

79102

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI AĞIR METALLERİN LİKENLER İLE
UZAKLAŞTIRILMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER**

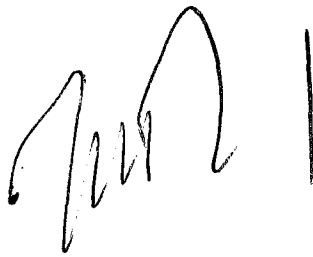
Kimyager Ferda YEŞİLÇİMEN

F.B.E. Kimya Anabilim Dalı Analitik Kimya Bilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Göksel AKÇIN

İSTANBUL, 1998



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI
ANALİTİK KİMYA BİLİM DALI

79102

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
SİMGE LİSTESİ	i
KISALTIMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
3. GENEL BÖLÜM	6
3.1 Çalışılan Likenler Hakkında Bilgi	6
3.1.1 Usnea florida	7
3.1.2 Dermatocarpon miniatum.....	8
3.1.3 Dermatocarpon intestiniforme.....	9
3.1.4 Pseduernia furfuracea	10
3.2 Ağır Metallerin Bitkiler Tarafından Absorbsiyonu	11
3.3 Çalışılan Metaller Hakkında Bilgi	11
3.3.1 Kurşun.....	11
3.3.1.1 Kullanım alanı	11
3.3.1.2 Toksisitesi	11
3.3.1.3 Analiz metodunun seçilmesi	12
3.3.2 Bakır	12
3.3.2.1 Kullanım alanı	12
3.3.2.2 Toksisitesi	13
3.3.2.3 Analiz metodunun seçilmesi	13
3.4 Ağır Metallerin Türkiye ve Çeşitli Ülkelerdeki İçme Suyu Standartları.....	13
3.5 Ağır Metallerin Uzaklaştırma Yöntemleri	14
3.5.1 Kimyasal çöktürme	15
3.5.2 İyon değiştirme.....	15
3.5.3 Ultrafiltrasyon.....	15

3.5.4	Ters osmoz.....	16
3.5.5	Elektrodializ.....	16
3.6	Metal Uzaklaştırma, Zenginleştirme ve Türlendirme Amaçları İçin Biyolojik Organizmaların Kullanılması.....	17
3.6.1	Metal biriktirme mekanizmaları.....	17
3.6.2	Deneysel metal biriktirme işlemleri.....	18
4.	DENEYSEL BÖLÜM.....	19
4.1	Kullanılan Alet ve Kimyasallar.....	19
4.1.1	Kullanılan aletler.....	19
4.1.2	Kullanılan kimyasallar.....	19
4.2	Biyokütle Örneklerin Toplanması ve Biyosorpsiyona Hazırlanması.....	19
4.3	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi Çalışma Şartları.....	21
4.4	Çalışılan Ağır Metallerin Liken Biyokütelleri İle Optimum Uzaklaştırma Şartlarının Belirlenmesi.....	21
4.4.1.	Usnea florida.....	24
4.4.1.1.	Metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi.....	24
4.4.1.2.	Metal bağlanması üzerine metal konsantrasyonunun etkisi.....	26
4.4.1.3.	Metal bağlanması üzerine pH'ın etkisi.....	28
4.4.2.	Dermatocarpon miniatum.....	30
4.4.2.1.	Metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi.....	30
4.4.2.2.	Metal bağlanması üzerine metal konsantrasyonunun etkisi.....	32
4.4.2.3.	Metal bağlanması üzerine pH'ın etkisi.....	34
4.4.3.	Dermatocarpon intestiniforme.....	36
4.4.3.1.	Metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi.....	36
4.4.3.2.	Metal bağlanması üzerine metal konsantrasyonunun etkisi.....	38
4.4.3.3.	Metal bağlanması üzerine pH'ın etkisi.....	40
4.4.4.	Pseudeuernia furfuracea.....	42
4.4.4.1.	Metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi.....	42
4.4.4.2.	Metal bağlanması üzerine metal konsantrasyonunun etkisi.....	44
4.4.4.3.	Metal bağlanması üzerine pH'ın etkisi.....	46
4.4.5.	Metal bağlanma mekanizması üzerine ön çalışmalar.....	48
4.4.5.1.	Kurşun bağlanması üzerine biyokütle boyutunun etkisi.....	48
4.4.5.2.	Kurşun bağlanması üzerine asit ve bazla ön yıkamanın etkisi.....	48
4.4.5.3.	Kurşun bağlanması üzerine EDTA'nın etkisi.....	50
4.4.6.	Karışık Element Analizi.....	50
4.4.6.1.	Usnea florida.....	50
4.4.6.2.	Dermatocarpon miniatum.....	52
4.4.6.3.	Dermatocarpon intestiniforme.....	54
4.4.6.4.	Pseudeuernia furfuracea.....	56
5.	SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	58
5.1.	Metal bağlanması üzerine etki eden faktörler.....	58
5.1.1.	Metal bağlanmasının karıştırma süresinin bağlılığı.....	58
5.1.2.	Metal bağlanmasının ortamda bulunan metal konsantrasyonuna bağlılığı.....	62
5.1.3.	Metal bağlanmasının pH'a bağlılığı.....	65
5.2	Metal Bağlanma mekanizmasının İncelenmesi.....	68
5.2.1.	Metal bağlanmasının biyokütle tanecik boyutuna bağlılığı.....	68
5.2.2.	Metal bağlanmasının asidik ve bazik ön işlemlere bağlılığı.....	68

5.2.3. Metal bağlanmasının ortamda EDTA bulunmasına bağlılığı.....	68
5.2.4. Metal bağlanması üzerine karışık element analizinin etkisi.....	69
5.2.5. Bazı sonuçların istatistiksel değerlendirilmesi	69
5.3. Sonuçların İçme suyu standartlarına göre değerlendirilmesi	70
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	74



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 Usnea florida.....	7
Şekil 3.2. Dermatocarpon miniatum.....	8
Şekil 3.3. Dermatocarpon intestiniforme.....	9
Şekil 3.4. Pseudeuernia furfuracea.....	10
Şekil 4.1. Likenlerin temini ve biyosorbisyona hazırlanmasının akım şeması.....	20
Şekil 4.2. AAS ile hazırlanan kurşun standart ölçü eğrisi.....	22
Şekil 4.3. Likenlere ağır metal bağlanmasının incelendiği deneylerin akım şeması.....	23
Şekil 4.4. Karıştırma Süresinin Kurşun Bağlanması Üzerine Etkisi.....	25
Şekil 4.5. Karıştırma Süresinin Bakır Bağlanması Üzerine Etkisi.....	25
Şekil 4.6. Kurşun Bağlanması Üzerine Kurşun Konsantrasyonunun Etkisi.....	27
Şekil 4.7. Bakır Bağlanması Üzerine Bakır Konsantrasyonunun Etkisi.....	27
Şekil 4.8. Kurşun Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi.....	29
Şekil 4.9. Bakır Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi.....	29
Şekil 4.10. Karıştırma Süresinin Kurşun Bağlanması Üzerine Etkisi.....	31
Şekil 4.11. Karıştırma Süresinin Bakır Bağlanması Üzerine Etkisi.....	31
Şekil 4.12. Kurşun Bağlanması Üzerine Kurşun Konsantrasyonunun Etkisi.....	33
Şekil 4.13. Bakır Bağlanması Üzerine Bakır Konsantrasyonunun Etkisi.....	33
Şekil 4.14. Kurşun Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi.....	35
Şekil 4.15. Bakır Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi.....	35
Şekil 4.16. Karıştırma Süresinin Kurşun Bağlanması Üzerine Etkisi.....	37
Şekil 4.17. Karıştırma Süresinin Bakır Bağlanması Üzerine Etkisi.....	37
Şekil 4.18. Kurşun Bağlanması Üzerine Kurşun Konsantrasyonunun Etkisi.....	39
Şekil 4.19. Bakır Bağlanması Üzerine Bakır Konsantrasyonunun Etkisi.....	39
Şekil 4.20. Kurşun Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi.....	41
Şekil 4.21. Bakır Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi.....	41
Şekil 4.22. Karıştırma Süresinin Kurşun Bağlanması Üzerine Etkisi.....	43
Şekil 4.23. Karıştırma Süresinin Bakır Bağlanması Üzerine Etkisi.....	43
Şekil 4.24. Kurşun Bağlanması Üzerine Kurşun Konsantrasyonunun Etkisi.....	45
Şekil 4.25. Bakır Bağlanması Üzerine Bakır Konsantrasyonunun Etkisi.....	45
Şekil 4.26. Kurşun Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi.....	47
Şekil 4.27. Bakır Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi.....	47
Şekil 4.28. Kurşun Bağlanması Üzerine Asit ve Bazla Ön Yıkamanın Etkisi.....	49
Şekil 4.29. Metal Bağlanması Üzerine Ortamda Buluna Diğer metallerin Etkisi.....	51
Şekil 4.30. Metal Bağlanması Üzerine Ortamda Buluna Diğer metallerin Etkisi.....	53
Şekil 4.31. Metal Bağlanması Üzerine Ortamda Buluna Diğer metallerin Etkisi.....	55
Şekil 4.32. Metal Bağlanması Üzerine Ortamda Buluna Diğer metallerin Etkisi.....	57
Şekil 5.1. Karıştırma Süresinin metal Bağlanması Üzerine Etkisi(U.florida).....	58
Şekil 5.2. Karıştırma Süresinin metal Bağlanması Üzerine Etkisi(D.miniatum).....	59
Şekil 5.3. Karıştırma Süresinin metal Bağlanması Üzerine Etkisi(D.intestiniforme).....	60
Şekil 5.4. Karıştırma Süresinin metal Bağlanması Üzerine Etkisi(P.furfuracea).....	61
Şekil 5.5. Metal Bağlanması Üzerine metal Konsantrasyonunun Etkisi(U.florida).....	62
Şekil 5.6. Metal Bağlanması Üzerine metal Konsantrasyonunun Etkisi(D.miniatum)...	63
Şekil 5.7. Metal Bağlanması Üzerine metal Konsantrasyonunun Etkisi(D.intestiniforme).....	64
Şekil 5.8. Metal Bağlanması Üzerine metal Konsantrasyonunun Etkisi(P.furfuracea)..	65
Şekil 5.9. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi(U.florida).....	66

Şekil 5.10. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi(<i>D.miniatum</i>).....	66
Şekil 5.11. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi(<i>D.intestiniforme</i>)	67
Şekil 5.12. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi(<i>P.furfuracea</i>)	67



