	2.344E-02	0.0008	0.0000	3.26	2.143E-02	1.129E-03

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

9263.821	2.303E-02	0.0008	0.0000	3.26	4.328E-02	2.415E-03
9425.575	2.263E-02	0.0008	0.0000	3.26	7.237E-02	4.048E-03
9588.327	2.225E-02	0.0008	0.0000	3.26	1.041E-01	5.747E-03
9751.715	2.188E-02	0.0008	0.0000	3.26	1.439E-01	7.740E-03
9915.103	2.151E-02	0.0008	0.0000	3.36	1.876E-01	9.836E-03
10080.577	2.116E-02	0.0010	0.0001	3.86	2.339E-01	1.196E-02
10245.506	2.082E-02	0.0011	0.0001	4.45	2.832E-01	1.413E-02
10407.624	2.050E-02	0.0013	0.0001	5.04	3.350E-01	1.631E-02
10570.468	2.018E-02	0.0014	0.0001	5.63	3.894E-01	1.851E-02
10727.686	1.989E-02	0.0016	0.0001	6.23	4.462E-01	2.073E-02
10885.267	1.960E-02	0.0017	0.0001	6.82	4.904E-01	2.229E-02
11041.851	1.932E-02	0.0018	0.0001	7.41	4.745E-01	2.112E-02
11199.522	1.905E-02	0.0020	0.0001	8.00	4.410E-01	1.921E-02
11357.829	1.878E-02	0.0021	0.0001	8.60	4.041E-01	1.724E-02
11517.407	1.852E-02	0.0023	0.0001	9.19	3.650E-01	1.524E-02
11677.075	1.827E-02	0.0024	0.0001	9.68	3.214E-01	1.315E-02
11836.199	1.802E-02	0.0024	0.0000	9.78	2.750E-01	1.103E-02
11996.956	1.778E-02	0.0024	0.0000	9.78	2.254E-01	8.860E-03
12158.710	1.754E-02	0.0024	0.0000	9.78	1.732E-01	6.677E-03
12321.190	1.731E-02	0.0024	0.0000	9.78	1.183E-01	4.472E-03
12486.847	1.708E-02	0.0024	0.0000	9.78	6.075E-02	2.254E-03
12653.681	1.686E-02	0.0024	0.0000	9.78	1.041E-02	3.806E-04
12821.966	1.664E-02	0.0024	0.0000	9.78	0.000E+00	0.000E+00
12991.796	1.642E-02	0.0024	0.0000	9.78	1.013E-02	4.110E-04
13161.262	1.621E-02	0.0024	0.0000	9.78	2.072E-02	8.244E-04
13331.725	1.600E-02	0.0024	0.0000	9.78	3.179E-02	1.240E-03
13503.368	1.580E-02	0.0024	0.0000	9.78	4.319E-02	1.652E-03
13676.191	1.560E-02	0.0024	0.0000	9.78	6.594E-02	2.485E-03
13848.650	1.540E-02	0.0025	0.0000	9.88	8.970E-02	3.323E-03
14022.288	1.521E-02	0.0025	0.0000	9.98	1.146E-01	4.172E-03
14197.197	1.503E-02	0.0025	0.0000	10.08	1.405E-01	5.024E-03
14375.735	1.484E-02	0.0025	0.0000	10.18	1.672E-01	5.870E-03
14555.452	1.466E-02	0.0026	0.0000	10.37	1.947E-01	6.710E-03
14736.166	1.448E-02	0.0026	0.0000	10.57	2.225E-01	7.528E-03
14916.700	1.430E-02	0.0027	0.0000	10.77	2.264E-01	7.529E-03
15098.868	1.413E-02	0.0027	0.0000	10.97	2.300E-01	7.524E-03
15284.754	1.396E-02	0.0028	0.0000	11.17	2.453E-01	7.915E-03
15474.088	1.379E-02	0.0028	0.0000	11.36	2.609E-01	8.298E-03
15670.952	1.361E-02	0.0029	0.0000	11.56	2.507E-01	7.858E-03
15869.449	1.344E-02	0.0029	0.0000	11.66	2.396E-01	7.401E-03
16072.572	1.327E-02	0.0029	0.0000	11.76	2.391E-01	7.310E-03
16280.141	1.310E-02	0.0030	0.0000	11.96	2.493E-01	7.571E-03
16493.334	1.293E-02	0.0030	0.0000	12.16	2.598E-01	7.826E-03
16711.154	1.277E-02	0.0031	0.0000	12.26	2.709E-01	8.093E-03
16938.045	1.259E-02	0.0031	0.0000	12.35	2.840E-01	8.403E-03

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

17169.742	1.242E-02	0.0031	0.0000	12.55	3.122E-01	9.098E-03
17409.879	1.225E-02	0.0032	0.0001	12.85	3.415E-01	9.790E-03
17656.002	1.208E-02	0.0033	0.0001	13.14	3.570E-01	1.010E-02
17904.305	1.191E-02	0.0034	0.0001	13.44	3.866E-01	1.080E-02
18151.064	1.175E-02	0.0034	0.0001	13.73	4.465E-01	1.230E-02
18406.262	1.159E-02	0.0035	0.0001	14.03	5.244E-01	1.424E-02
18666.541	1.143E-02	0.0036	0.0001	14.33	5.895E-01	1.579E-02
18928.180	1.127E-02	0.0036	0.0001	14.62	6.570E-01	1.740E-02
19190.543	1.112E-02	0.0037	0.0001	15.02	8.136E-01	2.138E-02
19454.174	1.097E-02	0.0039	0.0001	15.51	9.842E-01	2.558E-02
19714.723	1.082E-02	0.0040	0.0001	16.11	1.163E+00	2.982E-02
19981.172	1.068E-02	0.0042	0.0001	16.70	1.352E+00	3.416E-02
20248.887	1.054E-02	0.0043	0.0002	17.39	1.553E+00	3.861E-02
20517.781	1.040E-02	0.0047	0.0003	18.67	1.744E+00	4.260E-02
20778.875	1.027E-02	0.0050	0.0003	19.96	1.907E+00	4.581E-02
21040.240	1.014E-02	0.0053	0.0003	21.24	2.038E+00	4.816E-02
21300.789	1.001E-02	0.0056	0.0003	22.53	2.135E+00	4.961E-02
21559.889	9.894E-03	0.0059	0.0003	23.81	2.218E+00	5.070E-02
21822.797	9.775E-03	0.0062	0.0003	25.00	2.250E+00	5.056E-02
22087.428	9.658E-03	0.0065	0.0003	26.08	2.060E+00	4.547E-02
22357.955	9.541E-03	0.0068	0.0002	27.07	1.852E+00	4.017E-02
22634.289	9.425E-03	0.0070	0.0002	27.96	1.634E+00	3.480E-02
22910.713	9.311E-03	0.0072	0.0002	28.75	1.420E+00	2.976E-02
23188.227	9.200E-03	0.0073	0.0001	29.34	1.393E+00	2.915E-02
23466.920	9.090E-03	0.0073	0.0000	29.34	1.399E+00	2.926E-02
23760.854	8.978E-03	0.0073	0.0000	29.34	1.440E+00	3.009E-02
24060.867	8.866E-03	0.0073	0.0000	29.34	1.524E+00	3.173E-02
24364.963	8.755E-03	0.0073	0.0000	29.44	1.678E+00	3.474E-02
24672.869	8.646E-03	0.0076	0.0003	30.63	1.878E+00	3.853E-02
24967.529	8.544E-03	0.0079	0.0003	31.82	2.129E+00	4.314E-02
25248.127	8.449E-03	0.0082	0.0003	33.00	2.528E+00	5.031E-02
25515.750	8.360E-03	0.0085	0.0003	34.19	2.940E+00	5.755E-02
25769.227	8.278E-03	0.0089	0.0003	35.47	3.363E+00	6.483E-02
26010.994	8.201E-03	0.0092	0.0003	36.76	3.748E+00	7.122E-02
26255.213	8.125E-03	0.0095	0.0003	38.04	3.568E+00	6.686E-02
26502.248	8.049E-03	0.0098	0.0003	39.33	3.365E+00	6.218E-02
26749.096	7.975E-03	0.0101	0.0003	40.61	3.136E+00	5.715E-02
26996.855	7.902E-03	0.0105	0.0003	41.90	3.157E+00	5.707E-02
27243.795	7.830E-03	0.0107	0.0003	43.08	3.100E+00	5.563E-02
27491.912	7.759E-03	0.0108	0.0000	43.18	3.019E+00	5.385E-02
27757.725	7.685E-03	0.0108	0.0000	43.28	2.955E+00	5.239E-02
28040.863	7.608E-03	0.0108	0.0000	43.38	2.914E+00	5.134E-02
28342.057	7.527E-03	0.0111	0.0003	44.57	2.889E+00	5.058E-02
28644.520	7.447E-03	0.0114	0.0003	45.65	2.881E+00	5.014E-02
28946.711	7.369E-03	0.0117	0.0003	46.74	2.924E+00	5.055E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

29235.111	7.297E-03	0.0119	0.0003	47.83	3.384E+00	5.766E-02
29507.273	7.229E-03	0.0122	0.0003	48.91	3.885E+00	6.531E-02
29767.002	7.166E-03	0.0125	0.0003	50.00	4.429E+00	7.351E-02
30014.939	7.107E-03	0.0127	0.0003	51.09	4.131E+00	6.771E-02
30251.812	7.052E-03	0.0130	0.0003	52.17	3.852E+00	6.237E-02
30476.164	7.000E-03	0.0133	0.0003	53.26	3.558E+00	5.696E-02
30687.998	6.951E-03	0.0136	0.0003	54.35	3.235E+00	5.124E-02
30888.580	6.906E-03	0.0138	0.0003	55.43	2.877E+00	4.512E-02
31087.076	6.862E-03	0.0138	0.0000	55.43	2.487E+00	3.864E-02
31301.445	6.815E-03	0.0138	0.0000	55.43	2.067E+00	3.180E-02
31537.320	6.764E-03	0.0138	0.0000	55.43	1.615E+00	2.458E-02
31789.250	6.711E-03	0.0138	0.0000	55.43	1.124E+00	1.690E-02
32063.498	6.653E-03	0.0138	0.0000	55.43	6.493E-01	9.714E-03
32353.801	6.593E-03	0.0138	0.0000	55.43	2.519E-01	4.022E-03
32658.895	6.532E-03	0.0138	0.0000	55.43	4.474E-01	7.053E-03
32968.254	6.471E-03	0.0138	0.0000	55.43	8.688E-01	1.355E-02
33293.484	6.407E-03	0.0138	0.0000	55.43	1.431E+00	2.206E-02
33638.129	6.342E-03	0.0139	0.0000	55.63	2.041E+00	3.103E-02
33985.324	6.277E-03	0.0140	0.0001	56.22	2.709E+00	4.057E-02
34334.594	6.213E-03	0.0142	0.0001	56.82	3.435E+00	5.067E-02
34690.762	6.149E-03	0.0145	0.0003	58.10	4.223E+00	6.133E-02
35029.059	6.090E-03	0.0149	0.0004	59.68	5.045E+00	7.216E-02
35353.293	6.034E-03	0.0153	0.0004	61.26	5.921E+00	8.350E-02
35660.473	5.982E-03	0.0157	0.0004	62.85	6.641E+00	9.241E-02
35953.316	5.933E-03	0.0161	0.0004	64.43	7.019E+00	9.650E-02
36232.918	5.888E-03	0.0165	0.0004	66.01	7.424E+00	1.009E-01
36510.250	5.843E-03	0.0169	0.0004	67.59	7.203E+00	9.681E-02
36777.059	5.800E-03	0.0173	0.0004	69.17	6.644E+00	8.830E-02
37045.957	5.758E-03	0.0176	0.0003	70.55	6.205E+00	8.168E-02
37316.031	5.717E-03	0.0178	0.0002	71.54	5.879E+00	7.678E-02
37575.223	5.677E-03	0.0181	0.0002	72.53	5.496E+00	7.126E-02
37819.254	5.641E-03	0.0182	0.0001	72.83	5.109E+00	6.590E-02
38067.652	5.604E-03	0.0182	0.0000	72.83	4.695E+00	6.032E-02
38320.848	5.567E-03	0.0182	0.0001	73.12	4.291E+00	5.500E-02
38577.230	5.530E-03	0.0184	0.0001	73.72	4.028E+00	5.153E-02
38839.141	5.492E-03	0.0185	0.0001	74.31	4.055E+00	5.172E-02
39104.859	5.455E-03	0.0187	0.0002	75.00	4.057E+00	5.158E-02
39375.023	5.418E-03	0.0189	0.0002	75.69	4.482E+00	5.654E-02
39646.004	5.381E-03	0.0191	0.0002	76.48	5.118E+00	6.391E-02
39900.656	5.346E-03	0.0193	0.0002	77.27	5.441E+00	6.733E-02
40155.578	5.312E-03	0.0195	0.0002	78.16	5.443E+00	6.681E-02
40411.316	5.279E-03	0.0197	0.0002	79.05	5.451E+00	6.638E-02
40667.422	5.246E-03	0.0199	0.0002	79.94	5.333E+00	6.442E-02
40924.434	5.213E-03	0.0202	0.0002	80.83	5.217E+00	6.252E-02
41182.082	5.180E-03	0.0203	0.0002	81.52	5.033E+00	5.986E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

41440.090	5.148E-03	0.0205	0.0001	82.02	4.809E+00	5.680E-02
41698.371	5.116E-03	0.0206	0.0001	82.51	4.437E+00	5.205E-02
41957.195	5.084E-03	0.0207	0.0001	82.91	4.056E+00	4.729E-02
42216.387	5.053E-03	0.0208	0.0001	83.30	3.808E+00	4.421E-02
42476.391	5.022E-03	0.0209	0.0001	83.70	3.553E+00	4.111E-02
42736.395	4.992E-03	0.0210	0.0001	84.09	3.368E+00	3.880E-02
42997.402	4.961E-03	0.0211	0.0001	84.39	3.254E+00	3.725E-02
43259.215	4.931E-03	0.0211	0.0001	84.68	3.137E+00	3.570E-02
43521.672	4.902E-03	0.0213	0.0001	85.18	3.092E+00	3.496E-02
43785.484	4.872E-03	0.0214	0.0001	85.67	3.046E+00	3.422E-02
44049.664	4.843E-03	0.0215	0.0001	86.07	2.923E+00	3.260E-02
44314.477	4.814E-03	0.0215	0.0001	86.37	2.795E+00	3.097E-02
44579.926	4.785E-03	0.0216	0.0001	86.66	2.744E+00	3.018E-02
44846.281	4.757E-03	0.0217	0.0001	86.96	2.693E+00	2.940E-02
45113.543	4.729E-03	0.0218	0.0001	87.26	2.555E+00	2.777E-02
45381.258	4.701E-03	0.0218	0.0000	87.45	2.416E+00	2.617E-02
45650.152	4.673E-03	0.0219	0.0000	87.65	2.355E+00	2.541E-02
45919.777	4.646E-03	0.0219	0.0000	87.85	2.379E+00	2.553E-02
46188.941	4.618E-03	0.0220	0.0000	88.05	2.403E+00	2.566E-02
46459.379	4.592E-03	0.0220	0.0001	88.34	2.429E+00	2.581E-02
46729.277	4.565E-03	0.0221	0.0001	88.64	2.455E+00	2.595E-02
46999.621	4.539E-03	0.0222	0.0001	88.94	2.567E+00	2.697E-02
47268.879	4.513E-03	0.0223	0.0001	89.23	2.682E+00	2.800E-02
47537.414	4.487E-03	0.0223	0.0001	89.53	2.800E+00	2.904E-02
47805.586	4.462E-03	0.0224	0.0001	89.82	2.918E+00	3.006E-02
48074.301	4.437E-03	0.0225	0.0001	90.12	2.683E+00	2.742E-02
48344.102	4.413E-03	0.0226	0.0001	90.42	2.443E+00	2.475E-02
48613.723	4.388E-03	0.0226	0.0001	90.71	2.197E+00	2.207E-02
48883.164	4.364E-03	0.0227	0.0001	91.01	1.943E+00	1.937E-02
49153.875	4.340E-03	0.0228	0.0001	91.30	2.047E+00	2.038E-02
49424.852	4.316E-03	0.0228	0.0000	91.30	2.153E+00	2.141E-02
49695.473	4.293E-03	0.0228	0.0000	91.30	2.538E+00	2.525E-02
49967.176	4.269E-03	0.0228	0.0000	91.30	3.021E+00	3.005E-02
50240.426	4.246E-03	0.0228	0.0000	91.30	3.505E+00	3.475E-02
50517.949	4.223E-03	0.0229	0.0001	91.70	3.994E+00	3.945E-02
50795.551	4.200E-03	0.0230	0.0001	92.09	4.493E+00	4.415E-02
51074.238	4.177E-03	0.0232	0.0002	92.79	5.305E+00	5.171E-02
51354.199	4.154E-03	0.0233	0.0002	93.58	6.126E+00	5.923E-02
51638.250	4.131E-03	0.0235	0.0002	94.37	6.967E+00	6.681E-02
51923.750	4.108E-03	0.0237	0.0002	95.16	7.819E+00	7.436E-02
52210.246	4.086E-03	0.0239	0.0002	95.95	8.257E+00	7.800E-02
52496.379	4.064E-03	0.0241	0.0002	96.74	8.052E+00	7.539E-02
52785.324	4.041E-03	0.0243	0.0002	97.53	7.410E+00	6.878E-02
53073.715	4.019E-03	0.0245	0.0002	98.32	6.650E+00	6.123E-02
53364.562	3.997E-03	0.0247	0.0002	99.11	5.885E+00	5.374E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

53655.359	3.976E-03	0.0249	0.0002	99.88	5.617E+00	5.088E-02
53949.223	3.954E-03	0.0250	0.0000	100.00	5.271E+00	4.736E-02
54235.680	3.933E-03	0.0250	0.0000	100.00	4.812E+00	4.289E-02
54524.547	3.912E-03	0.0250	0.0000	100.00	4.206E+00	3.720E-02
54815.277	3.892E-03	0.0250	0.0000	100.00	3.363E+00	2.951E-02

Porosity Summary

Sample (bulk) volume = 0.4390 [cc]
 Interparticle filling pressure limit = 50.0000 [PSIA]
 Interparticle filling poresize limit = 4266.4438 [nm]

Intruded volume (interparticle) = 0.0000 [cc]
 Total interparticle porosity = 0.0000 [%]

Intruded volume (intraparticle) = 0.0101 [cc]
 Total intraparticle porosity = 2.3109 [%]

Total intruded volume = 0.0101 [cc]
 Total porosity = 2.3109 [%]

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

SAMPLE ID HBO FILE NAME AC-HBO.prm
 SAMPLE WEIGHT 0.5275 grams BULK SAMPLE VOLUME 0.5900 cc
 SAMPLE DESCRIPTION A.CELIK
 COMMENTS LP STATION 1
 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 E.DENIZ Mercury volume normalized by sample
 weight.

Pore Size Distribution By Volume - Intrusion

Printing every data point.

Pressure	Pore	Volume	Delta	% Volume	Dv(Diameter)	er)
[PSI]	Diameter	Intruded	Volume	Intruded		
	[μm]	[cc/g]	[cc/g]	%	[cc/(μm-g)]	[cc/g]
20.075	1.063E+01	0.0000	0.0000	0.00	2.338E-05	8.710E-04
26.420	8.074E+00	0.0004	0.0004	1.27	2.736E-05	9.029E-04
63.001	3.386E+00	0.0007	0.0003	2.29	8.994E-05	9.411E-04
135.132	1.579E+00	0.0008	0.0001	2.73	3.925E-04	8.366E-04
221.775	9.619E-01	0.0009	0.0001	2.97	1.146E-03	7.529E-04
316.103	6.749E-01	0.0010	0.0000	3.12	2.367E-03	6.845E-04
396.662	5.378E-01	0.0011	0.0001	3.47	4.156E-03	6.845E-04
487.145	4.379E-01	0.0012	0.0001	3.82	1.202E-03	3.830E-04
587.078	3.634E-01	0.0012	0.0000	3.82	7.118E-04	3.067E-04
693.583	3.076E-01	0.0012	0.0000	3.82	6.831E-04	2.695E-04
801.994	2.660E-01	0.0012	0.0000	3.82	7.244E-04	2.377E-04
912.492	2.338E-01	0.0012	0.0000	3.82	7.928E-04	2.094E-04
1024.804	2.082E-01	0.0012	0.0000	3.82	4.768E-04	1.099E-04
1138.023	1.874E-01	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
1252.421	1.703E-01	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
1368.816	1.558E-01	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
1486.026	1.436E-01	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
1604.961	1.329E-01	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
1724.712	1.237E-01	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
1844.826	1.156E-01	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
1966.028	1.085E-01	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
2088.319	1.022E-01	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
2211.427	9.646E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
2334.897	9.136E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
2459.366	8.674E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
2584.651	8.253E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

2711.024	7.869E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
2837.852	7.517E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
2964.951	7.195E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
3093.502	6.896E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
3222.869	6.619E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
3354.051	6.360E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
3485.142	6.121E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
3616.959	5.898E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
3749.501	5.689E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
3882.951	5.494E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
4020.120	5.306E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
4157.017	5.132E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
4294.458	4.967E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
4433.170	4.812E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
4572.516	4.665E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
4712.589	4.527E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
4853.387	4.395E-02	0.0012	0.0000	3.82	0.000E+00	0.000E+00
4994.548	4.271E-02	0.0012	0.0000	3.82	4.533E-03	5.189E-04
5139.248	4.151E-02	0.0012	0.0000	3.82	9.563E-03	1.047E-03
5285.308	4.036E-02	0.0012	0.0000	3.82	1.502E-02	1.574E-03
5432.274	3.927E-02	0.0012	0.0000	3.82	2.097E-02	2.106E-03
5576.520	3.825E-02	0.0012	0.0000	3.82	2.746E-02	2.648E-03
5724.213	3.727E-02	0.0013	0.0001	4.02	3.441E-02	3.188E-03
5873.085	3.632E-02	0.0013	0.0001	4.23	4.187E-02	3.729E-03
6026.131	3.540E-02	0.0014	0.0001	4.44	4.996E-02	4.280E-03
6181.898	3.451E-02	0.0014	0.0001	4.65	5.878E-02	4.844E-03
6338.572	3.365E-02	0.0015	0.0001	4.86	6.821E-02	5.411E-03
6499.873	3.282E-02	0.0016	0.0001	5.07	7.825E-02	5.976E-03
6664.802	3.201E-02	0.0016	0.0001	5.27	7.418E-02	5.457E-03
6830.911	3.123E-02	0.0017	0.0001	5.48	7.906E-02	5.712E-03
6997.111	3.049E-02	0.0018	0.0001	5.69	8.438E-02	5.985E-03
7166.578	2.977E-02	0.0018	0.0001	5.90	9.029E-02	6.283E-03
7340.670	2.906E-02	0.0019	0.0001	6.11	9.656E-02	6.584E-03
7516.124	2.838E-02	0.0019	0.0000	6.11	1.035E-01	6.906E-03
7691.667	2.773E-02	0.0020	0.0001	6.39	1.111E-01	7.254E-03
7867.393	2.711E-02	0.0021	0.0001	6.66	1.194E-01	7.627E-03
8040.578	2.653E-02	0.0022	0.0001	6.94	1.444E-01	9.126E-03
8214.852	2.597E-02	0.0022	0.0001	7.22	1.719E-01	1.069E-02
8388.944	2.543E-02	0.0023	0.0001	7.50	2.025E-01	1.235E-02
8561.313	2.492E-02	0.0024	0.0001	7.77	2.474E-01	1.467E-02
8730.325	2.443E-02	0.0025	0.0001	8.05	2.625E-01	1.518E-02
8904.055	2.396E-02	0.0027	0.0002	8.68	2.788E-01	1.572E-02
9075.606	2.351E-02	0.0029	0.0002	9.30	2.955E-01	1.625E-02
9243.168	2.308E-02	0.0031	0.0002	9.92	3.126E-01	1.679E-02
9406.646	2.268E-02	0.0033	0.0002	10.55	3.304E-01	1.734E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

9572.302	2.229E-02	0.0034	0.0001	10.90	3.486E-01	1.790E-02
9734.328	2.191E-02	0.0035	0.0001	11.24	3.668E-01	1.843E-02
9897.262	2.155E-02	0.0036	0.0001	11.59	3.334E-01	1.637E-02
10061.012	2.120E-02	0.0037	0.0001	11.94	2.965E-01	1.423E-02
10222.494	2.087E-02	0.0038	0.0001	12.28	2.555E-01	1.201E-02
10383.887	2.054E-02	0.0039	0.0001	12.63	2.099E-01	9.693E-03
10546.004	2.023E-02	0.0040	0.0001	12.98	1.862E-01	8.400E-03
10706.307	1.992E-02	0.0040	0.0000	12.98	1.789E-01	7.999E-03
10866.610	1.963E-02	0.0040	0.0000	12.98	1.709E-01	7.589E-03
11028.093	1.934E-02	0.0040	0.0000	12.98	1.622E-01	7.170E-03
11191.570	1.906E-02	0.0040	0.0000	12.98	1.525E-01	6.728E-03
11355.412	1.879E-02	0.0040	0.0000	12.98	1.418E-01	6.269E-03
11519.707	1.852E-02	0.0041	0.0001	13.19	1.303E-01	5.798E-03
11685.271	1.826E-02	0.0042	0.0001	13.39	1.562E-01	6.803E-03
11851.925	1.800E-02	0.0042	0.0001	13.60	1.834E-01	7.817E-03
12017.853	1.775E-02	0.0043	0.0001	13.81	2.118E-01	8.835E-03
12184.868	1.751E-02	0.0044	0.0001	14.02	2.414E-01	9.866E-03
12353.517	1.727E-02	0.0044	0.0001	14.23	2.725E-01	1.091E-02
12521.441	1.704E-02	0.0045	0.0001	14.44	2.541E-01	9.963E-03
12689.909	1.681E-02	0.0046	0.0001	14.64	2.345E-01	9.013E-03
12860.193	1.659E-02	0.0046	0.0001	14.85	2.138E-01	8.055E-03
13030.565	1.637E-02	0.0047	0.0001	15.06	1.916E-01	7.079E-03
13201.301	1.616E-02	0.0047	0.0001	15.27	1.683E-01	6.097E-03
13373.671	1.595E-02	0.0047	0.0000	15.27	1.438E-01	5.110E-03
13546.402	1.575E-02	0.0047	0.0000	15.27	1.462E-01	5.212E-03
13719.225	1.555E-02	0.0047	0.0000	15.27	1.486E-01	5.311E-03
13893.226	1.535E-02	0.0047	0.0000	15.27	1.513E-01	5.422E-03
14068.678	1.516E-02	0.0047	0.0000	15.27	1.539E-01	5.525E-03
14243.225	1.498E-02	0.0047	0.0000	15.27	1.560E-01	5.614E-03
14418.859	1.479E-02	0.0048	0.0001	15.48	2.224E-01	7.891E-03
14595.493	1.462E-02	0.0049	0.0001	15.69	2.921E-01	1.020E-02
14771.943	1.444E-02	0.0049	0.0001	15.89	3.645E-01	1.251E-02
14949.756	1.427E-02	0.0050	0.0001	16.10	4.401E-01	1.485E-02
15130.200	1.410E-02	0.0051	0.0001	16.31	5.191E-01	1.722E-02
15311.277	1.393E-02	0.0052	0.0001	16.73	5.996E-01	1.954E-02
15492.175	1.377E-02	0.0053	0.0001	17.14	6.112E-01	1.961E-02
15674.432	1.361E-02	0.0055	0.0001	17.56	6.222E-01	1.964E-02
15856.962	1.345E-02	0.0056	0.0001	17.98	6.324E-01	1.965E-02
16039.490	1.330E-02	0.0057	0.0001	18.39	6.782E-01	2.082E-02
16227.645	1.315E-02	0.0058	0.0001	18.81	7.252E-01	2.199E-02
16416.617	1.299E-02	0.0059	0.0001	19.02	7.216E-01	2.164E-02
16610.576	1.284E-02	0.0060	0.0001	19.22	7.148E-01	2.120E-02
16809.070	1.269E-02	0.0060	0.0001	19.43	7.423E-01	2.185E-02
17008.113	1.254E-02	0.0062	0.0001	19.85	7.685E-01	2.243E-02
17210.148	1.240E-02	0.0063	0.0001	20.26	7.917E-01	2.291E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