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Türkiye ve Çeşitli Ülkelerde İçme Sularında Müsaade Edilen Maksimum Konsantrasyonlar.....	14
Çizelge 4.1. Metallerin Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi Çalışma Şartları	21
Çizelge 4.2. Başlangıç Çalışma Şartları	22
Çizelge 4.3. Karıştırma Süresinin metal Bağlanması Üzerine Etkisi.....	24
Çizelge 4.4. Metal Bağlanması Üzerine metal Konsantrasyonunun Etkisi	26
Çizelge 4.5. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi	28
Çizelge 4.6. Karıştırma Süresinin metal Bağlanması Üzerine Etkisi.....	30
Çizelge 4.7. Metal Bağlanması Üzerine metal Konsantrasyonunun Etkisi	32
Çizelge 4.8. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi	34
Çizelge 4.9. Karıştırma Süresinin metal Bağlanması Üzerine Etkisi.....	36
Çizelge 4.10. Metal Bağlanması Üzerine metal Konsantrasyonunun Etkisi	38
Çizelge 4.11. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi	40
Çizelge 4.12. Karıştırma Süresinin metal Bağlanması Üzerine Etkisi.....	42
Çizelge 4.13. Metal Bağlanması Üzerine metal Konsantrasyonunun Etkisi	44
Çizelge 4.14. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi	46
Çizelge 4.15. Metal Bağlanması Üzerine Biyokütle Tanecik Boyutunun Etkisi	48
Çizelge 4.16. Metal Bağlanması Üzerine Asit ve Bazla Ön Yıkamanın Etkisi.....	49
Çizelge 4.17. Metal Bağlanması Üzerine EDTA Etkisi	50
Çizelge 4.18. Metal Bağlanması Üzerine Ortamda Bulunan Diğer Metallerin Etkisi	51
Çizelge 4.19. Metal Bağlanması Üzerine Ortamda Bulunan Diğer Metallerin Etkisi.....	53
Çizelge 4.20. Metal Bağlanması Üzerine Ortamda Bulunan Diğer Metallerin Etkisi...	55
Çizelge 4.21. Metal Bağlanması Üzerine Ortamda Bulunan Diğer Metallerin Etkisi.....	57
Çizelge 5.1. Bazı sonuçların İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	69

Simge Listesi

ppm	mg/L
μm	mikrometre



Kısaltma Listesi

AAS	Atomik absorpsiyon spektrometresi
ICP	Inductively Coupled Plazma Yöntemi
vd.	ve diğerleri



TEŐEKKÜR

Benim Yüksek lisans yapmama vesile olan, bu çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan ve çalışma esnasında her türlü yardım ve ilgilerini esirgemeyen benim en değerli hocam Sayın Doç.Dr.Göksel AKÇIN'a sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Çalışma esnasında bilgi ve desteklerini esirgemeyen çok değerli Yüksek Kimyager Ömer Saltabaş'a sonsuz teşekkürler ederim.

ÖZET

Bu çalışmada, kurşun ve bakır metallerin uzaklaştırılması amacıyla liken (*Usnea florida*, *Dermatocarpon intestiniforme*, *Dermatocarpon miniatum*, *Pseudeuernia furfuracea*) biyokütlelerin kullanılabilirliğinin incelenmesi, optimum metal uzaklaştırma şartlarının araştırılması, biyokütlenin metal bağlama özelliğinin artırılması incelenmiştir. Çalışılan ağır metallerin liken biyokütleleri ile optimum uzaklaştırma şartlarının belirlenmesi amacıyla; metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin, başlangıç metal konsantrasyonunun ve pH'nın etkileri ayrı ayrı incelendi.

Bu çalışmada; liken biyokütlelerinin tanecik boyutunun küçülmesi ile metal bağlanma miktarının arttığı, çalışılan metallerin biyokütle üzerine bağlanmasının çok hızlı gerçekleştiği, ortamda mevcut olan metal konsantrasyonunun artmasıyla metal bağlanmasının da arttığı ve optimum şartlarda çalışılan metallerin bağlanma derecelerinin %85' in üzerinde gerçekleştiği, metal bağlanmasının pH' ya kuvvetle bağımlı olduğu, düşük pH' larda çok düşük metal bağlanması gözlenirken pH'nın artmasıyla metal bağlanmasının da hızla arttığı bulunmuştur. Bunların yanında ortamda EDTA bulunmasının metal bağlanmasını tamamen engellediği ve hem asidik hem de bazik ön işlemlerin metal bağlanma miktarını fazla miktar arttırmadığı bulunmuştur. Sadece *Dermatocarpon intestiniforme* liken biyokütlesinde asidik ön işlemin metal bağlanmasını % 10 oranında azalttığı bulunmuştur. *Dermatocarpon intestiniforme* ve *Pseudeuernia furfuracea* likenlerinde bazik ön işlemin %2-6 arasında arttırdığı bulunmuştur.

Bu çalışmanın diğer bir kısmında Pb, Cr, Cu, Zn metallerin birarada liken tarafından uzaklaştırılması incelenmiştir. Bu likenler tarafından metallerin birarada iken alımları, tek kurşun ve bakır metali alımından daha fazla olduğu gözlenmiştir.

ABSTRACT

In this study, use of nonliving lichen biomass, condition of optimum metal uptake, increasing of metal binding capacity of biomass were investigated to purpouse lead and copper metals. For optimum metal uptake by lichens were investigated effect of mixing time of metal binding and initial concentration of metal and pH.

As a result, amount of metal bound was increased with decreasing of particle size of lichens biomass. Binding of studied metals on biomass was found very rapid, amount of metal bound increased with the concentration of metal available. At optimum conditions, the degree of binding of studied metals was >85%. PH of the solution had astrong effect on the binding of all studied metals, very little binding was seen at pH 2 but increased rapidly with increasing pH.

Although binding was completely blocked in presence of EDTA and both acidic and basic pretreatment was seen very little increased the amount of metal bound. Only metal binding capacity of dermatocarpon intestiniforme lichen biomass was decreased 10 % after acidic pretreatment. Metal binding capacity of Dermatocarpon intetiniforme and pseudeuernia furfuracea lichens biomass were increased 2-6% after basic pretreatment.

Another part of in this study, Pb(II), Cu(II), Cr(III), Zn(II) in the same media were removed by lichens. Of this part, metal binding of lichens were seen very increased.

1. GİRİŞ

Sanayinin gelişmesi insanoğlunun birtakım sorunlarını çözümlendiği gibi, yenilerini de beraberinde getirmiştir. Bunların en önemlilerinden biride su kirliliğidir. Çeşitli sebeplerle ağır metaller akarsu, göl ve denizlere gelerek suda yaşayan canlılara ve bunlarla beslenen kara canlılarına zarar vermektedir. Ağır metallerin canlı organizmaların çoğunun üzerinde toksik etkileri vardır. Biyolojik bozulmaya yatkın organik kirleticilerin aksine ağır metaller zararsız ürünlere dönüşmezler. Bu nedenle içme ve atık sularda bulunan toksik ve ağır metal kirleticilerin uzaklaştırılması en önemli çevre olaylarından birisidir. Bu olgu yıllardır bilinmesine rağmen etkili arıtma yöntemleri sınırlıdır. Seyreltik sulu çözeltilerden metal iyonlarını uzaklaştırmak için kullanılan en yaygın işlemler; kimyasal çöktürme, iyon değiştirme, ters ozmoz ve ekstraksiyondur. Bununla beraber bu işlemler; tam olmayan metal uzaklaştırılması, yüksek miktarda enerji-madde ihtiyacı ve uzaklaştırılması gerekli toksik çamur veya diğer atık ürünlerinin oluşması gibi önemli dezavantajlara sahiptir. Bu dezavantajlar özellikle düşük metal konsantrasyonlarında daha belirgindir.

Çeşitli organizmaların metal iyonlarını biriktirmesi son yılların ilgi odaklarından birisidir. Endüstriyel atıkların iyileştirilmesi ve metallerin geri kazanılmasında biyokütle kullanımının en önemli avantajları;

- aktif bağlama bölgelerinin çok çeşitli olması,
- şekillerinin küçük ve değişmez olması,
- alkali ve toprak alkali metallerin girişiminden, iyon değiştirici reçinelerden daha az etkilenmesi' dir.

Bu çalışmanın amacı; içme ve atık sularda yaygın olarak bulunan bakır, kurşun, krom ve çinko metallerinin uzaklaştırılmasında cansız liken (*Usnea Florida*, *Dermatocarpon Intestiniforme*, *Dermatocarpon Miniatum*, *Pseudeuernia Furfuracea*) biyokütlelerin kullanılabilirliğinin incelenmesi, optimum metal uzaklaştırma şartlarının araştırılması, biyokütlenin metal bağlama özelliğinin artırılmasıdır ve bu nedenle biyolojik arıtmaya alternatif bir yöntem olarak verilebilir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, içme ve atık sularda yaygın olarak bulunan bazı ağır metallerin uzaklaştırılmasında cansız likenlerin ve biyokütlelerin kullanımıyla ilgili yapılmış olan çalışmalar verilmiştir.

Wainwright and Beckett (1975), *Usnea florida* liken biyokütlesinin çinko bağlamasının dönüşümlü ve klasik Langmuir adsorbsiyon izotermine uyduğunu göstermiştir. Çinko bağlanmasının pH' ya bağımlı olduğunu ve çinkonun protonlarla yer değiştirmesini incelemiştir. Niober vd.(1978), likenlerdeki elementlerin seviyelerini gözden geçirmiş ve Fe/Ti oranının tartılan partiküllerle bağıntılı olduğunu söylemiştir.

Richardson and Niober (1981), likenlerin kirlilik gözlemede biyolojistlerin baş vurdukları bir bitki türü olduğunu söylemiş ve likenlerin bu rolü oynamada neden uygun olduklarını, sebepleriyle açıklamıştır.

Saltabaş ve arkadaşları (1996,1997), *Dermatocorpon intestiniforme*, *Pseudeuernia furfuracea* *Usnea florida* ve *Dermatocorpon miniatum* cansız liken biyokütlelerini sulu çözeltilerdeki Cr, Cu, Pb ve Zn iyonlarını uzaklaştırmak amacıyla kullanmış, metal uzaklaştırılmasının hızla gerçekleştiğini ve metal konsantrasyonu ile pH' ya bağımlı olduğunu bulmuşlardır.

Ramelow vd. (1993), *Bryoria sp.*, ve *Letharia sp.*, likenleri ve *Sargassum sp* yosunlarını silikajel üzerine immobilize etmiş, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni, Fe, Co, Al, Ag, Au ve Hg metallerini uzaklaştırmada adsorban olarak kullanmıştır. Metal iyonları, kolonda pH 5,5' da tutulmuş, 0,05 M sodyum yada amonyum asetat veya 1M HNO₃ ile sıyrılmıştır. Biyosorbentin, içme sularındaki çözülmüş metalleri AAS analizi öncesi 10 kere konsantre ettiğini bulmuştur.

Ramelow vd. (1991), kurutulmuş *Parmatreme praesorediosum*, *Ramalina stenospora*, *Bryoria sp.* *Bryoria Pseudofuscescens* liken biyokütleleriyle sulu çözeltilerdeki bazı metallerin uzaklaştırılmasının birkaç dakikada olduğunu bulmuştur. Metal bağlanmasının pH' ya kuvvetle bağımlı olduğunu optimum şartlarda % 90' nın üzerinde metal bağlanmasının gerçekleştiğini bulmuştur.

Ramelow vd. (1992), kurutulmuş *Gracilaria conferta*, *Eisenia bicyclis* ve *Sargassum sp.* yosunlarıyla sulu çözeltilerden çeşitli metal iyonlarının uzaklaştırılmasını incelemiş, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni ve Fe bağlanmasının pH' ya kuvvetle bağımlı olduğunu, Au, Ag ve Hg'nin bağlanmasının ise pH ile çok az değiştiğini göstermiştir, optimum şartlarda metal bağlanma derecesinin % 90'ın üzerinde olduğunu bulmuştur.

Shengjun and Holcombe (1990), deniz suyundaki bakır iyonlarını zenginleştirmek amacıyla yeşil *Chlorella* yosunlarını kullanmıştır. Yosunların %1'lik HCl ile yıkanması ayrıca ortama sodyum sitrat ve dodesilsülfat ilave edilmesi Cu adsorbsiyonunu artırmıştır. Yosun miktarı ve

çözelti pH'sının kritik olmadığı bulunmuştur. Deniz suyundaki matriksler, Cu adsorbsiyonunu etkilememiştir. Bu çalışma deniz ve nehir suyu örneklerinden bakırı ayırmak ve zenginleştirmek amacıyla *Clotella* yosununun kullanılabileceğini göstermiş ve zenginleştirme faktörü en az 100 olarak bulunmuştur.