17412.727	1.225E-02	0.0064	0.0001	20.61	8.509E-01	2.446E-02
17624.195	1.210E-02	0.0065	0.0001	20.96	9.533E-01	2.707E-02
17840.564	1.196E-02	0.0067	0.0002	21.51	1.061E+00	2.973E-02
18062.557	1.181E-02	0.0069	0.0002	22.07	1.175E+00	3.243E-02
18293.258	1.166E-02	0.0070	0.0002	22.62	1.207E+00	3.286E-02
18529.857	1.151E-02	0.0073	0.0002	23.39	1.241E+00	3.328E-02
18775.074	1.136E-02	0.0075	0.0002	24.15	1.266E+00	3.333E-02
19021.289	1.121E-02	0.0077	0.0002	24.91	1.293E+00	3.346E-02
19269.229	1.107E-02	0.0080	0.0002	25.68	1.239E+00	3.149E-02
19526.061	1.092E-02	0.0082	0.0002	26.23	1.184E+00	2.956E-02
19788.332	1.078E-02	0.0083	0.0002	26.79	1.130E+00	2.771E-02
20060.674	1.063E-02	0.0085	0.0001	27.20	1.041E+00	2.518E-02
20334.650	1.049E-02	0.0086	0.0001	27.62	9.538E-01	2.275E-02
20613.979	1.035E-02	0.0087	0.0001	27.83	8.601E-01	2.028E-02
20898.658	1.021E-02	0.0087	0.0001	28.04	7.609E-01	1.777E-02
21185.607	1.007E-02	0.0088	0.0001	28.25	7.493E-01	1.739E-02
21473.283	9.934E-03	0.0089	0.0001	28.52	7.388E-01	1.706E-02
21762.227	9.802E-03	0.0090	0.0001	28.80	7.631E-01	1.748E-02
22057.068	9.671E-03	0.0090	0.0001	29.08	8.170E-01	1.860E-02
22357.262	9.542E-03	0.0091	0.0001	29.36	9.689E-01	2.182E-02
22659.814	9.414E-03	0.0093	0.0002	29.84	1.128E+00	2.507E-02
22963.002	9.290E-03	0.0094	0.0002	30.33	1.295E+00	2.835E-02
23266.824	9.169E-03	0.0096	0.0002	30.81	1.388E+00	2.988E-02
23572.643	9.050E-03	0.0098	0.0002	31.44	1.484E+00	3.142E-02
23877.918	8.934E-03	0.0100	0.0003	32.27	1.634E+00	3.408E-02
24185.189	8.820E-03	0.0103	0.0003	33.10	1.791E+00	3.677E-02
24494.000	8.709E-03	0.0106	0.0003	33.94	1.849E+00	3.738E-02
24804.262	8.600E-03	0.0107	0.0002	34.49	1.961E+00	3.910E-02
25116.523	8.493E-03	0.0109	0.0002	35.05	2.075E+00	4.080E-02
25430.145	8.389E-03	0.0111	0.0002	35.81	2.173E+00	4.221E-02
25745.398	8.286E-03	0.0114	0.0002	36.57	2.158E+00	4.139E-02
26061.561	8.185E-03	0.0115	0.0002	37.13	2.140E+00	4.057E-02
26379.988	8.087E-03	0.0118	0.0002	37.89	2.120E+00	3.975E-02
26701.049	7.989E-03	0.0120	0.0002	38.65	2.182E+00	4.035E-02
27023.377	7.894E-03	0.0123	0.0003	39.49	2.246E+00	4.096E-02
27348.975	7.800E-03	0.0125	0.0002	40.11	2.266E+00	4.087E-02
27675.838	7.708E-03	0.0127	0.0002	40.74	2.286E+00	4.078E-02
28003.883	7.618E-03	0.0129	0.0002	41.36	2.436E+00	4.297E-02
28333.289	7.529E-03	0.0131	0.0002	41.99	2.456E+00	4.283E-02
28664.602	7.442E-03	0.0133	0.0002	42.61	2.474E+00	4.267E-02
28997.906	7.356E-03	0.0135	0.0002	43.30	2.489E+00	4.251E-02
29331.939	7.273E-03	0.0137	0.0002	44.00	2.578E+00	4.352E-02
29668.605	7.190E-03	0.0140	0.0003	44.90	2.664E+00	4.445E-02
30009.895	7.108E-03	0.0142	0.0002	45.60	2.795E+00	4.613E-02
30355.357	7.027E-03	0.0144	0.0002	46.29	2.941E+00	4.798E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

30703.088	6.948E-03	0.0146	0.0002	47.05	3.087E+00	4.978E-02
31051.545	6.870E-03	0.0149	0.0002	47.82	3.184E+00	5.074E-02
31407.352	6.792E-03	0.0151	0.0002	48.58	3.282E+00	5.168E-02
31769.600	6.715E-03	0.0154	0.0003	49.48	3.274E+00	5.098E-02
32121.502	6.641E-03	0.0157	0.0003	50.38	3.360E+00	5.169E-02
32479.576	6.568E-03	0.0160	0.0003	51.29	3.451E+00	5.246E-02
32843.457	6.495E-03	0.0162	0.0003	52.12	3.500E+00	5.257E-02
33209.785	6.423E-03	0.0165	0.0003	52.95	3.600E+00	5.347E-02
33582.285	6.352E-03	0.0167	0.0002	53.71	3.725E+00	5.470E-02
33942.355	6.285E-03	0.0169	0.0002	54.48	3.753E+00	5.450E-02
34301.336	6.219E-03	0.0172	0.0002	55.24	3.763E+00	5.409E-02
34649.973	6.156E-03	0.0174	0.0002	55.93	3.793E+00	5.400E-02
35006.320	6.094E-03	0.0177	0.0003	56.77	3.763E+00	5.298E-02
35347.156	6.035E-03	0.0179	0.0003	57.60	3.859E+00	5.382E-02
35673.207	5.980E-03	0.0181	0.0002	58.29	3.928E+00	5.424E-02
36002.246	5.925E-03	0.0183	0.0002	58.99	3.983E+00	5.448E-02
36316.051	5.874E-03	0.0186	0.0002	59.68	4.142E+00	5.619E-02
36615.609	5.826E-03	0.0187	0.0002	60.17	4.183E+00	5.622E-02
36905.191	5.780E-03	0.0189	0.0002	60.86	4.230E+00	5.643E-02
37179.801	5.738E-03	0.0191	0.0002	61.42	4.254E+00	5.636E-02
37455.227	5.695E-03	0.0193	0.0002	61.97	4.330E+00	5.698E-02
37719.676	5.655E-03	0.0195	0.0002	62.66	4.411E+00	5.763E-02
37985.488	5.616E-03	0.0196	0.0002	63.15	4.469E+00	5.800E-02
38235.609	5.579E-03	0.0198	0.0002	63.71	4.745E+00	6.116E-02
38486.355	5.543E-03	0.0200	0.0002	64.26	4.712E+00	6.035E-02
38738.648	5.507E-03	0.0202	0.0002	64.82	4.751E+00	6.042E-02
38990.672	5.471E-03	0.0203	0.0002	65.37	4.789E+00	6.048E-02
39244.324	5.436E-03	0.0205	0.0002	65.93	4.593E+00	5.760E-02
39498.254	5.401E-03	0.0207	0.0002	66.62	4.554E+00	5.666E-02
39752.902	5.366E-03	0.0209	0.0002	67.11	4.263E+00	5.259E-02
40008.371	5.332E-03	0.0210	0.0002	67.59	3.965E+00	4.850E-02
40264.566	5.298E-03	0.0212	0.0002	68.08	3.832E+00	4.658E-02
40521.484	5.264E-03	0.0213	0.0001	68.43	3.694E+00	4.463E-02
40778.859	5.231E-03	0.0214	0.0001	68.77	3.554E+00	4.271E-02
41036.871	5.198E-03	0.0214	0.0000	68.91	3.346E+00	4.007E-02
41295.426	5.166E-03	0.0215	0.0000	69.05	3.316E+00	3.953E-02
41554.250	5.134E-03	0.0216	0.0001	69.40	3.286E+00	3.901E-02
41813.984	5.102E-03	0.0217	0.0001	69.74	3.439E+00	4.072E-02
42073.809	5.070E-03	0.0218	0.0001	70.09	3.720E+00	4.384E-02
42335.355	5.039E-03	0.0219	0.0001	70.51	4.007E+00	4.698E-02
42597.621	5.008E-03	0.0221	0.0001	70.92	4.490E+00	5.225E-02
42859.625	4.977E-03	0.0222	0.0001	71.34	5.173E+00	5.979E-02
43122.078	4.947E-03	0.0224	0.0002	71.96	5.483E+00	6.293E-02
43385.348	4.917E-03	0.0226	0.0002	72.59	5.798E+00	6.609E-02
43649.254	4.887E-03	0.0228	0.0002	73.21	6.119E+00	6.926E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

43914.613	4.858E-03	0.0230	0.0002	73.84	6.384E+00	7.175E-02
44180.785	4.828E-03	0.0232	0.0003	74.67	6.652E+00	7.425E-02
44447.414	4.799E-03	0.0234	0.0002	75.30	6.924E+00	7.673E-02
44714.953	4.771E-03	0.0236	0.0002	75.92	6.788E+00	7.468E-02
44982.848	4.742E-03	0.0238	0.0002	76.55	6.647E+00	7.263E-02
45250.023	4.714E-03	0.0240	0.0002	77.17	6.503E+00	7.058E-02
45518.098	4.687E-03	0.0242	0.0002	77.80	6.637E+00	7.166E-02
45787.078	4.659E-03	0.0244	0.0002	78.42	6.345E+00	6.815E-02
46056.703	4.632E-03	0.0245	0.0001	78.84	6.262E+00	6.687E-02
46327.320	4.605E-03	0.0246	0.0001	79.25	6.178E+00	6.559E-02
46597.941	4.578E-03	0.0248	0.0001	79.67	6.382E+00	6.747E-02
46868.742	4.551E-03	0.0250	0.0002	80.36	6.365E+00	6.694E-02
47140.723	4.525E-03	0.0251	0.0002	80.85	6.349E+00	6.642E-02
47413.516	4.499E-03	0.0253	0.0002	81.33	6.484E+00	6.752E-02
47686.496	4.473E-03	0.0254	0.0002	81.82	6.853E+00	7.095E-02
47959.660	4.448E-03	0.0257	0.0002	82.58	7.229E+00	7.439E-02
48234.266	4.423E-03	0.0259	0.0002	83.14	7.612E+00	7.785E-02
48508.875	4.398E-03	0.0260	0.0002	83.69	7.607E+00	7.738E-02
48783.672	4.373E-03	0.0262	0.0002	84.39	7.844E+00	7.930E-02
49058.734	4.348E-03	0.0265	0.0002	85.08	8.087E+00	8.124E-02
49334.523	4.324E-03	0.0267	0.0002	85.77	8.333E+00	8.317E-02
49610.227	4.300E-03	0.0269	0.0002	86.47	8.089E+00	8.028E-02
49886.289	4.276E-03	0.0271	0.0002	87.09	8.340E+00	8.231E-02
50161.898	4.253E-03	0.0273	0.0002	87.72	8.598E+00	8.438E-02
50437.684	4.229E-03	0.0275	0.0002	88.34	8.688E+00	8.483E-02
50714.109	4.206E-03	0.0277	0.0002	88.97	8.769E+00	8.517E-02
50991.441	4.183E-03	0.0278	0.0002	89.45	9.095E+00	8.795E-02
51267.777	4.161E-03	0.0280	0.0002	90.15	9.567E+00	9.213E-02
51543.203	4.139E-03	0.0283	0.0002	90.84	9.873E+00	9.457E-02
51819.441	4.117E-03	0.0285	0.0002	91.54	1.017E+01	9.687E-02
52099.316	4.095E-03	0.0287	0.0002	92.23	1.084E+01	1.028E-01
52382.188	4.072E-03	0.0290	0.0003	93.13	1.134E+01	1.069E-01
52671.766	4.050E-03	0.0293	0.0003	94.17	1.198E+01	1.123E-01
52965.066	4.028E-03	0.0295	0.0003	95.00	1.239E+01	1.154E-01
53262.625	4.005E-03	0.0298	0.0003	95.84	1.159E+01	1.070E-01
53551.641	3.983E-03	0.0302	0.0003	96.95	1.184E+01	1.084E-01
53848.145	3.962E-03	0.0305	0.0003	97.93	1.214E+01	1.102E-01
54164.680	3.938E-03	0.0308	0.0003	98.93	1.212E+01	1.091E-01
54492.797	3.915E-03	0.0311	0.0003	100.00	1.181E+01	1.053E-01
54815.129	3.892E-03	0.0311	0.0000	100.00	1.188E+01	1.050E-01

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

Porosity Summary

Sample (bulk) volume = 0.5900 [cc]
Interparticle filling pressure limit = 50.0000 [PSIA]
Interparticle filling poresize limit = 4266.4438 [nm]

Intruded volume (interparticle) = 0.0006 [cc]
Total interparticle porosity = 0.1061 [%]

Intruded volume (intraparticle) = 0.0126 [cc]
Total intraparticle porosity = 2.1439 [%]

Total intruded volume = 0.0133 [cc]
Total porosity = 2.2500 [%]

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

SAMPLE ID HBF FILE NAME AC-HBF.prm
 SAMPLE WEIGHT 0.2209 grams BULK SAMPLE VOLUME 0.2688 cc
 SAMPLE DESCRIPTION A.CELIK
 COMMENTS LP STATION 1
 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 E.DENIZ Mercury volume normalized by sample
 weight.

Pore Size Distribution By Volume - Intrusion

Printing every data point.

Pressure [PSI]	Pore Diameter [μm]	Volume Intruded [cc/g]	Delta Volume [cc/g]	% Volume Intruded %	Dv(Diameter) [cc/(μm-g)]	er [cc/g]
20.100	1.061E+01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
26.287	8.115E+00	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
69.976	3.049E+00	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
145.439	1.467E+00	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
232.270	9.184E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
326.082	6.542E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
407.744	5.232E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
499.369	4.272E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
599.409	3.559E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
705.733	3.023E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
813.963	2.621E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
922.827	2.312E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1033.869	2.063E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1146.725	1.860E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1260.489	1.692E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1376.067	1.550E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1492.461	1.429E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1610.125	1.325E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1728.878	1.234E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1849.718	1.153E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
1970.194	1.083E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2091.306	1.020E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2214.232	9.634E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2337.975	9.124E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2461.990	8.665E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2587.184	8.245E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

2713.195	7.862E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2839.568	7.512E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
2966.304	7.192E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
3093.222	6.896E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
3221.138	6.623E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
3350.052	6.368E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
3479.964	6.130E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
3609.966	5.909E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
3740.876	5.702E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
3872.784	5.508E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
4005.961	5.325E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
4139.774	5.153E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
4274.312	4.991E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
4409.758	4.838E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
4546.201	4.692E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
4683.643	4.555E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
4821.537	4.424E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
4959.886	4.301E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
5102.498	4.181E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
5248.377	4.065E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
5397.794	3.952E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
5548.118	3.845E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
5702.706	3.741E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
5860.650	3.640E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
6019.139	3.544E-02	0.0000	0.0000	0.00	0.000E+00	0.000E+00
6182.072	3.451E-02	0.0000	0.0000	0.00	4.872E-03	4.460E-04
6347.364	3.361E-02	0.0000	0.0000	0.00	1.036E-02	9.102E-04
6515.561	3.274E-02	0.0000	0.0000	0.00	1.638E-02	1.382E-03
6685.570	3.191E-02	0.0000	0.0000	0.00	2.313E-02	1.874E-03
6852.406	3.113E-02	0.0000	0.0000	0.00	3.049E-02	2.376E-03
7019.875	3.039E-02	0.0001	0.0001	0.19	3.848E-02	2.888E-03
7184.625	2.969E-02	0.0001	0.0001	0.39	4.709E-02	3.408E-03
7350.642	2.902E-02	0.0002	0.0001	0.58	5.643E-02	3.943E-03
7513.213	2.839E-02	0.0002	0.0001	0.77	6.653E-02	4.495E-03
7676.057	2.779E-02	0.0003	0.0001	0.97	8.524E-02	5.624E-03
7839.172	2.721E-02	0.0003	0.0001	1.16	1.053E-01	6.771E-03
8003.286	2.665E-02	0.0004	0.0001	1.35	1.191E-01	7.522E-03
8165.856	2.612E-02	0.0004	0.0001	1.54	1.332E-01	8.244E-03
8326.794	2.562E-02	0.0005	0.0001	1.74	1.481E-01	8.986E-03
8487.188	2.513E-02	0.0006	0.0001	2.12	1.636E-01	9.717E-03
8648.035	2.467E-02	0.0007	0.0001	2.51	1.801E-01	1.047E-02
8805.707	2.423E-02	0.0008	0.0001	2.90	1.974E-01	1.124E-02
8967.644	2.379E-02	0.0009	0.0001	3.29	2.162E-01	1.205E-02
9128.944	2.337E-02	0.0010	0.0001	3.67	2.583E-01	1.419E-02
9291.697	2.296E-02	0.0011	0.0001	4.06	3.028E-01	1.634E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

9452.544	2.257E-02	0.0012	0.0001	4.45	3.256E-01	1.727E-02
9613.574	2.219E-02	0.0013	0.0001	4.84	3.492E-01	1.819E-02
9771.155	2.183E-02	0.0014	0.0001	5.22	3.600E-01	1.838E-02
9930.460	2.148E-02	0.0016	0.0002	6.00	3.720E-01	1.862E-02
10090.038	2.114E-02	0.0018	0.0002	6.77	3.840E-01	1.885E-02
10250.249	2.081E-02	0.0020	0.0002	7.35	3.964E-01	1.909E-02
10411.731	2.049E-02	0.0021	0.0002	7.93	4.085E-01	1.930E-02
10575.392	2.017E-02	0.0022	0.0001	8.32	4.208E-01	1.950E-02
10735.694	1.987E-02	0.0023	0.0001	8.70	4.324E-01	1.968E-02
10897.087	1.958E-02	0.0024	0.0001	9.09	3.810E-01	1.701E-02
11059.204	1.929E-02	0.0025	0.0001	9.48	3.262E-01	1.430E-02
11222.228	1.901E-02	0.0026	0.0001	9.86	2.848E-01	1.224E-02
11386.341	1.873E-02	0.0027	0.0001	10.25	2.410E-01	1.017E-02
11550.817	1.847E-02	0.0028	0.0001	10.64	2.129E-01	8.790E-03
11715.385	1.821E-02	0.0028	0.0000	10.64	2.536E-01	1.060E-02
11880.858	1.796E-02	0.0028	0.0000	10.64	2.961E-01	1.241E-02
12046.060	1.771E-02	0.0028	0.0000	10.64	3.413E-01	1.427E-02
12212.171	1.747E-02	0.0028	0.0000	10.64	3.885E-01	1.614E-02
12377.190	1.724E-02	0.0028	0.0000	10.64	4.372E-01	1.800E-02
12543.298	1.701E-02	0.0030	0.0002	11.41	4.885E-01	1.990E-02
12710.679	1.678E-02	0.0032	0.0002	12.18	5.843E-01	2.333E-02
12877.150	1.657E-02	0.0035	0.0002	12.96	6.844E-01	2.679E-02
13044.438	1.635E-02	0.0037	0.0002	13.73	7.872E-01	3.021E-02
13213.723	1.614E-02	0.0039	0.0002	14.50	8.945E-01	3.367E-02
13382.553	1.594E-02	0.0041	0.0002	15.28	1.006E+00	3.713E-02
13552.019	1.574E-02	0.0043	0.0002	16.05	9.354E-01	3.389E-02
13722.121	1.555E-02	0.0045	0.0002	16.83	8.615E-01	3.063E-02
13896.304	1.535E-02	0.0047	0.0002	17.60	7.828E-01	2.732E-02
14070.940	1.516E-02	0.0049	0.0002	18.37	7.000E-01	2.397E-02
14247.572	1.497E-02	0.0051	0.0002	19.15	6.136E-01	2.063E-02
14424.932	1.479E-02	0.0051	0.0000	19.15	5.221E-01	1.723E-02
14605.827	1.461E-02	0.0051	0.0000	19.15	4.259E-01	1.380E-02
14791.895	1.442E-02	0.0051	0.0000	19.15	4.220E-01	1.378E-02
14978.869	1.424E-02	0.0051	0.0000	19.15	4.191E-01	1.381E-02
15168.385	1.406E-02	0.0051	0.0000	19.15	4.135E-01	1.376E-02
15362.527	1.389E-02	0.0051	0.0000	19.15	4.085E-01	1.373E-02
15557.031	1.371E-02	0.0051	0.0000	19.15	5.214E-01	1.720E-02
15753.081	1.354E-02	0.0053	0.0002	19.92	6.412E-01	2.076E-02
15951.484	1.337E-02	0.0055	0.0002	20.69	7.681E-01	2.440E-02
16155.152	1.320E-02	0.0057	0.0002	21.47	8.965E-01	2.795E-02
16359.271	1.304E-02	0.0059	0.0002	22.24	1.030E+00	3.149E-02
16564.301	1.288E-02	0.0061	0.0002	23.02	1.166E+00	3.498E-02
16766.336	1.272E-02	0.0063	0.0002	23.79	1.305E+00	3.843E-02
16966.014	1.257E-02	0.0065	0.0002	24.56	1.209E+00	3.498E-02
17174.033	1.242E-02	0.0068	0.0002	25.34	1.109E+00	3.153E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

17384.504	1.227E-02	0.0070	0.0002	26.11	1.008E+00	2.813E-02
17600.963	1.212E-02	0.0072	0.0002	26.89	9.014E-01	2.469E-02
17822.594	1.197E-02	0.0074	0.0002	27.66	7.897E-01	2.123E-02
18049.305	1.182E-02	0.0074	0.0000	27.66	6.699E-01	1.767E-02
18280.461	1.167E-02	0.0074	0.0000	27.66	5.419E-01	1.402E-02
18516.061	1.152E-02	0.0074	0.0000	27.66	4.129E-01	1.048E-02
18756.924	1.137E-02	0.0074	0.0000	27.66	2.787E-01	6.937E-03
19003.139	1.123E-02	0.0074	0.0000	27.66	1.413E-01	3.449E-03
19253.799	1.108E-02	0.0074	0.0000	27.66	0.000E+00	0.000E+00
19512.535	1.093E-02	0.0074	0.0000	27.66	0.000E+00	0.000E+00
19768.729	1.079E-02	0.0074	0.0000	27.66	0.000E+00	0.000E+00
20029.914	1.065E-02	0.0074	0.0000	27.66	0.000E+00	0.000E+00
20292.549	1.051E-02	0.0074	0.0000	27.66	1.262E-01	3.284E-03
20560.539	1.038E-02	0.0074	0.0000	27.66	2.568E-01	6.551E-03
20834.242	1.024E-02	0.0074	0.0000	27.66	3.911E-01	9.782E-03
21110.123	1.011E-02	0.0074	0.0000	27.66	5.313E-01	1.303E-02
21387.182	9.974E-03	0.0074	0.0000	27.66	6.762E-01	1.626E-02
21670.139	9.844E-03	0.0076	0.0002	28.43	8.278E-01	1.952E-02
21958.268	9.715E-03	0.0078	0.0002	29.21	9.864E-01	2.280E-02
22253.562	9.586E-03	0.0080	0.0002	29.98	1.152E+00	2.611E-02
22551.486	9.459E-03	0.0082	0.0002	30.75	1.326E+00	2.945E-02
22854.857	9.334E-03	0.0084	0.0002	31.53	1.508E+00	3.282E-02
23159.404	9.211E-03	0.0086	0.0002	32.30	1.697E+00	3.621E-02
23465.859	9.091E-03	0.0088	0.0002	33.08	1.574E+00	3.292E-02
23773.674	8.973E-03	0.0090	0.0002	33.85	1.445E+00	2.966E-02
24082.668	8.858E-03	0.0092	0.0002	34.62	1.313E+00	2.643E-02
24393.295	8.745E-03	0.0094	0.0002	35.40	1.174E+00	2.318E-02
24706.281	8.634E-03	0.0096	0.0002	36.17	1.030E+00	1.995E-02
25020.082	8.526E-03	0.0096	0.0000	36.17	8.779E-01	1.669E-02
25335.881	8.420E-03	0.0096	0.0000	36.17	7.185E-01	1.341E-02
25652.674	8.316E-03	0.0096	0.0000	36.17	5.511E-01	1.010E-02
25970.738	8.214E-03	0.0096	0.0000	36.17	3.755E-01	6.753E-03
26290.801	8.114E-03	0.0096	0.0000	36.17	4.215E-01	7.972E-03
26611.951	8.016E-03	0.0096	0.0000	36.17	4.697E-01	9.203E-03
26934.645	7.920E-03	0.0096	0.0000	36.17	7.200E-01	1.385E-02
27258.607	7.826E-03	0.0096	0.0000	36.17	9.813E-01	1.854E-02
27584.205	7.733E-03	0.0096	0.0000	36.17	1.249E+00	2.318E-02
27910.436	7.643E-03	0.0099	0.0003	37.14	1.528E+00	2.785E-02
28238.389	7.554E-03	0.0102	0.0003	38.10	1.819E+00	3.257E-02
28567.887	7.467E-03	0.0104	0.0003	39.07	2.120E+00	3.730E-02
28898.562	7.382E-03	0.0107	0.0003	40.04	2.433E+00	4.207E-02
29236.404	7.296E-03	0.0109	0.0003	41.00	2.755E+00	4.680E-02
29575.789	7.213E-03	0.0112	0.0003	41.97	3.089E+00	5.157E-02
29915.627	7.131E-03	0.0114	0.0003	42.94	2.863E+00	4.699E-02
30258.732	7.050E-03	0.0117	0.0003	43.91	2.626E+00	4.237E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