Harris and Ramelow (1990), *Chorella vulgaris* ve *Scenedesmus quadricauda* yosunlarının metal bağlama özelliklerini araştırmış, her iki yosun türünün de Ag, Cu, Cd ve Zn' yu birbirine çok benzer olarak bağladığını bulmuşlardır.

Metal alımının 1 dakikada tamamlandığını, Cu, Cd ve Zn bağlanmasının pH' ya çok bağlı olduğunu ve buna rağmen Ag' ün çok geniş bir pH aralığında kuvvetle bağ yaptığını bulmuşlardır. Bağlanmanın $Ag > Cu > Cd > Zn$ sırasıyla gerçekleştiğini ve pH 2 tamponuyla Cu, Cd ve Zn' nun kolaylıkla sıyrılabileceğini bulmuşlardır. Çapraz bağlı bir kopolimer olan etilakrilat-etilenglikoldimetilakrilat'a immobilize edilen *S. quadricauda* yosun biyokütlesiyle kromatografik bir kolonda Cu, Cd ve Zn' yu tutmuş ve bakırı belli bir pH' da uygun çözelti kullanarak başarıyla desorbe etmiştir.

Crist vd. (1981), *Vaucheria* yosunuyla çeşitli metal iyonlarını pH 4,5'de adsorbe etmiştir. Metal iyonlarıyla yer değiştiren protonların oranını şu şekilde bulmuştur. H^+ yer değiştiren / M^{2+} adsorbe edilen : 1,2(Cu^{2+}), 0,66(Zn^{2+}), 0,59(Mg^{2+}), 0,30(Sr^{2+}) ve 0 (Na^+). İyon değiştirmede adsorbsiyon kuvvetinin $Cu^{2+} > Sr^{2+} > Zn^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$ sırasıyla olduğunu bulmuştur.

Elmahadi and Greenway (1981), *Selenestrum capricornutum* yosununu gözenek kontrollü cam üzerine immobilize etmiş, Cu, Pb, Zn, Co, Hg ve Cd' un alevli AAS tayin öncesi sürekli önzenginleştirmek amacıyla bir kolona yerleştirmiştir. Her bir element için giriş pH' sını optimize etmiş, Cu, Hg ve Pb için optimum pH değerlerini sırasıyla 7,5 , 6,5 ve 5,5 olarak ve Zn, Co ve Cd metalleri için sırasıyla pH değerlerini 7,5 , 8,0 ve 8,5 olarak bulmuşlardır. Cu, Zn ve Pb' u 0,1 M' lik HCl' in 100 μL ' si ile geri alırken, Co' ı ancak 1 M' lik HCl' in 100 μL ' si ile geri alabilmiştir. Hg' yı kontrolü en zor olan metal olarak bulmuş ve kolondan geri almayı ancak kuvvetli kompleks yapıcı maddelerle (tiyoüre) başarabilmiştir. Ayrıca immobilize edilmiş yosunun yarı ömrünü 4 ° C' nin altında saklamak suretiyle 3 ay olarak bulmuştur.

Tobin vd. (1984), *Rhizopus arrhizus* mantar biyokütlesinin çeşitli metal katyon ve anyonlarını absorbladığını buna rağmen alkali metal iyonlarını absorblamadığını bulmuştur. Katyonların uzaklaştırma miktarlarının Ca^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Ba^{2+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} , UO_2^{2+} ve Ag^+ ün iyonik çapıyla direkt olarak ilgili olduğunu bulmuştur. Çalışılan bütün katyonların uzaklaştırılmasının, biyokütle üzerindeki fosfat, karboksilat ve diğer fonksiyonel grupları içeren bölgelerde metallerin adsorbsiyonu ile oluştuğunu, molibdat ve vanadat anyonlarının

uzaklaştırılmasının pH' ya kuvvetle bağımlı olduğunu ve bunların uzaklaştırma mekanizmasının ise pozitif yüklü fonksiyonel grupların elektrostatik çekiminden kaynaklandığını bulmuşlardır.

Nakajima vd. (1981), *Chlorella regularis*'in ağır metal iyonlarını seçici olarak biriktirmesini incelemiş, canlı *Chlorella* hücrelerinin ağır metal iyonlarını uzaklaştırma miktarının $UO_2^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ba^{2+} = Mn^{2+} > Co^{2+} = Cd^{2+} > Ni^{2+} = Sr^{2+}$ sırasıyla ve ısıyla öldürülmüş *Chlorella* hücrelerinin ise $UO_2^{2+} > Cu^{2+} > Mn^{2+} > Ba^{2+} = Zn^{2+} > Co^{2+} = Cd^{2+} > Ni^{2+} > Sr^{2+}$ sırasıyla azaldığını bulmuştur.

Mahan and Holcombe (1992), karışık metal çözeltileri, yapay deniz ve nehir suları gibi farklı çevresel çözeltilerden eser miktarlardaki Pb, Cu, Zn ve Cd' un ayrılması ve ön zenginleştirilmesi amacıyla *Stillococcus bacillaris* yosun kültürünü silika jel üzerine immobilize etmiştir. Pb' u tuzlu su ve deniz suyu hariç bütün çözeltilerden verimli olarak ayırmıştır. Cd ve Zn, substrat ile zayıfça bir bağ yapmış ve sadece karışık element içeren çözeltilerden ve 400 mg/L' den daha az Na ve K içeren çözeltilerden verimli bir şekilde uzaklaştırabilmiştir. Ortamda klorür iyonunun olması, Pb adsorbsiyonunda bir düşme göstermesine rağmen, Cl-Cu olarak bakırın daha iyi adsorbsiyonu nedeniyle bakır iyonunun uzaklaştırılmasında dikkate değer bir artış göstermiştir.

Darnal vd. (1986 b), yosun üzerine adsorbe olan metal iyonları 3 sınıfa ayırmıştır. Birinci sınıf yaklaşık nötral pH değerlerinde kuvvetli bağ yapan metal iyonlarını (Al^{3+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , UO_2^{2+} ve Zn^{2+}) içerir, bunlar pH 2' nin altında bağ yapmaz ve bu pH değerlerinde kimyasal fonksiyonlarının (ör; karboksilatlar) iyonlaşmasından sonra, metal iyonları arasındaki elektrostatik etkileşimlerden dolayı biyokütleden kolayca sıyrılabilirler. İkinci sınıf iyonlar ($PtCl_4^{2-}$, CrO_4^{2-} ve SeO_4^{2-}), birinci sınıf iyonların zıttı bir davranış gösterirler, bunlar düşük pH' larda kuvvetli, pH 5' in üstünde ise zayıf bağ yaparlar. Üçüncü sınıf iyonlar (Ag^+ , Hg^{2+} ve $AuCl_4^-$) bütün metal iyonlarının en kuvvetli bağ yapanlarıdır ve bağlanma pH' dan bağımsızdır. Bazı ikinci ve üçüncü sınıf metal iyonları biyokütle yüzeyinde elementel metale indirgenirler. Örneğin Au^{3+} hızla Au^+ e ve yavaşça elementel Altına indirgenir.

Likenlerin dışında suda yaşayan ve metal alım mekanizmaların benzer olduğu düşünülen su bitkilerinden Canlı Su Sümbülü (*Eichhornia crassipes*)' ne ait çalışmalar oldukça yaygındır (Fujita, 1985; Fayed vd.,1985; Low vd.,1981; Wolverton, 1975 a, Wolverton and McDonald ,1975 b, Wolverton vd.,1978; Hardy, 1985; O'Keeffe, 1984; Chigbo, 1979, 1982; Akçın ve arkadaşları, 1993, 1994, 1996; Saltabaş ve arkadaşları, 1994 a,1994 b; Panda, 1996; El-Enemy vd.,1996; Robichaud vd.,1995).

Cansız Su Sümbülü bitki köklerinin sulu czltilerdeki bakır iyonlarını uzaklaştırılmasına ait calışmalar yapılmış ve metal sorbsiyonu üzerine pH, başlangıç konsantrasyonu ve celat yapıcıların etkilerini incelemiştir (Low vd. 1994 ; Saltabaş ve arkadaşları , 1997).



3. GENEL BÖLÜM

3.1 Çalışılan Likenler Hakkında Bilgi

Sulu çözeltilerden metal iyonlarını uzaklaştırmada çeşitli organizmalar oldukça etkilidirler. Bu organizmalar ;

- Çeşitli su bitkileri
- Bakteriler
- Mantarlar
- Likenler v.s dir.

Likenler, iki farklı organizma olan mantar ve deniz yosunlarının ortak yaşamı sonucunda oluşurlar. Likenler ,dünyanın her yerine özellikle kuzey bölgelere yayılmıştır. Genellikle kayaların , taşların , orman ağaçlarının gövde ve dallarında yetişmektedir. Çeşitli özellikleri ele alınarak farklı tiplere ayrılırlar. Buna göre likenler başlıca üçe ayrılırlar:

1. Dalsı likenler: Bu tipte tal, dik,veya sarkık, ipliksi yapıda olup yalnız taban kısmından ortama tutunmuştur. Dalsı likenlerin çoğunda düzensiz dallanma gösterir. Bu çalışmada, bu grup likenler araştırılmıştır.

2. Yapraksı likenler : Bu tipte tal, ortama yay olarak uzanır. Ortama tutunması köke benzeyen ipliksi bir yapı olan rizin'lerdir. Tal hemen hemen yaprağa benzer veya pulsu yapıdadır.

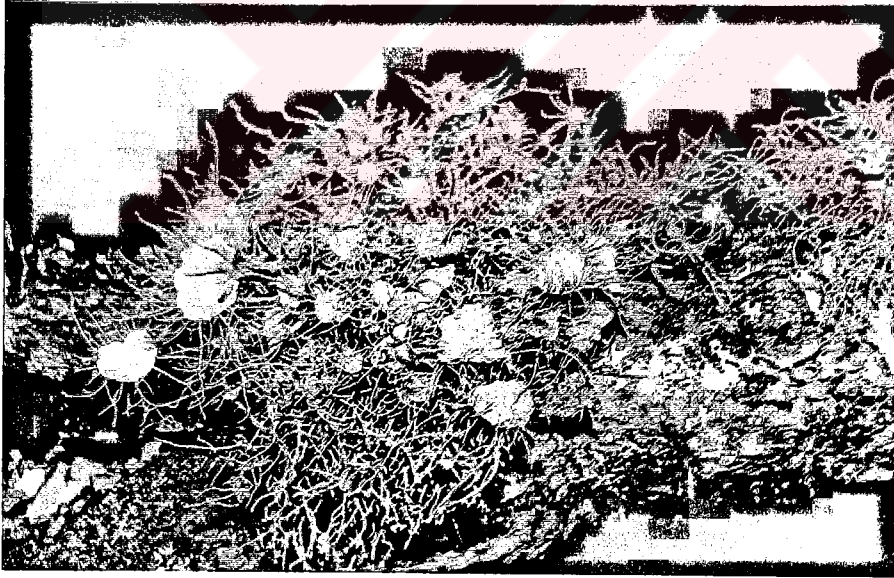
3. Kabuksu likenler: Tal, kabuk gibi sert, yassı ve lopsuz olup, ortama bağlantısı çok sıkıdır ve alt yüzü ile tutunmuştur. Bu tip likenleri bağlı bulunduğu kaya, taş ve topraktan ayırmak oldukça güçtür (Tütel ,1993).

Onların metabolik ürünleri birbirinden farklıdır. 19 yüzyıl' dan beri birçok organik kimyacı bu bitkiler üzerinde çalışmaya başlamışlardır. Önemli araştırmalar , Zoff ve Hesse adlı iki kimyacı tarafından yapılmaya başlanmıştır.

3.1.1 *Usnea florida*

2-5 cm boyunda ,dik ,yoğun olarak püskül şeklinde ,çalımsı ,ana dallar 1 mm genişliğinde kıvrık,yüzeyi gri-yeşil renkte dir. Geniş yapraklı ağaçların dalları üzerinde ve ışıklı yerlerde gelişir.

Toplama istasyonu: Artvin-Ardanuç,Peynirli köyünün 2 km kuzeyinde,yükseklik 1300-1500 m,
Herbaryum No: (AA 12),26.10.1993.



Şekil 3.1 *Usnea florida*

3.1.1 *Usnea florida*

2-5 cm boyunda ,dik ,yoğun olarak püskül şeklinde ,çalımsı ,ana dallar 1 mm genişliğinde kıvrık,yüzeyi gri-yeşil renkte dir. Geniş yapraklı ağaçların dalları üzerinde ve ışıklı yerlerde gelişir.

Toplama istasyonu: Artvin-Ardanuç,Peynirli köyünün 2 km kuzeyinde,yükseklik 1300-1500 m,
Herbarium No: (AA 12),26.10.1993.



Şekil 3.1 *Usnea florida*

3.1.2. *Dermatocarpon miniatum*

Tollus, ekseriyetler çok loblu, lob kalınlığı 0,3-0,5 mm, iç yüzey 10-70 mm çapındadır. Üst yüzey kıvılcak-kahverenginden gri-kahverengine kadar . Alt yüzey sarımsı kahverengi bazen koyu kahverengidir. Geç loblar gri-beyaz unsu yapıdadır.

Toplama istasyonu: Erzurum - Otlu , İnci köyü ve Eski tarmut köyü çevresi,silislı kaya,2300 m, Herbarium No: (AA61), 13.7.1993.

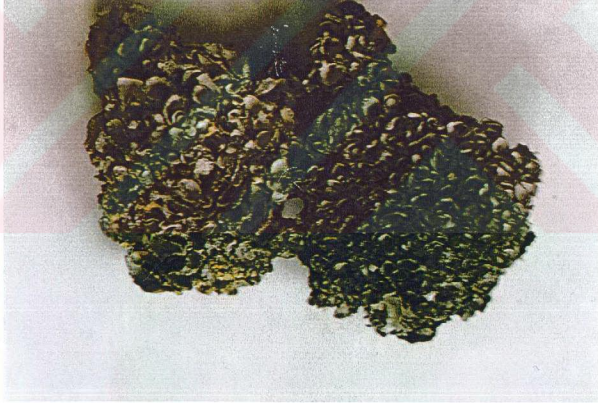


Şekil 3.2. *Dermatocarpon miniatum*

3.1.3. Dermatocarpon intestiniforme

Çok loblu ,lob genişliği 3-10 mm , lob kalınlığı 0,15-0,3 mm , üst yüzeyi gri-kahverengi ve Alt yüzey düz, genellikle koyu kahverengi dir. Islatıldığında rengi değişir. Genç loblar mavimsi beyaz unsu yapıdadır. Lob kenarları genç iken kalkık ,daha sonra içe doğru kıvrılır. Tutunma organları birden fazladır.

Toplama istasyonu: Erzurum - Otlu , İnci köyü ve Eski tarmut köyü çevresi,silisli kaya , 2300 m,Herbaryum No(AA 50),13.7.1993.



Şekil 3.3. Dermatocarpon intestiniforme

3.1.4. *Pseudeuernia furfuracea*

Gri renkte ve yapraklıdır. Geyik boynuzu şeklinde dalları 12 cm uzayabilir. Rüzgarlı , yağışlı ve sisli bölgelerde , odunlar ve silikat kayalar üzerinde gelişir.

Toplama istasyonu: Erzurum ,Otlu-İnci köyü ,kızamıklı çukuru bölgesi, 1300 m,Herbaryum No(AA 42),13.10.1993.



Şekil 3.4. *Pseudeuernia furfuracea*

3.2 Ağır Metallerin Bitkiler Tarafından Absorbsiyonu

Suya çeşitli yollarla giren bir çok kimyasal maddeler suda yaşayan canlıları olumsuz yönde etkileyerek, doğanın dengesini bozmaktadır. Bunların sudan uzaklaştırılmasında kontrollü aquatik bitki kültürleri kullanılmaktadır. Bitkilerin buldukları ortamdaki iyonları az veya çok olarak kendi bünyelerinde topladıkları bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı suları arıtmak için su bitkilerinden yararlanmak düşünülmüştür.

Absorbsiyonda kullanılacak bitkilerin seçimi , bitkinin özelliklerine ve absorbsiyon ortamına bağlıdır (Saltabaş,1991).

3.3 Çalışılan Metaller Hakkında Bilgi

3.3.1 Kurşun

3.3.1.1 Kullanım alanları

Sülfürik asit üretimi, petrol rafinasyonu, halojenasyon, sülfonasyon, ekstraksiyon ve kondenzasyon reaksiyonlarında korozif gaz ve sıvılar kullanıldığından tank astarı, boru ve diğer ekipmanların işlenmesinde yapı malzemesi olarak büyük ölçüde kullanılır. X ışını ve atomik radyasyondan korunmada, tetraetil kurşun, boya pigmenti, diğer organik ve inorganik kurşun bileşiklerinin üretiminde, pillerde, seramik, plastik ve elektronik cihazlarda, inşaat yapımında, akümülatör, insektisid, pigment ve su borularının üretiminde, lehim ve diğer kurşun alaşımlarında, çelik ve diğer metallerin metalürjisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Budavari vd., 1989; Baykut ve diğerleri, 1987).

3.3.1.2. Toksisitesi

Sindirim yoluyla mideye giren kurşun bileşiklerinin çoğu daha çok kronik kurşun zehirlenmelerine ve sindirim sisteminin iltihabına sebep olur. Toz ve buhar şeklindeki bileşiklerinin solunmasıyla kolayca absorbe olup kana geçebilir. Dolaşımında kurşun büyük ölçüde kırmızı kan hücrelerine (% 80-90) ve az bir kısmı da plazma proteinlerine bağlanır. Organizmaya giren kurşun karaciğer, dalak, kemik iliği, böbrekler, kas ve deri gibi çeşitli organ ve dokularda birikir. Daha sonra buralardan serbest hale geçen kurşun molekülleri kalsiyum bağımlı olarak kemik dokusunda (kurşun fosfat) birikim yapar. Serbest kurşunun vücuttan

eliminasyonu dışkı ve idrar yoluyla. Kurşun uzun süre organizmada kalabilen bir maddedir. Biyolojik yarı ömrü 700-800 gün kadardır. Organizmada kurşunun koenzim-A inhibisyonu sonucu glisin ile birleşmesini engelleyip hemoglobinin sentezini bozduğu bildirilmektedir. Kurşunla akut zehirlenmelerde en önce görülen belirtiler bulantı, kusma, sindirim sistemi iltihabı, ağızda metalik tad, karın ağrıları ve boğazda yanma duygusu şeklindedir. Bir kaç saat sonra dilde koyu renkli çizgiler, idrar azlığı, akut kalp dolaşım yetmezliği, kasılma nöbetleri ve koma görülür. Akut zehirlenmeler 2-3 gün içinde ölümlerle sonuçlanabilir.

Kronik zehirlenmelere daha sık rastlanır. Toz, duman ve diğer kurşun partiküllerinin solunum, ağız ve cilt yoluyla alınmasıyla meydana gelir. Kronik kurşun zehirlenmelerinin en belirgin belirtileri; mide-barsak, sinir-kas ve beyin hastalıkları, kan yapısında normal olmayan değişiklikler ve böbrek bozuklukları şeklinde ortaya çıkar.

Tedavi: Ağız yoluyla meydana gelen zehirlenmelerde seyreltilmiş magnezyum yada sodyum sülfat, sülfirik asit, tannik asit, süt, yumurta akı içeren solüsyonlarla mide yıkanır. Antidot tedavisinde normal elektrolit seviyesine sahip serum glukozunda günde 1 g kalsiyum-EDTA kürü beş gün süreyle uygulanır (Dökmeçi, 1988).

3.3.1.3 Analiz metodunun seçilmesi

Atomik Absorbsiyon Spektrometrik (AAS) metodunun alev modundaki tayin sınırı relatif olarak yüksektir ve içme sularında genellikle düşük konsantrasyonlarda olduğundan bir ekstraksiyon işlemine ihtiyaç duyulur. Düşük konsantrasyonlar için elektrotermal atomik absorbsiyon metodu çok daha fazla duyarlıdır ve ekstraksiyona ihtiyaç duymaz. ICP metodunun duyarlılığı alevli atomik absorbsiyon metoduna benzer. Spesifik bir kalorimetrik metod olan ditizon metodunda duyarlıdır (Clesceri vd., 1989).

3.3.2 Bakır

3.3.2.1 Kullanım alanları

Bakır; bronz, pirinç ve diğer bakır alaşımlarında, elektrik iletkenlerinde, oto radyotörlerinde, elektrolitik kaplamada, mühimmatlarda ve bakır tuzlarının elde edilmesinde kullanılır. El sanatlarının yapımında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Budavari vd., 1989; Baykut ve diğerleri, 1987).

3.3.2.2 Toksikitesi

Metalik haldeki bakırın yutulmasının toksik etkisi yoktur. Mineral tuzları ve özellikle çözünebilir nitelikteki tuzlar zehirlenmelere yol açarlar. 10 g bakır sülfat yada 15 g bakır hidrokarbonat öldürücü olabilir. Bakır tuzlarıyla akut zehirlenmeler endüstriyel atıkların yada bakır sülfatın ağızdan alınmalarıyla ağır Çizelge şeklinde bazen ölümle sonuçlanmaktadır. Oral akut zehirlenmelerde bakırın toksik etkisi nedeniyle kısa sürede mavi-yeşil renkte kusma ve şiddetli barsak hastalığı bulguları oluşarak vücut ısısının çok azalmasının görülmesiyle şekillenir.

Tedavi: Potasyum ferrosiyandır (0.50 g/L) solüsyonu ile mide yıkanır. Serum ve kan değişimi tedavisi uygulanır. Şelatör olarak günde 4 g penisilamin (cuprimine) yada 1 g kalsiyum-disodyum EDTA verilir (Dökmeci, 1988).

3.3.2.3 Analiz metodunun seçilmesi

İnterferenslerden uzak olduklarından dolayı atomik absorpsiyon spektrometrik (AAS), ICP ve neocuprin metodları tavsiye edilir. Çeşme suları için Batocuprin metodu kullanılabilir (Clesceri vd., 1989).