30602.926	6.971E-03	0.0120	0.0003	44.87	2.378E+00	3.772E-02
30953.289	6.892E-03	0.0122	0.0003	45.84	2.118E+00	3.303E-02
31305.375	6.814E-03	0.0125	0.0003	46.81	1.852E+00	2.839E-02
31664.627	6.737E-03	0.0125	0.0000	46.81	1.807E+00	2.757E-02
32024.969	6.661E-03	0.0125	0.0000	46.81	1.754E+00	2.666E-02
32392.205	6.586E-03	0.0125	0.0000	46.81	1.698E+00	2.573E-02
32761.346	6.511E-03	0.0125	0.0000	46.81	1.634E+00	2.473E-02
33130.941	6.439E-03	0.0125	0.0000	46.81	1.581E+00	2.393E-02
33504.434	6.367E-03	0.0127	0.0002	47.58	1.522E+00	2.309E-02
33886.098	6.295E-03	0.0129	0.0002	48.35	1.813E+00	2.703E-02
34273.379	6.224E-03	0.0131	0.0002	49.13	2.390E+00	3.519E-02
34668.738	6.153E-03	0.0133	0.0002	49.90	3.015E+00	4.376E-02
35050.043	6.086E-03	0.0135	0.0002	50.67	3.681E+00	5.264E-02
35437.961	6.020E-03	0.0137	0.0002	51.45	4.401E+00	6.200E-02
35828.328	5.954E-03	0.0139	0.0002	52.22	4.538E+00	6.305E-02
36209.176	5.891E-03	0.0143	0.0004	53.77	4.700E+00	6.441E-02
36575.781	5.832E-03	0.0147	0.0004	55.32	4.864E+00	6.579E-02
36932.945	5.776E-03	0.0152	0.0004	56.87	5.055E+00	6.753E-02
37275.141	5.723E-03	0.0156	0.0004	58.41	5.234E+00	6.910E-02
37605.273	5.673E-03	0.0158	0.0002	59.19	5.442E+00	7.105E-02
37920.074	5.626E-03	0.0160	0.0002	59.96	5.677E+00	7.336E-02
38237.500	5.579E-03	0.0162	0.0002	60.73	5.103E+00	6.519E-02
38538.605	5.535E-03	0.0164	0.0002	61.51	4.480E+00	5.662E-02
38841.246	5.492E-03	0.0166	0.0002	62.28	3.814E+00	4.774E-02
39128.109	5.452E-03	0.0168	0.0002	63.06	3.092E+00	3.838E-02
39399.359	5.414E-03	0.0170	0.0002	63.83	2.726E+00	3.349E-02
39671.070	5.377E-03	0.0170	0.0000	63.83	2.328E+00	2.831E-02
39943.047	5.341E-03	0.0170	0.0000	63.83	1.921E+00	2.313E-02
40215.660	5.304E-03	0.0170	0.0000	63.83	2.025E+00	2.455E-02
40489.098	5.269E-03	0.0170	0.0000	63.83	2.133E+00	2.598E-02
40763.613	5.233E-03	0.0170	0.0000	63.83	2.214E+00	2.709E-02
41038.133	5.198E-03	0.0170	0.0000	63.83	2.267E+00	2.784E-02
41296.598	5.166E-03	0.0170	0.0000	63.83	2.867E+00	3.486E-02
41554.785	5.134E-03	0.0172	0.0002	64.60	3.477E+00	4.188E-02
41813.797	5.102E-03	0.0174	0.0002	65.38	4.103E+00	4.895E-02
42073.621	5.070E-03	0.0176	0.0002	66.15	5.324E+00	6.307E-02
42333.895	5.039E-03	0.0178	0.0002	66.92	6.576E+00	7.730E-02
42594.898	5.008E-03	0.0180	0.0002	67.70	7.853E+00	9.156E-02
42857.625	4.977E-03	0.0182	0.0002	68.47	9.161E+00	1.059E-01
43120.078	4.947E-03	0.0185	0.0002	69.25	9.252E+00	1.061E-01
43384.344	4.917E-03	0.0189	0.0004	70.79	9.347E+00	1.064E-01
43648.340	4.887E-03	0.0193	0.0004	72.34	9.442E+00	1.067E-01
43913.430	4.858E-03	0.0197	0.0004	73.89	9.538E+00	1.069E-01
44178.336	4.829E-03	0.0201	0.0004	75.44	9.634E+00	1.072E-01
44445.777	4.800E-03	0.0203	0.0002	76.21	9.737E+00	1.075E-01

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

44712.672	4.771E-03	0.0205	0.0002	76.98	9.836E+00	1.078E-01
44980.484	4.743E-03	0.0207	0.0002	77.76	8.617E+00	9.363E-02
45248.832	4.714E-03	0.0209	0.0002	78.53	7.365E+00	7.941E-02
45518.090	4.687E-03	0.0211	0.0002	79.31	6.088E+00	6.515E-02
45786.535	4.659E-03	0.0213	0.0002	80.08	5.621E+00	6.014E-02
46056.523	4.632E-03	0.0215	0.0002	80.85	5.848E+00	6.239E-02
46326.324	4.605E-03	0.0215	0.0000	80.85	6.077E+00	6.462E-02
46596.395	4.578E-03	0.0215	0.0000	80.85	6.312E+00	6.688E-02
46867.285	4.552E-03	0.0215	0.0000	80.85	6.550E+00	6.914E-02
47138.719	4.525E-03	0.0218	0.0003	81.82	6.792E+00	7.140E-02
47409.793	4.500E-03	0.0221	0.0003	82.79	7.033E+00	7.361E-02
47681.500	4.474E-03	0.0223	0.0003	83.75	7.284E+00	7.589E-02
47953.211	4.449E-03	0.0226	0.0003	84.72	8.285E+00	8.559E-02
48225.828	4.423E-03	0.0228	0.0003	85.69	9.303E+00	9.529E-02
48499.348	4.398E-03	0.0231	0.0003	86.65	1.035E+01	1.051E-01
48773.863	4.374E-03	0.0233	0.0003	87.62	9.506E+00	9.573E-02
49048.023	4.349E-03	0.0236	0.0003	88.59	8.644E+00	8.632E-02
49321.547	4.325E-03	0.0239	0.0003	89.55	7.764E+00	7.689E-02
49596.426	4.301E-03	0.0241	0.0003	90.52	6.862E+00	6.740E-02
49870.859	4.277E-03	0.0244	0.0003	91.49	5.943E+00	5.788E-02
50145.012	4.254E-03	0.0244	0.0000	91.49	5.005E+00	4.835E-02
50418.723	4.231E-03	0.0244	0.0000	91.49	4.837E+00	4.671E-02
50692.516	4.208E-03	0.0244	0.0000	91.49	4.652E+00	4.493E-02
50966.312	4.186E-03	0.0244	0.0000	91.49	4.446E+00	4.299E-02
51239.191	4.163E-03	0.0244	0.0000	91.49	4.230E+00	4.098E-02
51516.711	4.141E-03	0.0244	0.0000	91.49	3.998E+00	3.886E-02
51798.484	4.118E-03	0.0246	0.0002	92.26	4.820E+00	4.647E-02
52084.340	4.096E-03	0.0248	0.0002	93.04	5.926E+00	5.670E-02
52375.012	4.073E-03	0.0250	0.0002	93.81	7.579E+00	7.206E-02
52669.676	4.050E-03	0.0252	0.0002	94.58	8.864E+00	8.360E-02
52967.504	4.027E-03	0.0254	0.0002	95.36	8.964E+00	8.360E-02
53268.785	4.005E-03	0.0256	0.0002	96.13	9.066E+00	8.360E-02
53569.113	3.982E-03	0.0259	0.0003	97.16	9.107E+00	8.326E-02
53885.520	3.959E-03	0.0263	0.0004	98.78	9.152E+00	8.293E-02
54202.977	3.936E-03	0.0266	0.0003	100.00	9.204E+00	8.263E-02
54518.918	3.913E-03	0.0266	0.0000	100.00	9.258E+00	8.234E-02
54827.277	3.891E-03	0.0266	0.0000	100.00	9.308E+00	8.203E-02

EK-6 (Devam) Civa Porozimetresi gözeneklilik verileri

Porosity Summary

Sample (bulk) volume = 0.2688 [cc]
Interparticle filling pressure limit = 50.0000 [PSIA]
Interparticle filling poresize limit = 4266.4438 [nm]

Intruded volume (interparticle) = 0.0000 [cc]
Total interparticle porosity = 0.0000 [%]

Intruded volume (intraparticle) = 0.0048 [cc]
Total intraparticle porosity = 1.7705 [%]

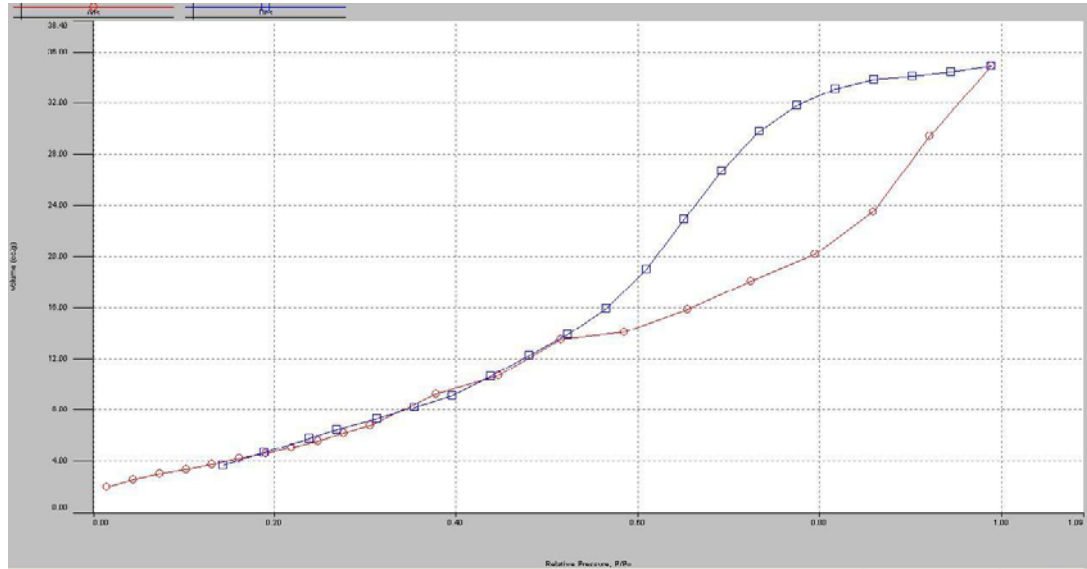
Total intruded volume = 0.0048 [cc]
Total porosity = 1.7705 [%]

Ek-7 Azot Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri

HBF**Azot adsorpsiyon-desorpsiyon izotermi:**

Adsorption		Desorption	
Relative Pressure	Volume cc/g	Relative Pressure	Volume cc/g
1.43641e-02	2.0117	9.88341e-01	34.8941
4.37477e-02	2.6413	9.44493e-01	34.3878
7.32085e-02	3.0578	9.01917e-01	34.0864
1.02577e-01	3.4122	8.59210e-01	33.7947
1.31744e-01	3.7929	8.17120e-01	33.1343
1.60812e-01	4.2375	7.74599e-01	31.7615
1.89872e-01	4.6354	7.32917e-01	29.7602
2.18877e-01	5.0720	6.91228e-01	26.7082
2.47760e-01	5.6096	6.50302e-01	22.9243
2.76426e-01	6.1657	6.08567e-01	19.0043
3.05078e-01	6.7802	5.65498e-01	15.9291
3.77330e-01	9.2412	5.22267e-01	13.8911
4.46514e-01	10.6895	4.80038e-01	12.2512
5.14772e-01	13.5288	4.37763e-01	10.6616
5.85267e-01	14.1171	3.95619e-01	9.1116
6.54597e-01	15.8851	3.53189e-01	8.1884
7.24058e-01	18.0600	3.12233e-01	7.3304
7.94260e-01	20.1580	2.69125e-01	6.4155
8.58401e-01	23.4684	2.38592e-01	5.7697
9.20160e-01	29.3407	1.87952e-01	4.6624
9.88341e-01	34.8941	1.43425e-01	3.6964

Ek-7 (Devam) Azot Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri



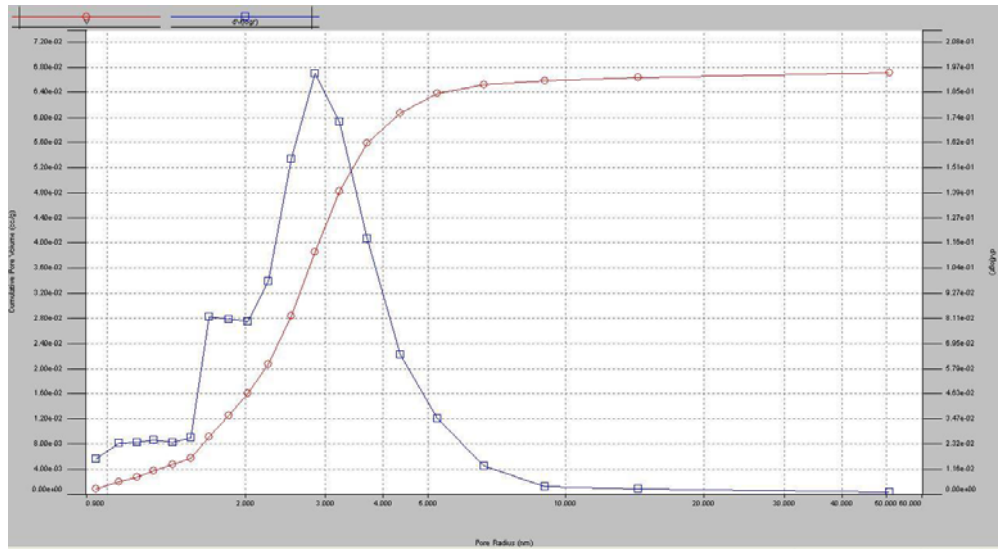
Gözenek Boyut Dağılımı (BJH Desorpsiyon):

Radius nm	Pore Volume cc/g	Pore Surf Area m ² /g	dV(r) cc/nm/g	dS(r) m ² /nm/g	dV(logr) cc/g	dS(logr) cc/g
0.9453	8.1842e-04	1.7316e+00	7.4934e-03	1.5854e+01	1.6292e-02	3.4470e+01
1.0637	2.0566e-03	4.0596e+00	9.6991e-03	1.8236e+01	2.3728e-02	4.4612e+01
1.1679	2.7695e-03	5.2804e+00	8.8380e-03	1.5135e+01	2.3757e-02	4.0684e+01
1.2686	3.8120e-03	6.9240e+00	8.6333e-03	1.3611e+01	2.5199e-02	3.9728e+01
1.3912	4.7426e-03	8.2619e+00	7.4814e-03	1.0756e+01	2.3949e-02	3.4430e+01
1.5242	5.7921e-03	9.6390e+00	7.4106e-03	9.7241e+00	2.5989e-02	3.4102e+01
1.6734	9.1246e-03	1.3622e+01	2.1236e-02	2.5380e+01	8.1766e-02	9.7722e+01
1.8409	1.2523e-02	1.7314e+01	1.9087e-02	2.0736e+01	8.0845e-02	8.7830e+01
2.0321	1.6006e-02	2.0742e+01	1.7054e-02	1.6784e+01	7.9727e-02	7.8468e+01
2.2565	2.0632e-02	2.4842e+01	1.8917e-02	1.6767e+01	9.8193e-02	8.7032e+01
2.5243	2.8381e-02	3.0982e+01	2.6624e-02	2.1095e+01	1.5458e-01	1.2247e+02
2.8415	3.8576e-02	3.8157e+01	2.9684e-02	2.0893e+01	1.9398e-01	1.3653e+02
3.2228	4.8289e-02	4.4185e+01	2.3180e-02	1.4385e+01	1.7177e-01	1.0660e+02
3.7066	5.5883e-02	4.8283e+01	1.3842e-02	7.4689e+00	1.1792e-01	6.3628e+01
4.3497	6.0652e-02	5.0475e+01	6.4657e-03	2.9730e+00	6.4601e-02	2.9704e+01
5.2575	6.3785e-02	5.1667e+01	2.9062e-03	1.1055e+00	3.5058e-02	1.3337e+01
6.6341	6.5204e-02	5.2095e+01	8.4719e-04	2.5541e-01	1.2872e-02	3.8807e+00
9.0235	6.5781e-02	5.2223e+01	1.8604e-04	4.1234e-02	3.8269e-03	8.4822e-01
14.4133	6.6339e-02	5.2300e+01	7.2691e-05	1.0087e-02	2.3543e-03	3.2669e-01
50.7534	6.7172e-02	5.2333e+01	1.2813e-05	5.0491e-04	1.2637e-03	4.9796e-02

Ek-7 (Devam) Azot Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri

BJH desorption summary

Surface Area = 52.333 m²/g
 Pore Volume = 0.067 cc/g
 Pore Radius Dv(r) = 2.842 nm



SUMMARY:

Surface Area Data

MultiPoint BET	2.129e+01 m ² /g
BJH method cumulative desorption surface area	5.233e+01 m ² /g
DH method cumulative desorption surface area	5.305e+01 m ² /g
t-method external surface area	2.129e+01 m ² /g

Pore Volume Data

BJH method cumulative desorption pore volume	6.717e-02 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume	6.574e-02 cc/g
HK method cumulative pore volume	6.355e-03 cc/g
SF method cumulative pore volume	6.690e-03 cc/g

Pore Size Data

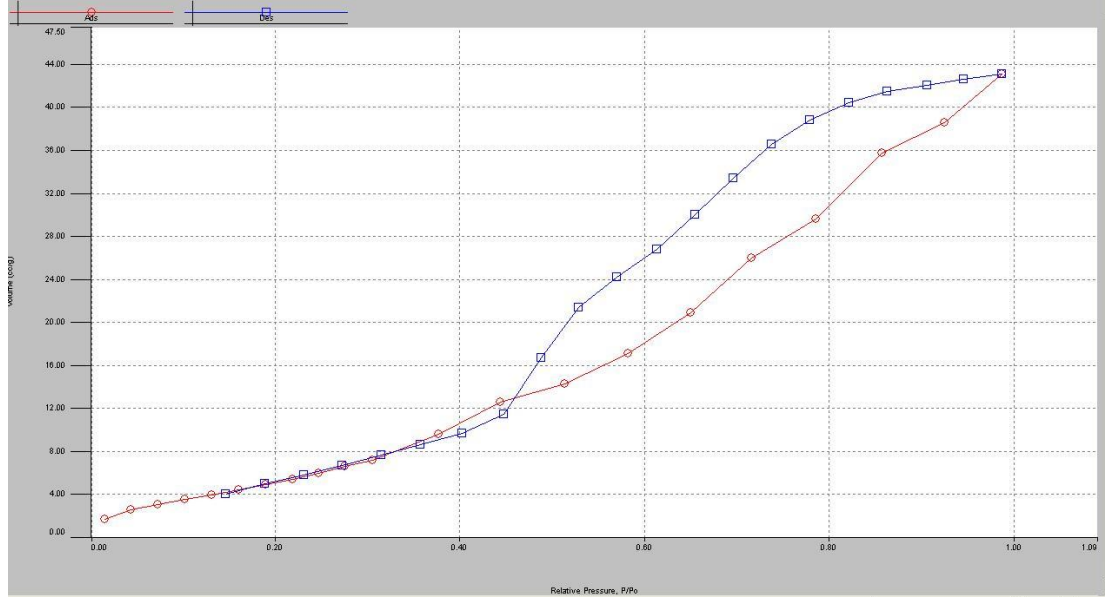
BJH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	2.842e+00 nm
DH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	2.842e+00 nm
HK method pore Radius (Mode)	1.838e-01 nm
SF method pore Radius (Mode)	2.261e-01 nm

Ek-7 (Devam) Azot Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri

SBF**Azot adsorpsiyon-desorpsiyon izotermini:**

Adsorption		Desorption	
Relative Pressure	Volume cc/g	Relative Pressure	Volume cc/g
1.42408e-02	1.6952	9.86745e-01	43.1692
4.32234e-02	2.5299	9.45927e-01	42.6233
7.24991e-02	3.0643	9.04886e-01	42.1234
1.01767e-01	3.5413	8.62942e-01	41.5320
1.30958e-01	3.9685	8.21060e-01	40.4420
1.60064e-01	4.4445	7.78955e-01	38.8268
1.89024e-01	4.9227	7.37081e-01	36.6152
2.18076e-01	5.3831	6.95731e-01	33.4405
2.46896e-01	5.9425	6.54435e-01	30.0296
2.75632e-01	6.5660	6.12638e-01	26.7845
3.04430e-01	7.2139	5.69468e-01	24.2521
3.76343e-01	9.5965	5.27656e-01	21.4145
4.43406e-01	12.5632	4.87979e-01	16.6911
5.13061e-01	14.3156	4.47038e-01	11.4877
5.81396e-01	17.1060	4.01178e-01	9.7306
6.48776e-01	20.8900	3.57515e-01	8.6248
7.15631e-01	26.0250	3.14731e-01	7.6448
7.85185e-01	29.5962	2.72371e-01	6.7435
8.56018e-01	35.7926	2.30173e-01	5.8223
9.25133e-01	38.6140	1.88029e-01	4.9467
9.86745e-01	43.1692	1.45954e-01	4.0485

Ek-7 Azot (Devam) Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri



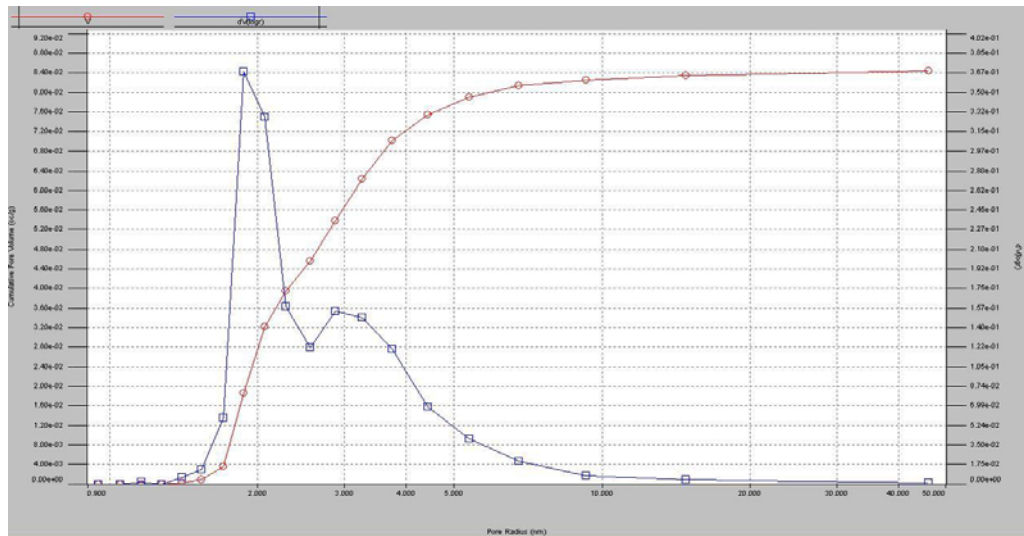
Gözenek Boyut Dağılımı (BJH Desorpsiyon):

Radius nm	Pore Volume cc/g	Pore Surf Area m ² /g	dV(r) cc/nm/g	dS(r) m ² /nm/g	dV(logr) cc/g	dS(logr) cc/g
0.9485	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
1.0530	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
1.1614	8.9934e-05	1.5487e-01	8.0930e-04	1.3936e+00	2.1627e-03	3.7241e+00
1.2766	8.9934e-05	1.5487e-01	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
1.4017	3.2152e-04	4.8530e-01	1.7693e-03	2.5245e+00	5.7063e-03	8.1419e+00
1.5409	8.7572e-04	1.2046e+00	3.7568e-03	4.8761e+00	1.3319e-02	1.7287e+01
1.7019	3.5307e-03	4.3247e+00	1.5227e-02	1.7895e+01	5.9617e-02	7.0061e+01
1.8776	1.8634e-02	2.0413e+01	8.5270e-02	9.0829e+01	3.6838e-01	3.9239e+02
2.0643	3.2181e-02	3.3537e+01	6.8981e-02	6.6831e+01	3.2764e-01	3.1743e+02
2.2830	3.9456e-02	3.9911e+01	3.0207e-02	2.6463e+01	1.5864e-01	1.3898e+02
2.5519	4.5627e-02	4.4747e+01	2.0781e-02	1.6287e+01	1.2197e-01	9.5594e+01
2.8758	5.3837e-02	5.0457e+01	2.3387e-02	1.6264e+01	1.5467e-01	1.0757e+02
3.2681	6.2408e-02	5.5702e+01	1.9780e-02	1.2105e+01	1.4862e-01	9.0955e+01
3.7647	7.0212e-02	5.9848e+01	1.3939e-02	7.4050e+00	1.2060e-01	6.4072e+01
4.4276	7.5407e-02	6.2195e+01	6.7811e-03	3.0631e+00	6.8961e-02	3.1150e+01
5.3659	7.9035e-02	6.3547e+01	3.2668e-03	1.2176e+00	4.0219e-02	1.4990e+01
6.7945	8.1359e-02	6.4231e+01	1.3308e-03	3.9172e-01	2.0704e-02	6.0944e+00
9.2796	8.2534e-02	6.4484e+01	3.6453e-04	7.8566e-02	7.7100e-03	1.6617e+00
14.8037	8.3460e-02	6.4610e+01	1.1832e-04	1.5985e-02	3.9374e-03	5.3195e-01
46.0501	8.4365e-02	6.4649e+01	1.6544e-05	7.1854e-04	1.5242e-03	6.6198e-02

Ek-7 (Devam) Azot Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri

BJH desorption summary

Surface Area = 64.649 m²/g
 Pore Volume = 0.084 cc/g
 Pore Radius Dv(r) = 1.878 nm



SUMMARY:

Surface Area Data

MultiPoint BET	2.328e+01 m ² /g
BJH method cumulative desorption surface area	6.465e+01 m ² /g
DH method cumulative desorption surface area	6.566e+01 m ² /g
t-method external surface area	2.328e+01 m ² /g

Pore Volume Data

BJH method cumulative desorption pore volume	8.436e-02 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume	8.265e-02 cc/g
HK method cumulative pore volume	6.681e-03 cc/g
SF method cumulative pore volume	7.056e-03 cc/g

Pore Size Data

BJH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.878e+00 nm
DH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.878e+00 nm
HK method pore Radius (Mode)	1.838e-01 nm
SF method pore Radius (Mode)	2.261e-01 nm

Ek-7 (Devam) Azot Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri

Quantachrome Corporation
Quantachrome Autosorb Automated Gas
Sorption System Report Autosorb for
Windows® Version 1.27

Nanasol

Isotherm

P/Po	Volume [cc/g] STP
2.8134e-Q2	155.1882
5.0635e-02	165.5710
7.3500e-02	172.4453
1.0039e-01	178.3421
1.2384e-01	182.3086
1.4994e-01	185.8317
1.7645e-01	188.7882
2.0329e-01	191.1376
2.2436e~01	192.6697
2.4905e-01	194.2145
2.7578e-01	195.5095
3.0243e-01	196.5475
3.2790e-01	197.4652
3.5447e-01	198.1611
3.8052e-01	198.7276
4.0594e-01	199.2099
4.3029e-01	199.7502
4.5631e~01	200.1674
4.8172e~01	200.5276
5.0696e~01	200.8308
5.3078e-01	201.2842
5.5684e~01	201.5910
5.8214e~01	201.8615
6.0748e~01	202.0995
6.3255e-01	202.3113
6.5610e-01	202.6742
6.8260e-01	202.9104
7.0769e-01	203.1032
7.3271e-0i	203.2670
7.5823e-01	203.4145
7.8084e-01	203.7747
8.0773e-01	203.9620
8.3277e-01	204.1113
8.5787e»01	204.2199
8.8313e-01	204.3294
9.0797e~01	204.4253
9.3107e~01	204.7520
9.5759e~01	204.8923
9.8268e~01	205.0362
9 9934e-01	206 0244