3.4. Çalışılan Metallerin Türkiye ve Çeşitli Ülkelerdeki İçme Suyu Standartları

Türk Standartları, Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri ve Rusya' nın kabul etmiş oldukları bu çalışmada incelenen nikel, bakır, kurşun, kadmiyum, krom ve çinko metalleri için içme sularında (genel olarak içme, yemek yapma, temizlik vb. amaçlar için kullanılan sular) müsaade edilen maksimum konsantrasyonlar çizelge 2.1.' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye ve Çeşitli Ülkelerde İçme Sularında Müsaade Edilen Maksimum Konsantrasyonlar (Chapman, 1996)

	WHO ¹ (mg/L)	EU (mg/L)	Kanada (mg/L)	USA (mg/L)	Rusya (mg/L)	Türk Standartları ³ (mg/L)
Cu	2	0.1 ¹ -3.0 ¹	1.0	1	2.0	1.5
Pb	0.01	0.05	0.05	0.015	0.01	0.05
Cr	0.05	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05
Zn	3	0.1 ¹ -50 ¹	5.0	5	5.0	15

WHO : Dünya Sağlık Organizasyonu

EU : Avrupa Birliği

¹ : Tavsiye edilen değerler

² : Bazı değerler yeni uygulanmaktadır

³ : Türk Standartları, TS 266/Haziran 1984 Tarihli, İçme Suları Standardı

TS 266' ya göre tavsiye edilen miktarları aşmayan su kaynaklarının varlığı halinde bu miktarlardan fazla madde bulunduran sular içilmemelidir.

Müsaade edilebilecek maksimum miktarlardan fazla madde bulunduran sular içme suyu olarak kullanılamazlar.

3.5. Ağır Metallerin Uzaklaştırılma Yöntemleri

Günümüzde atık sulardaki ağır metaller ,aşağıda ' kısaca anlatılan yöntemler ile uzaklaştırılmaktadır.

-Kimyasal Çöktürme

-İyon Değişirme

-Ultrafiltrasyon

-Ters Ozmoz

-Elektrodializ

3.5.1 Kimyasal çöktürme

Atık sulardaki bazı ağır metaller, çeşitli inorganik iyonlar ve fosforun çöktürülmesi genellikle alüm, kireç yada demir tuzları gibi koagülanların ilavesiyle yapılır. Kimyasal çöktürme işleminde, çöken ağır metallerin toksisitelerinden dolayı çamur stabilizasyonu için anaerobik parçalama mümkün olmayabilir. Kimyasal çöktürmenin dezavantajlarından biri genellikle arıtılmış atık suyun toplam çözünmüş katı miktarının net bir artış göstermesidir. Diğer dezavantajları ise arıtılması gerekli fazla miktarda çamur oluşmasıdır. Bu çamurlar toksik madde içerdiğinden arıtılması ve uzaklaştırılması zordur (Tchobanoglous vd., 1991).

3.5.2 İyon değiştirme

İyon değiştirme, çözünmeyen bir değiştirme materyaline bağlanmış bir iyon türünün, çözeltideki aynı yükte farklı tür iyonlarla yer değiştirdiği bir prosesdir. Bu prosesin en yaygın kullanımı içme sularının yumuşatılmasıdır. Bu işlemde arıtılması istenen sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonları, katyon değiştirici bir reçinedeki sodyum iyonlarıyla yer değiştirir, böylece sertlik azalır. Toplam çözünmüş katıların azaltılması için, anyon ve katyon değiştirici reçinelerin her ikisi de kullanılmalıdır.

İyon değiştiricilerin kullanımı genellikle yukarıdan aşağı akışlı kolon tipindedir. Atık su, kolonunun üzerinden basınç altında girer, reçine yatağından aşağı doğru geçer ve kolonun alt kısmından çıkar. Reçine kapasitesi dolduğunda, tutulan iyonları uzaklaştırmak için kolon geri yıkanır ve daha sonra rejenere edilir. Katyon değiştirici reçine sülfürik yada hidroklorik asit gibi kuvvetli bir asitle rejenere edilir. Sodyum hidroksit ise anyon değiştirici reçine için yaygın olarak kullanılan bir rejenerant'tır (Tchobanoglous vd., 1991).

3.5.3 Ultrafiltrasyon

Ultrafiltrasyon sistemleri çözünmüş ve kolloidal maddelerin uzaklaştırılmasında gözenekli membranların kullanıldığı basınç sürüklemeli membran prosesleridir. Bu sistemleri ters ozmoz sistemlerinden ayıran özellik daha düşük basınç sürüklemeli (genellikle 1034 kN/m^2 'nin altında) olmalarıdır. Ultrafiltrasyon normal olarak kolloidal maddeleri ve molekül ağırlığı 5000' in üzerindeki büyük molekülleri uzaklaştırmak için kullanılır. Sulardaki yağları ve renkli kolloidlerden bulanıklığı uzaklaştırma işlemleri ultrafiltrasyon uygulamalarındandır.

Ultrafiltrasyon ayrıca fosfor uzaklaştırma işlemleri için tavsiye edilmektedir (Tchobanoglous vd., 1991).

3.5.4 Ters ozmoz (Hiperfiltrasyon)

Ters ozmoz, çözeltideki çözünmüş tuzları , yüksek basınçta yarı geçirgen bir zar kullanarak filtre eden bir prostedir. Membran ve diğer ekipmanlar operasyon basıncını atmosferik basınçtan 6900 kN/m² ye kadar değiştirir. Ters ozmoz çözünmüş organikleri daha az seçici olarak uzaklaştıran diğer demineralizasyon tekniklerinden daha avantajlıdır. 'Ters ozmoz' un en önemli dezavantajları ise yüksek fiyatı ve evsel atık su arıtımında deneyimlerin sınırlı olmasıdır. Ters ozmoz üniteleri uygun hidrolik kapasiteyi sağlamak amacıyla paralel veya istenen derecedeki demineralizasyonu sağlamak amacıyla seri olarak ayarlanabilir.

Ters ozmoz ünitesinden etkili bir şekilde verim almak için yükleme çözeltisi çok yüksek kalitede olmalıdır, aksi takdirde ünitenin membran elamanları yükleme çözeltisindeki kolloidal maddelerle kirlenebilir. Multimedya filtrasyon ve ultrafiltrasyon gibi ön arıtmalar genellikle gereklidir. Membran akışını yenilemek için bu elamanların düzenli bir şekilde (yaklaşık ayda bir kere) kimyasal olarak temizlenmesi gerekir (Tchobanoglous vd., 1991).

3.5.5 Elektrodializ

Elektrodializ prosesinde, yarı geçirgen iyon-seçici membranlar kullanarak bir çözeltinin iyonik komponentleri ayrılır. İki elektrot arasına bir elektrik potansiyelinin uygulanması, çözeltiden bir elektrik akımının geçmesine sebep olur, bu da kationların negatif elektroda, anyonlarında pozitif elektroda göçmesini sağlar. Kation ve anyon geçirici membranların değişik aralıklarda bırakılmasından dolayı, konsantre ve seyreltik tuz hücreleri oluşur.

Bu proses sürekli veya kesikli olarak çalışabilir. Üniteler gerekli hidrolik kapasiteyi sağlamak için paralel olarak veya istenilen derecede demineralizasyonu sağlamak için seri olarak ayarlanabilir. Membranları sürekli olarak yıkamak için yükleme hacminin yaklaşık % 10'u kadar işlem görmüş su gereklidir. Her bir membranın her iki tarafındaki akış oranı ve basıncı yaklaşık olarak eşitlemek için konsantre atık suyun bir kısmı geri gönderilir. Düşük bir pH derecesinde sabit tutmak için atık suya konsantre sülfürik asit katılır.

Düşük çözünürlüğe sahip tuzların membran yüzeyinde kimyasal olarak çökmesi ve atık su arıtma ünitesi çıkış sularında kalan kolloidal organik maddelerin membranı tıkaması elektrodializ prosesinin en önemli problemlerindedir. Membran kirlenmesini azaltmak için

kimyasal çöktürme ve bazı multimedya filtrasyonlarının yanında aktif karbon ön arıtması da gerekli olabilir (Tchobanoglous vd., 1991).

3.6 Metal Uzaklaştırma, Zenginleştirme ve Türlendirme Amaçları İçin Biyolojik Organizmaların Kullanılması

Canlı ve cansız biyolojik substratlarla çeşitli elementlerin ayrılması, eser miktarlardaki metal tayinlerinde özenleştirme, sudaki toksik metallerin belirlenmesi ve kontrolü, değerli veya nadir metallerin geri kazanılması gibi önemli teknolojik uygulamalarda kullanılır.

Mikroorganizmalar üzerine yayınlanmış analitik çalışmaların çoğu direkt olarak substrat (immobilize edilmeden) kullanarak yapılmıştır. Bu işlemler zordur ve yıkama, santrifüjleme gibi zaman alıcı işlemler gerektirir. Son yıllarda mikroorganizmaların immobilize edilmesindeki gelişmelere olan ilgi artmaktadır. Bu immobilize işlemleri mikroorganizmaların yüksek bağlama kapasitelerine şu avantajları sağlar;

- ardışık analizlerde devamlı (on-line) matriks ayrılması,
- akışkanın akışına karşı düşük direnç,
- mükemmel dayanıklılığı ve sertliği,
- kolay rejenerasyon imkanı,
- metal ve biyosorbentin tekrar kazanılması.

3.6.1 Metal biriktirme mekanizmaları

Genel olarak biyosorbsiyon terimi, iyonları esas alarak ağır metal ve radyonükleidler alıkoyma işleminde biyokütlenin özelliklerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Biyosorbsiyon mekanizması, karmaşık ve günümüze kadar çok az anlaşılmış olmasına rağmen organizma ister canlı ister cansız olsun mikroorganizmanın ve elementin türüne bağlıdır.

Canlı hücrelerde olan biyosorbsiyon genellikle hızlı yüzey bağlanmasını takiben daha yavaş bir faz olan plazma zarından hücre içerisine geçişle meydana gelir. Bu proses metabolizmaya bağımlı uzaklaştırma olarak adlandırılır. Metal türleri ve mikrobiyolojik hücreler arasındaki etkileşim çok çeşitlidir. Bu etkileşimler;

- biyolojik olarak önemli molekül, enzim yada polinükleotitlerin fonksiyonel gruplarının engellenmesi,
- eser nütrient ve iyonlar için transport sistemler,

- fonksiyonel hücre üniteleri ve biyomoleküllerden eser metal veya iyonların yer değiştirmesi ve yerine geçmesi,
- uyumlu değişiklik,
- enzimlerin yapı değişikliği ve inaktivasyonu,
- hücre ve zar bütünlüğünün bozulmasıdır.

Son yıllarda metal ve türlerinin organizmalar üzerine yaptığı farklı toksisitelere dayanarak metallerin biyolojik substratlarla yeni türler oluşturması amacıyla biyolojik substratlar kullanılmaktadır. Metal toksisitesinin mekanizma ve fonksiyonları, elektriksel yük, koordinasyon kabiliyeti gibi hücre metabolizmasını farklı yönde etkileyen özelliklerle belirlenir.

3.6.2 Deneysel metal biriktirme işlemleri

Eser miktarlardaki metal iyonlarının tayini, gelişmiş analitiksel aletlerin artmasına rağmen genellikle ayırma ve özenginleştirmeye ihtiyaç duyar.

Eser analizlerde kullanılan özenginleştirme ve ayırma teknikleri çöktürme, birlikte çöktürme, elektroliz, sıvı-sıvı ve sıvı-katı ekstraksiyonudur. Bu özenginleştirme işlemleri analitin zenginleştirilmesi yanında girişim yapıcı maddelerin azaltılması imkanı sağlar.