Ek-7 Azot (Devam) Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri

MULTIPOINT BET

P/Po	Volume fcc/g] STP
2.8134e-02	155.1882
5.0635e-02	165.5710
7.3500e-02	172.4453
1.0039e-01	178.3421
1.2384e-01	182.3086
1.4994e-01	185.8317

Area = 6.967E+02 mVg

Slope = 4.994E+00

Y - Intercept = 4.375E-03

Correlation Coefficient = 0.999805

C = 1.143E4-03

Ek-7 (Devam) Azot Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri

BJH ADSORPTION PORE SIZE DISTRIBUTION

Diameter Å	Pore Vol [cc/g]	Pore Surf Area [mVg]	Dv(d) [cc/Å/g]	Ds(d) [m ² /Å/g]	Dv(flog d) [cc/g]	Ds(log [mVg]
12.09	4.147E-02	1.372E+02	2.594E-02	8.583E+01	7.210E-01	2.386E+03
13.56	6.889E-02	2.181E+02	2.033E-02	5.997E+01	6.344E-01	1.871E+03
14.95	9.231E-02	2.807E+02	1.635E-02	4.375E+01	5.626E-01	1.505E+03
16.26	1.079E-01	3.192E+02	1.321E-02	3.248E+01	4.942E-01	1.216E+03
17.49	1.216E-01	3.505E+02	1.064E-02	2.433E+01	4.285E-01	9.797E+02
18.79	1.330E-01	3.747E+02	8.764E-03	1.866E+01	3.790E-01	8.069E+02
20.10	1.418E-01	3.922E+02	6.631E-03	1.319E+01	3.068E-01	6.105E+02
21.30	1.474E-01	4.028E+02	5.308E-03	9.969E+00	2.602E-01	4.887E+02
22.46	1.530E-01	4.128E+02	4.390E-03	7.816E+00	2.270E-01	4.042E+02
23.82	1.576E-01	4.204E+02	3.156E-03	5.300E+00	1.730E-01	2.906E+02
25.28	1.611E-01	4.259E+02	2.346E-03	3.713E+00	1.365E-01	2.160E+02
26.77	1.641E-01	4.305E+02	2.059E-03	3.077E+00	1.269E-01	1.896E+02
28.34	1.663E-01	4.336E+02	1.334E-03	1.883E+00	8.701E-02	1.228E+02
30.01	1.680E-01	4.359E+02	1.002E-03	1.335E+00	6.922E-02	9.226E+01
31.76	1.694E-01	4.376E+02	7.947E-04	1.001E+00	5.809E-02	7.317E+01
33.56	1.711E-01	4.396E+02	9.046E-04	1.078E+00	6.988E-02	8.330E+01
35.51	1.723E-01	4.409E+02	5.684E-04	6.403E-01	4.646E-02	5.234E+01
37.66	1.733E-01	4.420E+02	4.501E-04	4.781E-01	3.902E-02	4.144E+01
39.96	1.741E-01	4.428E+02	3.350E-04	3.354E-01	3.082E-02	3.085E+01
42.37	1.754E-01	4.440E+02	5.328E-04	5.030E-01	5.197E-02	4.906E+01
45.07	1.762E-01	4.448E+02	2.761E-04	2.450E-01	2.864E-02	2.542E+01
48.13	1.769E-01	4.453E+02	2.205E-04	1.833E-01	2.443E-02	2.030E+01
51.48	1.775E-01	4.458E+02	1.675E-04	1.301E-01	1.985E-02	1.542E+01
55.22	1.780E-01	4.462E+02	1.295E-04	9.383E-02	1.646E-02	1.193E+01
59.28	1.789E-01	4.468E+02	2.277E-04	1.536E-01	3.106E-02	2.096E+01
64.05	1.795E-01	4.472E+02	1.069E-04	6.674E-02	1.575E-02	9.837E+00
69.70	1.800E-01	4.474E+02	7.642E-05	4.386E-02	1.226E-02	7.034E+00
76.12	1.803E-01	4.476E+02	5.316E-05	2.794E-02	9.312E-03	4.893E+00
83.81	1.807E-01	4.478E+02	3.761E-05	1.795E-02	7.252E-03	3.461E+00
92.55	1.815E-01	4.481E+02	9.421E-05	4.072E-02	2.006E-02	8.670E+00
103.75	1.819E-01	4.483E+02	3.695E-05	1.193E-02	7.383E-03	2.846E+00
118.49	1.822E-01	4.484E+02	1.977E-05	6.675E-03	5.386E-03	1.818E+00
137.34	1.825E-01	4.485E+02	1.014E-05	2.954E-03	3.201E-03	9.322E-01
163.49	1.827E-01	4.485E+02	6.956E-06	1.702E-03	2.611E-03	6.388E-01
201.88	1.829E-01	4.486E+02	3.863E-06	7.655E-04	1.788E-03	3.543E-01
260.79	1.835E-01	4.487E+02	8.695E-06	1.334E-03	5.188E-03	7.958E-01
320.92	1.837E-01	4.487E+02	1.424E-06	1.480E-04	1.240E-03	1.288E-01
801.25	1.840E-01	4.487E+02	3.671E-07	1.833E-05	6.376E-04	3.183E-01
15044.47	1.855E-01	4.487E+02	5.520E-08	1.468E-07	1.090E-03	2.899E-01

Ek-7 (Devam) Azot Adsorpsiyon yüzey alanı gözeneklilik verileri

TOTAL PORE VOLUME

Total pore volume = 3.187E-01 cc/g for

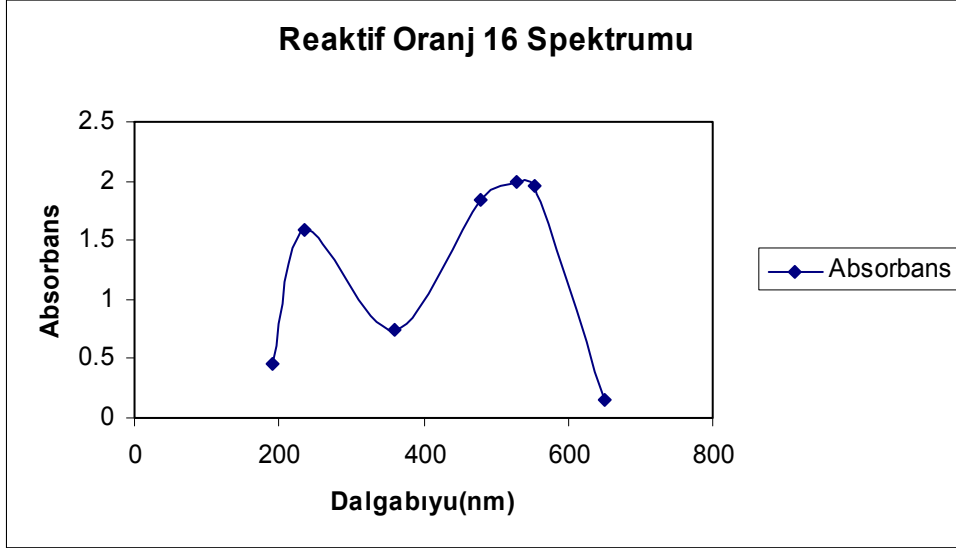
pores smaller than 28959.6 Å

(Diameter), at P/Po = 0.99934

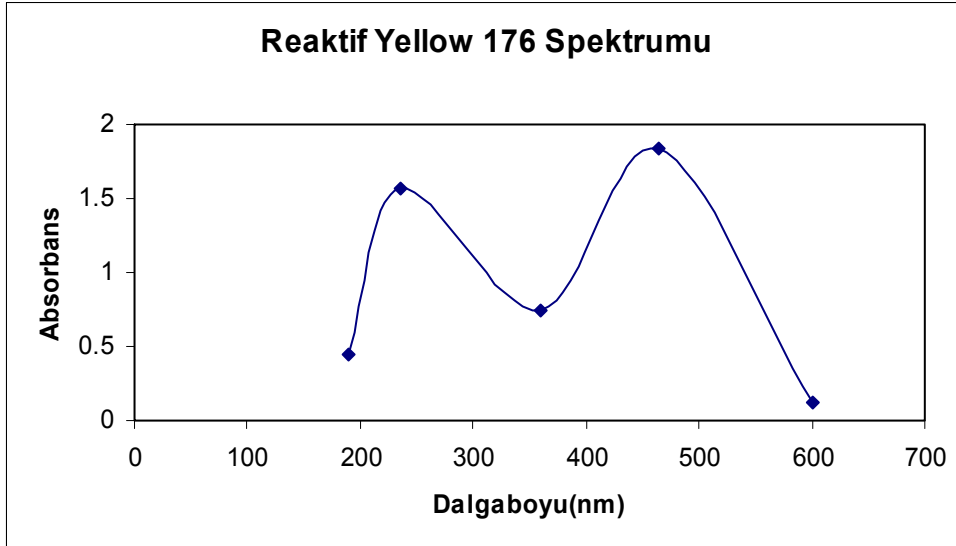
AVERAGE PORE SIZE Average Pore

Diameter = 1.830E+01 Å

EK 8. Reaktif Boyaların UV Spektrumları

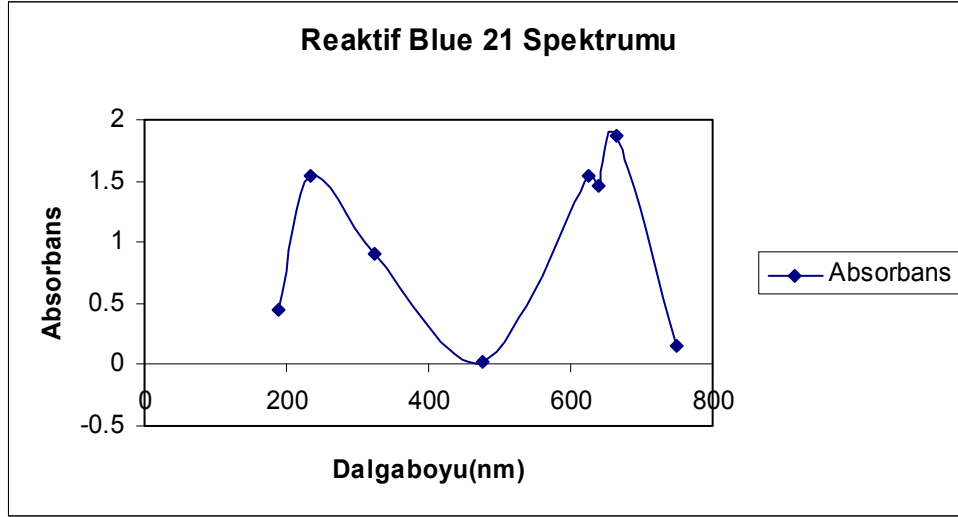


Şekil 8.1. Reaktif Oranj16'nın UV Spektrumu



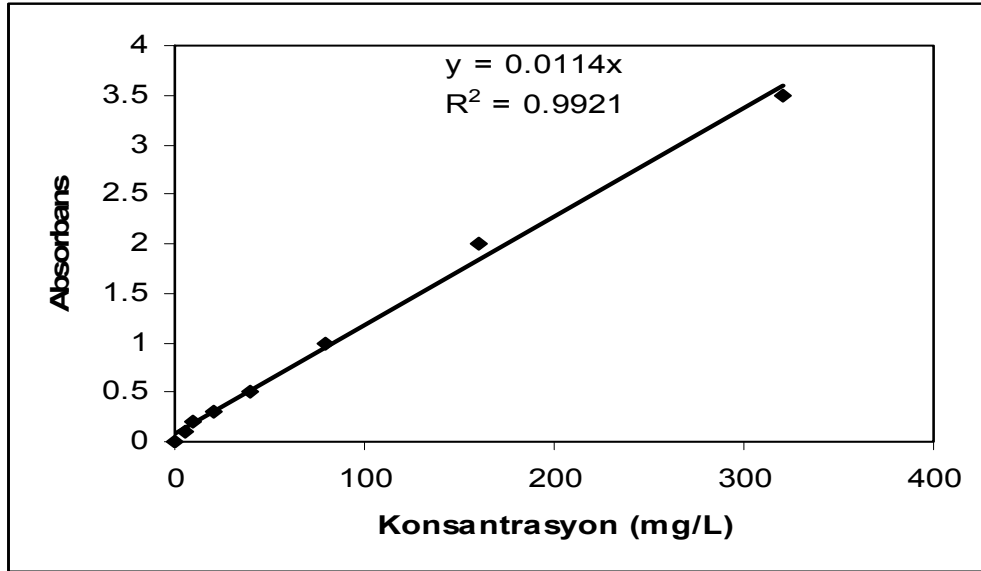
Şekil 8. 2. Reaktif Yellow 176'nın UV Spektrumu