4. DENEYSEL BÖLÜM

4.1 Kullanılan Alet ve Kimyasallar

4.1.1 Kullanılan aletler

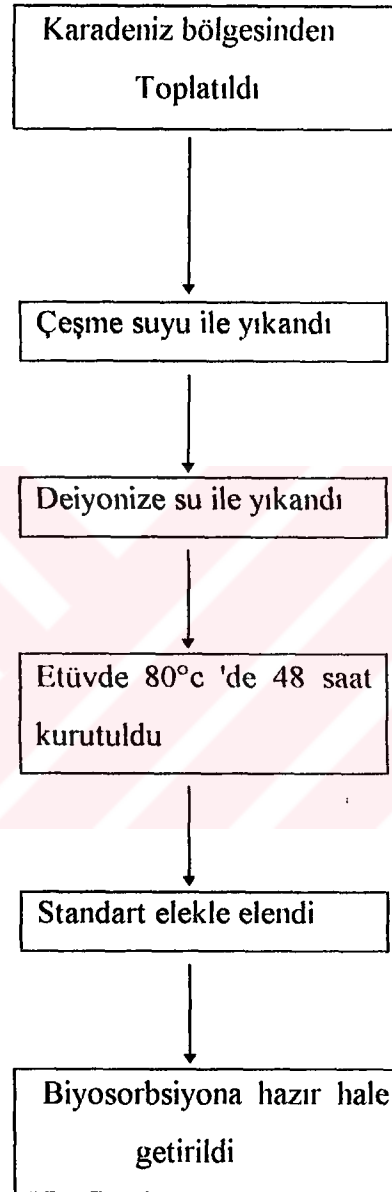
Kurşun ve Bakır tayinleri Varian Spectr AA 20 model Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile yapıldı. pH ölçümleri Jenway 3040 model kombine elektrodlu pH metre ile yapıldı. Elek analizleri Octagon 200 model otomatik karıştırılmalı elek ile yapıldı.

4.1.2 Kullanılan kimyasal maddeler

Pb ve Cu stok çözeltileri, % 99,999 saflıktaki toz metallerinin çözülmesi ile hazırlandı. pH ayarlaması için HNO_3 ve NH_3 , asit ve bazla ön yıkama işlemi için HNO_3 ve KOH kullanıldı. Metal kompleksi yapmak için EDTA kullanıldı. Kullanılan bütün kimyasallar analitik saflıkta Merck ürünleridir. Bütün deneylerde destile su kullanıldı.

4.2 Biyokütle Örneklerinin Toplanması ve Biyosorpsiyona Hazırlanması

Çalışılan liken türleri, Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesinden, bölüm 2.1'de adları belirtilen toplama istasyonlarından toplandı. Toplatılan bu liken örnekleri ,üzerlerindeki toz ve küçük taş parçacıklarını uzaklaştırmak için laboratuvarında önce çeşme suyuyla daha sonra da deiyonize suyla iyice yıkandı. Etüvde 80°C 'de 48 saat kurutulan bu liken türleri öğütülerek standart eleklerle elendi ve <150, 150-355, 355-710, 710-1700, >1700 μm tanecik büyüklüğüne ayrılan likenler analizlerde kullanmak üzere ayrı ayrı şişelenerek saklandı. Likenlerin toplanması ve biyosorpsiyona hazırlanmasının akım şeması şekil 4.1' de verildi. İyon değiştirci olarak düşünöldüğünden ve literatürle uyumlu olması bakımından deneylerin hepsi 355-710 μm boyutundaki likenler ile yapıldı (Ramelov vd., 1991).



Şekil 4.1. Likenlerin temini ve biyosorbisyona hazırlanmasının akım şeması

4.3 Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi Çalışma Şartları

Bakır ve kurşun metalleri alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi' nin atomik absorpsiyon modunda tayin edildi. Standart ve örnek çözeltilerinin hepsi için absorbans okumaları üçer kere yapılmıştır. Yüzde bağıl standart sapmalar 1.5' in üstüne çıkmadı. AAS ile tayinlerini yapmış olduğumuz bu metallerinin her biri için dalga boyu, slit aralığı, yakıt ve destek türü, lamba akımı, optimum çalışma aralığı ve alev özelliği Çizelge 4.1.' de verildi.

Çizelge 4.1. Metallerin Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi Çalışma Şartları

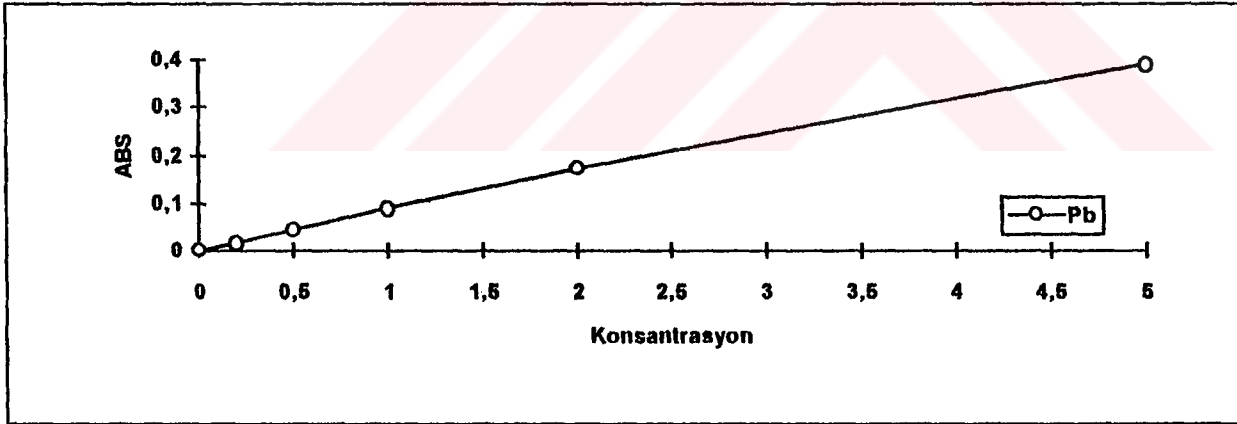
Metal	Dalga boyu (nm)	Slit aralığı (nm)	Yakıt-destek	Çalışma aralığı ($\mu\text{g/mL}$)	Lamba akımı (mA)	Alev özelliği
Cu	324.7	0.5	Asetilen-hava	0.5-5.0	10	Yükseltgen
Pb	217.0	1.0	Asetilen-hava	0.5-10.0	5	Yükseltgen
Zn	213.9	1.0	Asetilen-hava	0.05-1.5	5	Yükseltgen
Cr	357.9	0.2	Asetilen-hava	0.1-0.3	7	İndirgen

4.4 Çalışılan Ağır Metallerin Liken Biyokütleleri İle Optimum Uzaklaştırılma Şartlarının Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde içme ve atık sularda yaygın olarak bulunan bakır ve kurşun ağır metallerinin Likenler ile metal uzaklaştırılmasında optimum şartların belirlenmesi amacıyla; metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin, başlangıç metal konsantrasyonunun ve pH' nın etkileri ayrı ayrı incelendi. Bu metallerin kinetik çalışma için başlangıç çalışma şartları çizelge 4.2'de verilmiştir. Çalışılan bütün metaller için Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile standart ölçü grafikleri hazırlandı. Şekil 4.2'de Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile hazırlanan kurşun metalinin standart ölçüsü verildi. Likenler ile ağır metal alımının incelendiği deneylerin akım şeması şekil 4.3' te verildi.

Çizelge 4.2 Başlangıç Çalışma Şartları

	Pb(II)	Cu(II)	Cr(III)	Zn(II)
Metal kons.(mg/L)	5	5	5	5
pH	5	5	5	5



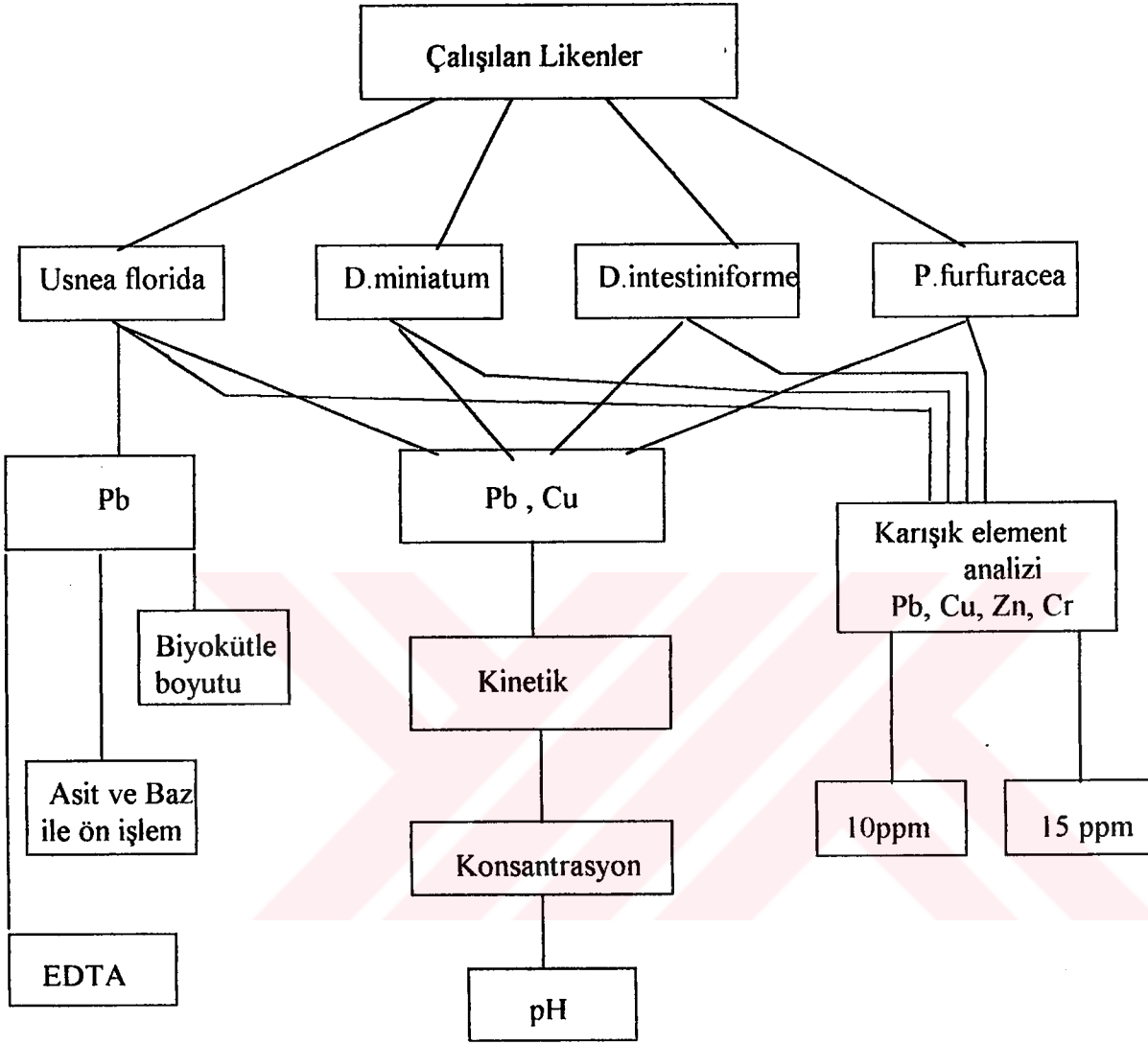
Şekil 4.2. AAS ile hazırlanan Pb standart eğrisi

Standart eğri için hesaplanan istatistiksel değerler;

$$A = 8,88 \times 10^{-3}$$

$$B = 0,0773$$

$$r = 0,998$$



Şekil 4.3. Deneilerin yapıldığı akım şeması

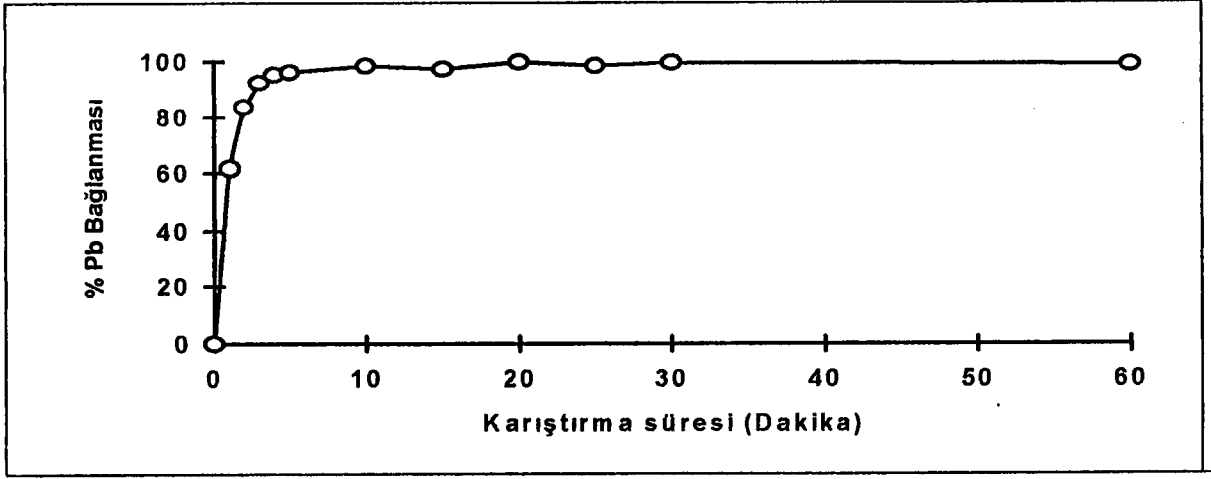
4.4.1 Usnea florida

4.4.1.1 Metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi

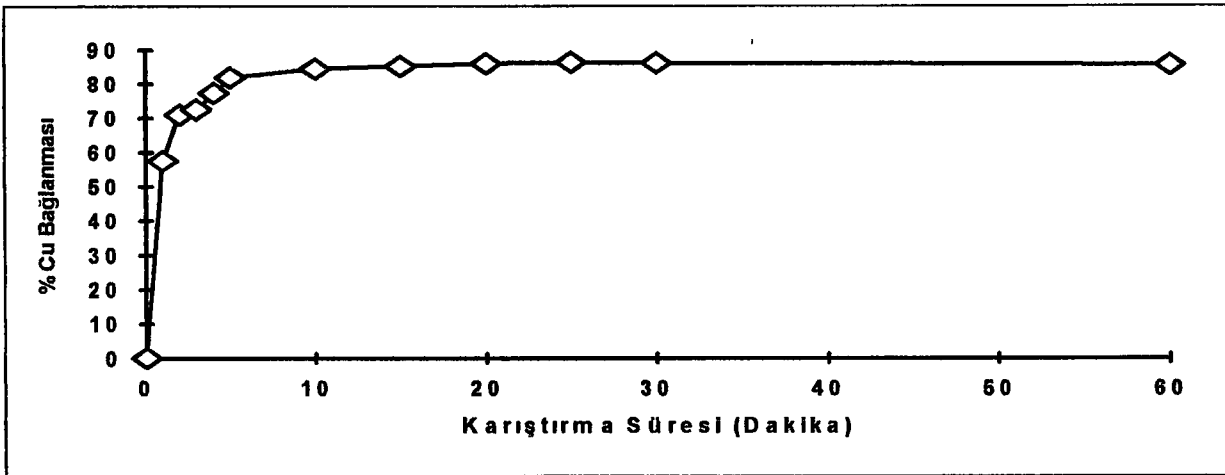
5 ppm 'lik 100'er mL, kurşun ve bakır çözeltileri hazırlanarak pH'ları 5' e ayarlandı. 500 mg liken ile aşağıda belirtilen sürelerde ayrı ayrı karıştırıldı. Başlangıçtan itibaren 5 dakikaya kadar her dakikada ve 30 dakikaya kadar ise beşer dakika arayla 5ml'lik örnekler alındı. Daha sonra, yarım saat bekletilerek 60'ıncı dakikada geri kalan çözelti alındı. Örneklerin tamamı mavi bant süzgeç kağıdından süzüldü. Karıştırma sabit olup 1800 RPM dir. Alınan çözeltilerdeki kurşun ve bakır miktarları örnek standartlarına karşı AAS'da okundu. Bundan sonraki diğer likenlerle de yapılan kinetik çalışmalarda bu karıştırma süreleri ile çalışıldı. Toplu sonuçlar çizelge 4.3' de, karıştırma süresi ile kurşun bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.4.' de karıştırma süresi ve bakır bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik ise şekil 4.5.'de görülmektedir.

Çizelge 4.3. Karıştırma Süresinin Metal Bağlanması Üzerine Etkisi

Karıştırma süresi (dakika)	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlanması
1	1,905	0,619	61,9	2,126	0,575	57,5
2	0,857	0,836	83,7	1,527	0,710	70,9
3	0,431	0,921	92,2	1,522	0,726	72,6
4	0,279	0,952	95,3	1,330	0,774	77,4
5	0,232	0,963	96,3	1,117	0,821	82,0
10	0,104	0,983	98,4	1,034	0,845	84,5
15	0,200	0,972	97,2	1,052	0,906	85,2
20	0,023	0,997	99,7	1,079	0,860	85,9
25	0,112	0,985	98,6	1,132	0,863	86,3
30	0,045	0,995	99,5	1,255	0,862	86,2
60	0,140	0,989	98,9	1,435	0,856	85,6



Şekil 4.4. Karıştırma Süresinin Kurşun Bağlanması Üzerine Etkisi



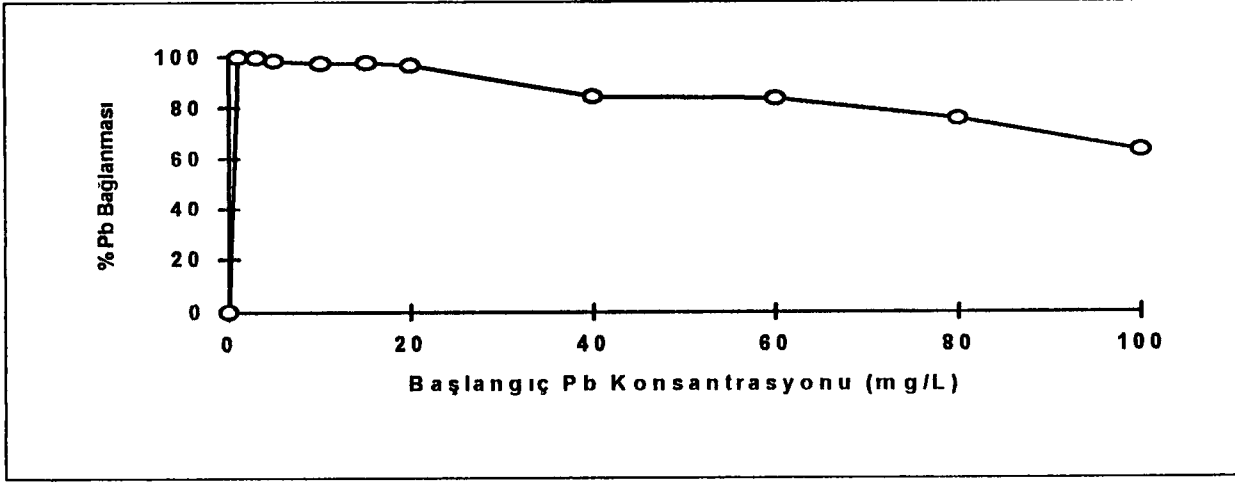
Şekil 4.5. Karıştırma Süresinin Bakır Bağlanması üzerine etkisi

4.4.1.2 Metal bağlanması üzerine metal konsantrasyonunun etkisi

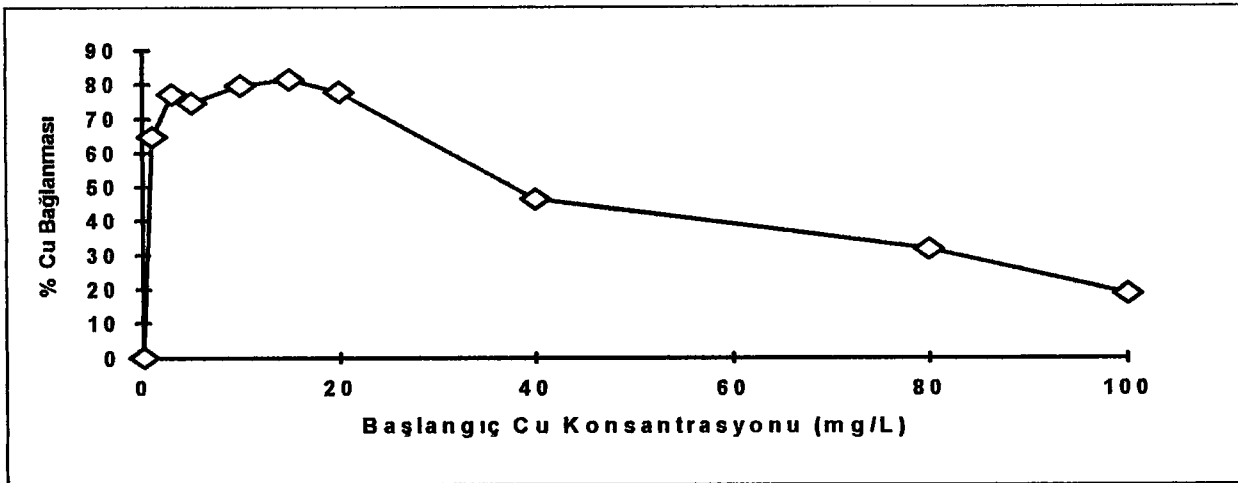
150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş liken biyokütlelerinden 150 mg'lık tartımlar alındı. 1'den 5'e kadar birer ppm ve 20 ppm'e kadar beşer ppm artırılarak hazırlanan konsantrasyonlardaki çözeltiler ile çalışıldı. Fakat yapılan çalışmanın sonucunda şekil 4.6 ve 4.7'te görüldüğü gibi metal bağlanmasında bir azalma görülmediği için farklı konsantrasyonlarda (40,60,80,100 ppm) çalışılmaya devam edildi. Ancak bakırda %bakır bağlanmasında hızlı bir azalma görüldüğü için kurşundan farklı olarak 60 ppm' de çalışılmadı. Bu şekilde kurşun ve bakır çözeltileri ayrı ayrı hazırlanarak başlangıç pH'ları 5'e ayarlandı. 10 dakika süreyle biyokütle ile karıştırılan çözeltiler süzülür ve çözeltide kalan kurşun ve bakır miktarları AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.4'de, başlangıç kurşun konsantrasyonu ile kurşun bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik ise şekil 4.6.' de başlangıç bakır konsantrasyonu ile bakır bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik ise şekil 4.7.' de görülmektedir.