EK 8. (Devam) Reaktif Boyaların UV Spektrumları

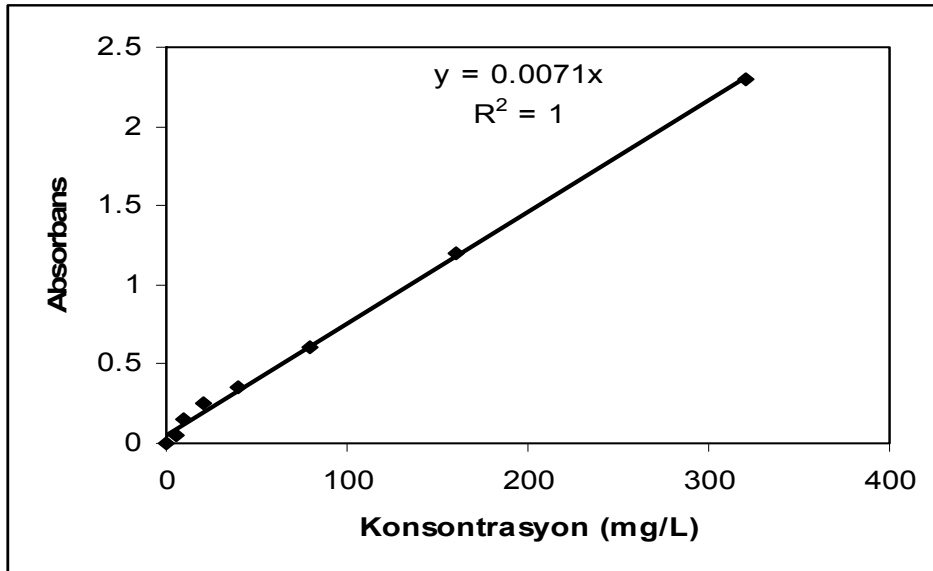


Şekil 8.3. Reaktif Blue 21'in UV Spektrumu

EK 9. Reaktif Boyaların Kalibrasyon Eğrileri

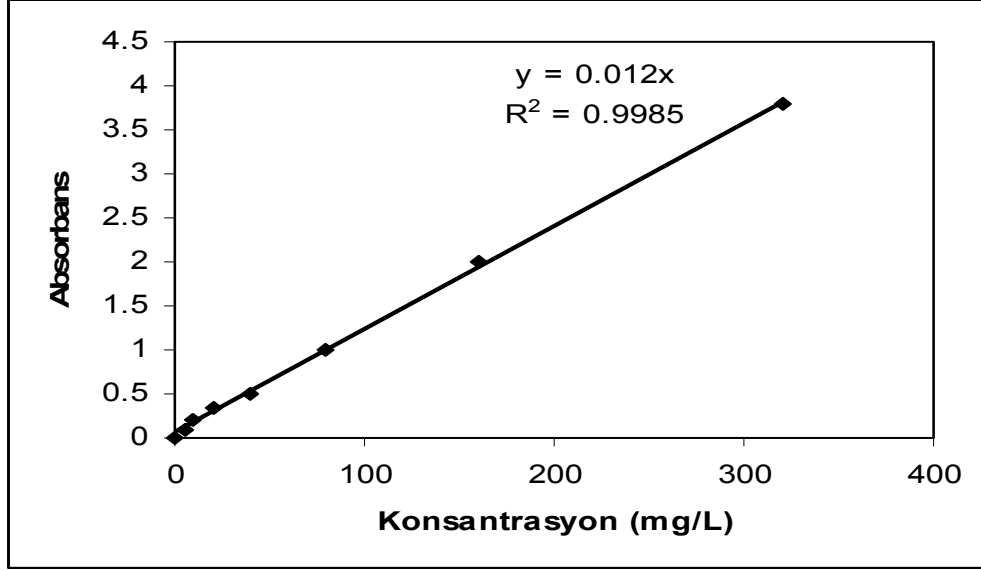


Şekil 9.1. Reaktif Blue 21'in Kalibrasyon Grafiği



Şekil 9.2. Reaktif Yellow 176'nın Kalibrasyon Grafiği

EK 9. (Devam) Reaktif Boyaların Kalibrasyon Eğrileri



Şekil 9.3. Reaktif Oranj 16'nın Kalibrasyon Grafiği

Ek-10 Kesikli adsorpsiyon verileri

1.1. Kinetik veriler

Oranj 16)	nanasol	HBF	SBF
zaman(saatt)	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
0	0	0	0
2	5.33	2	4.5
4	13.17	2.4	5
6	15.25	2.67	6.67
8	17.17	5.67	13.92
10	17.92	7.08	14.17
12	18.08	9	15.25
14	18.5	11.17	16.08
16	19.33	11.25	17.67

Yellow 176	nanasol	HBF	SBF
zaman(saatt)	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
0	0	0	0
2	5.8	9.6	3.2
4	6.4	11.24	3.95
6	7.81	12.98	4.39
8	10.7	14.82	10.3
10	12.54	16.67	13.25
12	36.93	18.42	17.89
14	48.33	39.12	45.96
16	49.12	41.82	46.12

blue21	nanasol	HBF	SBF
zaman(saatt)	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
0	0	0	0
2	5.8	9.6	3.2
4	6.4	11.24	3.95
6	7.81	12.98	4.39
8	10.7	14.82	10.3
10	12.54	16.67	13.25
12	36.93	18.42	17.89
14	48.33	39.12	45.96
16	49.12	41.82	46.12

1.2. Adsorpsiyon izotermi

oranj 16 Co	nanasol Ce	q	hbf Ce	q	sbf Ce	q
0	0	0	0	0	0	0
10			5.56	4.44	8.63	1.37
20			13.06	6.94	12.17	7.83
40	25.5	14.5	19.06	20.94	20.78	19.22
80	49	31	35.69	44.31	36.67	43.33
160	103	57				
320	268	52	260.75	59.25	110	50

Co	Blue21 Ce	nanasol q	hbf Ce	q	sbf Ce	q
0	0	0	0	0	0	0
10	8.9	1.1	8.36	1.64	18.92	1.08
20	15.85	4.15	14.97	5.03	31.49	8.51
40	30.53	9.47	28.04	11.96	54.8	25.2
80	53.42	26.58	51.61	28.39		

Co	yellow 176- Ce	nanasol q	hbf Ce	q	sbf Ce	q
0	0	0	0	0	0	0
5			3.52	1.48	4.37	0.63
10	8.45	1.55			7.89	2.11
20			15.07	4.93	16.2	3.8
40	35	5	31.41	8.59	29.44	10.56
80	72	8	69.44	10.56	137.47	22.53
160	140	20	139.16	20.84	291.69	28.31
320			288.59	31.41		

Ek-10 (Devam) Kesikli deney verileri

1.3. pH verileri

Ph	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
2	51.58	52.32	54.74
4	48.95	43.68	40
6	45	28.95	21.75
7	30.26	23.16	18.68
8	23.68	20.53	18.48

yellow 176-nanasol		hbf	sbf
Ph	q (mg/g)	q (mg/g)	q (mg/g)
2	24.93	50	49.72
4	21.83	35.21	33.66
6	19.72	26.06	32.39
7	1.49	14.79	19.72
8	14.37	9.86	11.27

oranj 16-nanasol		hbf	sbf
pH	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
2	35.42	41.25	43
4	32.5	38.75	29.33
6	32.5	29.58	33.33
7	31.67	20.83	31.67
8	28.33	19.58	14

Ek-10 (Devam) Kesikli deney verileri

1.4. Adsorplayıcı Derişimi verileri

yellow176	naansol	hbf	sbfi
Ads Der(g/L)	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
1	56.06	47.89	57.75
2	51.83	44.37	55.63
3	39.15	34.79	50.28
4	37.04	31.27	45.63
5	32.82	30.56	35.92
6	17.89	27.75	31.13

blue21	nanasol	hbf	sbfi
Ads. Deriş(g/L)	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
1	46.14	50	43.46
2	42.23	49.3	35.44
3	34.56	49.12	27.19
4	31.4	48.77	18.95
5	23.1	47.54	15.97
6	20.35	43.86	6.84

Oranj 16	nanasol	hbf	sbfi
Ads. Derişim(g/L)	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
1	43	38.67	47.5
2	40	32.67	38.17
3	33.67	25	33.17
4	29.33	11.33	30.33
5	20	9	26.5
6	11	3.25	8.67

Ek-10 (Devam) Kesikli deney verileri

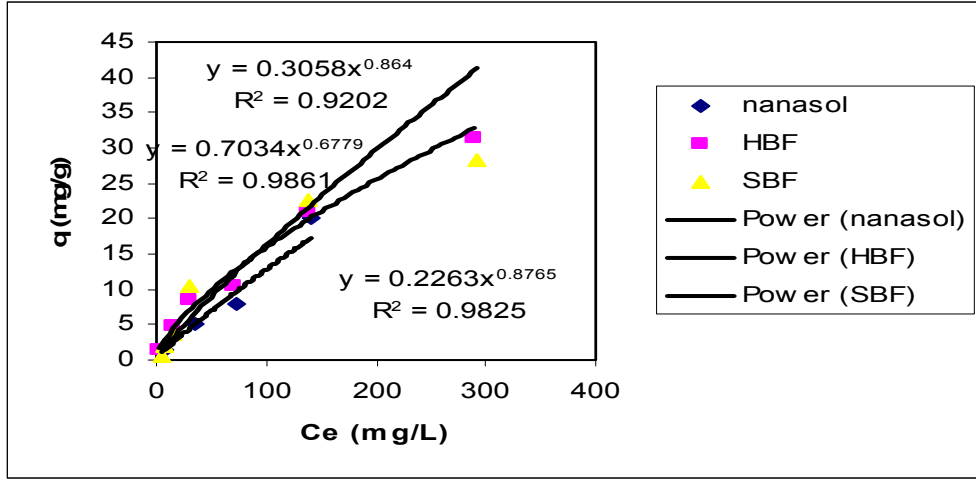
1.5. Sıcaklık verileri

Blue21	nanasol	hbf	sbf
t(°C)	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
20	33.42	28.95	23.37
25	32.37	27.63	20.53
30	29.47	27.1	16.84
35	28.16	24.76	15.79
40	26.05	21.84	7.89

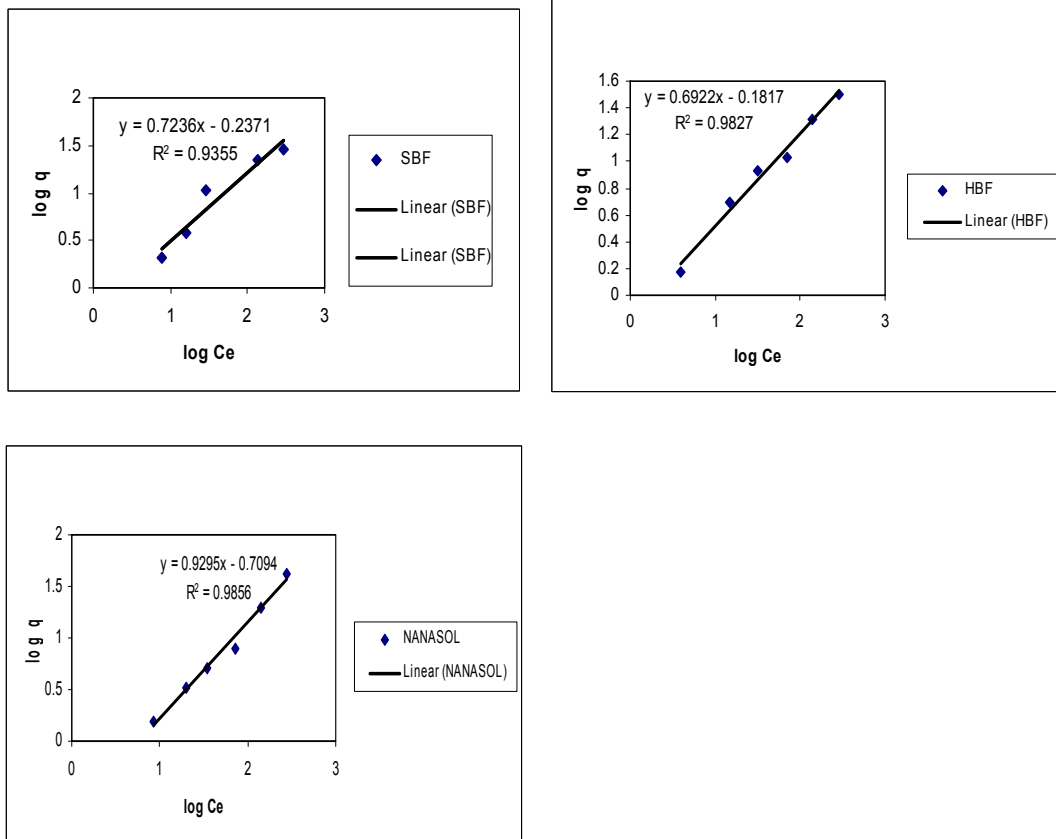
Yellow 176			
nanasol		HBf	SBF
t(°C)	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
20	47.89	64.08	51.83
25	47.18	57.32	49.72
30	45.77	47.18	43.38
35	45.07	34.08	29.01
40	43.96	27.75	28.59

Oranj			
16		HBf	SBF
t(°C)	q(mg/g)	q(mg/g)	q(mg/g)
20	35	32.92	29.58
25	33	24.58	27.08
30	32.08	22.92	24.17
35	26.83	20.83	17.08
40	23.67	18.75	15.42

EK-11 Freundlich İzoterm Modelleri



Şekil 11.1. Yellow 176 İçin Freundlich izotermi (Doğrusal olmayan regresyon)



Şekil 11.2. Reaktif Oranj 16 için Freundlich izotermi (Doğrusal regresyon)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇELİK, Aysun
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 02.01.1974
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (536) 686 9227
 Faks : -
 e-mail : acelik@superposta.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Ankara Üniv. /Kimya Müh. Böl.	1999
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Kimya Müh.Böl.	1995
Lise	Keçiören Lisesi	1991

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-	K.K.K. 1.Ana Bakım Merk. Kmt.	Ar-Ge Müh.
1999-2000	Çimentoş Gazbeton Fab.	Kalite Kontrol Sor.

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Çelik, A.,Yıldız, N., Çalimli A. 1999. Sorption Charactics of organic compounds on three hexadecyl-trimethylammonium-smectites having different cation exchange capacities, Reviews in Chemical Engineering, 15(4):349-362.

Çelik, A., Yıldız, N., Çalimli A. 2000. Adsorption of organic compounds by hexadecyl –trimethylammonium*bentonite, Reviews in Chemical Engineering, 16(3):301-309.

Hobiler

Tiyatro –seyahat