Çizelge 4.4. Metal Bağlanması Üzerine Metal Konsantrasyonunun Etkisi

Başlan- gıç Pb kons. (mg/L)	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlan ması	Başlan- gıç Cu kons. (mg/L)	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlan ması
1	0,002	0,333	99,8	1	0,352	0,216	64,8
3	0,010	0,997	99,6	3	0,687	0,771	77,1
5	0,067	1,643	98,2	5	1,261	1,245	74,7
10	0,294	3,234	97,1	10	2,038	2,654	79,6
15	0,394	4,869	97,4	15	2,800	4,067	81,3
20	0,711	6,430	96,4	20	4,437	5,188	77,8
40	6,266	11,23	84,4	40	21,46	6,180	46,3
60	9,806	16,72	83,6	-	-	-	-
80	17,074	20,96	75,6	80	54,55	8,482	31,7
100	36,840	21,04	63,2	100	81,29	6,237	18,7



Şekil 4.6. Başlangıç Konsantrasyonunun Kurşun Bağlanması Üzerine Etkisi



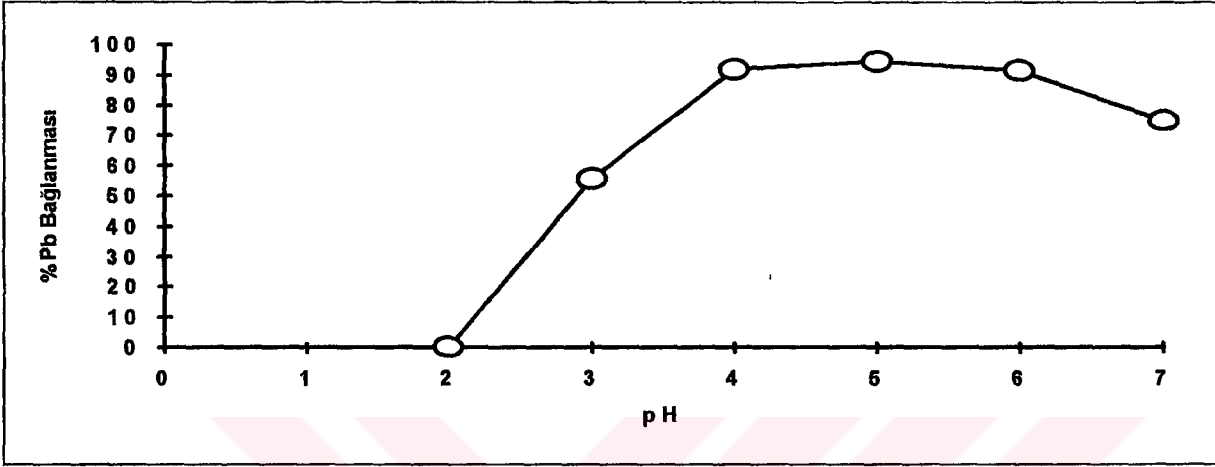
Şekil 4.7. Bakır Konsantrasyonunun Bakır Bağlanması Üzerine Etkisi

4.4.1.3 Metal bağlanması üzerine pH' nın etkisi

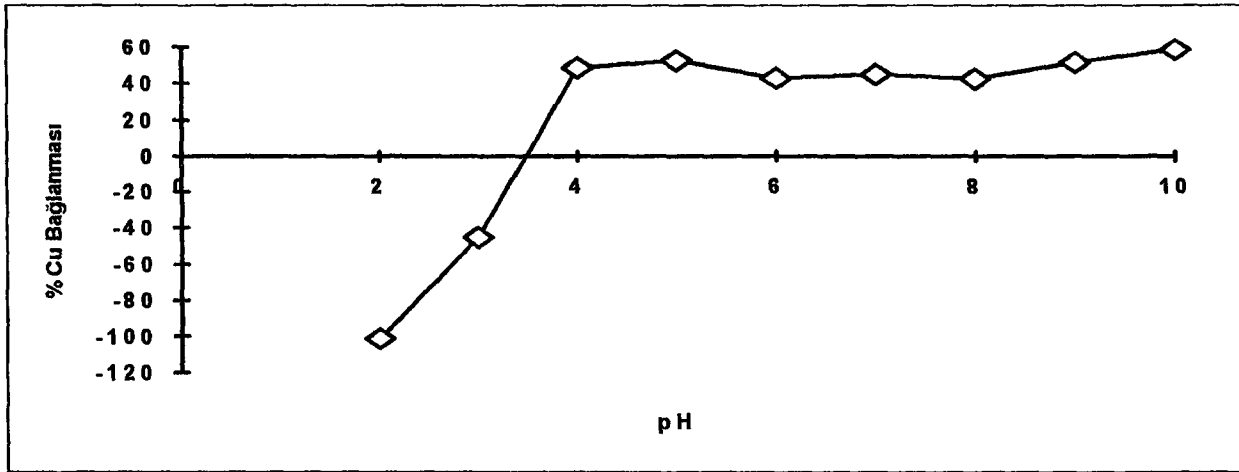
150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş Usnea Florida bitki biyokütlesinden 150 mg'lık tartımlar alındı. Başlangıç pH' ları 2'den 7'ye kadar, altı ayrı (2, 3, 4, 5, 6, 7), 50 mL, 15 ppm' lik kurşun ve bakır çözeltileri hazırlandı. Bakır çözeltileri ile bu pH'lara ilaveten pH 8,9,10 da çalışıldı. 10 dakika süreyle biyokütle ile karıştırılan çözeltiler süzüldü ve çözeltide kalan kurşun ve bakır miktarları AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.5 .'da, kurşun bağlanma yüzdesi ile pH arasında çizilen ise grafik şekil 4.8.' de bakır yüzdesi ile pH arasında çizilen grafik ise şekil 4.9.'de görülmektedir.

Çizelge 4.5. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi

Başlangıç pH	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlanması
2	15,0	0	0	25,71	3,570	-71,4
3	6,652	2,783	55,6	17,28	0,760	-15,2
4	1,205	4,597	91,9	3,240	3,920	78,4
5	0,832	4,723	94,4	2,655	4,115	82,3
6	1,248	4,584	91,5	4,125	3,625	72,5
7	3,757	3,748	74,9	3,795	3,735	74,7
8	-	-	-	4,185	3,605	72,1
9	-	-	-	2,850	4,050	81,0
10	-	-	-	1,725	4,425	88,5



Şekil 4.8. Kurşun Bağlanması Üzerine pH'nın Etkisi



Şekil 4.9. Bakır Bağlanması Üzerine pH'nın Etkisi

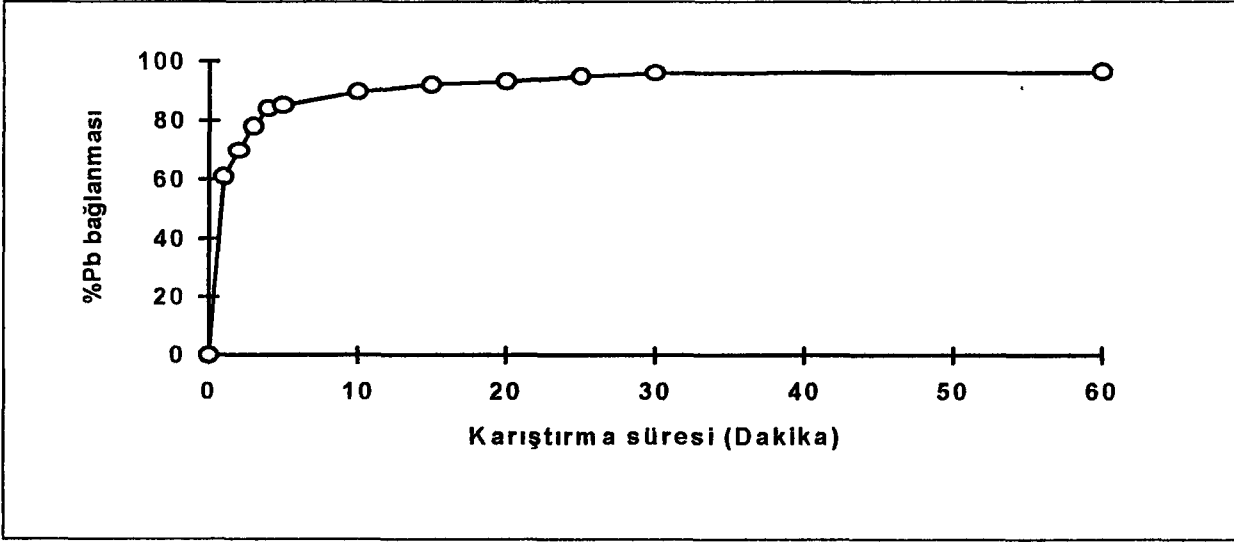
4.4.2 Dermatocarpon miniatum

4.4.2.1 Metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi

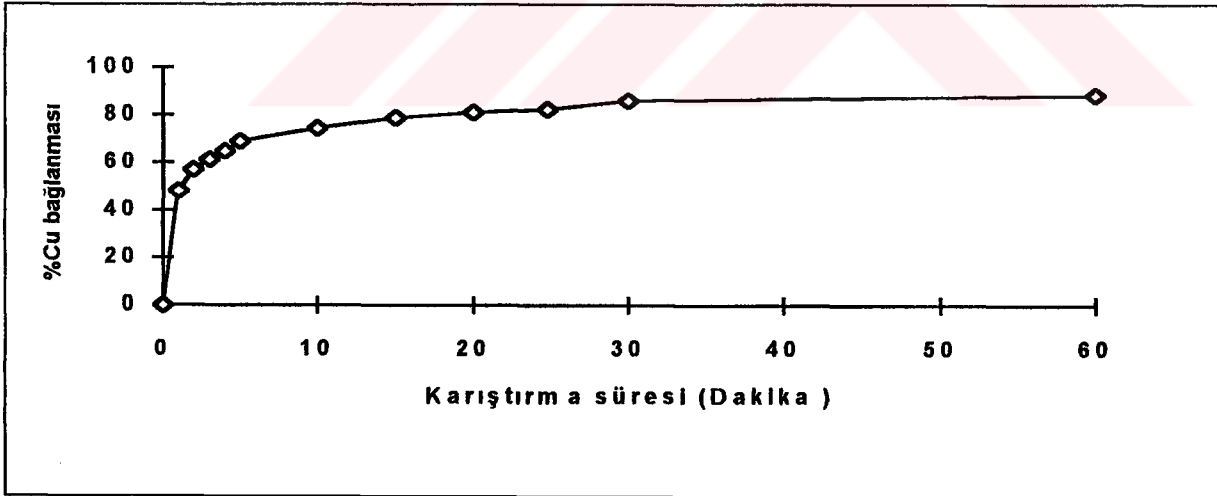
pH' sı 5' e ayarlanmış olan 100'er mL 5 ppm' lik kurşun ve bakır çözeltileri , 500 mg liken ile ayrı ayrı karıştırıldı. Bölüm 4.4.1.1'de anlatılan şekilde örnekler alınarak süzüldü. Çözeltide kalan kurşun ve bakır miktarları AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.6 ' de, karıştırma süresi ile kurşun bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.10.' da karıştırma süresi ve bakır bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik ise şekil 4.11.' de görülmektedir.

Çizelge 4.6. Karıştırma Süresinin Metal Bağlanması Üzerine Etkisi

Karıştırma süresi (dakika)	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması	Çözeltide kalan Cu (AAS) (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlanması
1	1,939	0,611	61,22	2.589	0,481	48,22
2	1,602	0,694	69,56	2.236	0,574	57,22
3	1,221	0,779	78,02	2.157	0,612	61,17
4	0,937	0,841	84,07	2.039	0,652	65,34
5	0,932	0,851	85,08	1.916	0,692	69,34
10	0,689	0,897	89,66	1.669	0,750	74,96
15	0,547	0,922	82,34	1.552	0,783	78,69
20	0,522	0,931	93,21	1.445	0,811	81,21
25	0,413	0,949	95,04	1,370	0,836	83,56
30	0,362	0,959	96,01	1.265	0,861	86,08
60	0,353	0,965	96.47	1,139	0,885	88,61



Şekil 4.10. Karıştırma Süresinin Kurşun Bağlanması Üzerine Etkisi



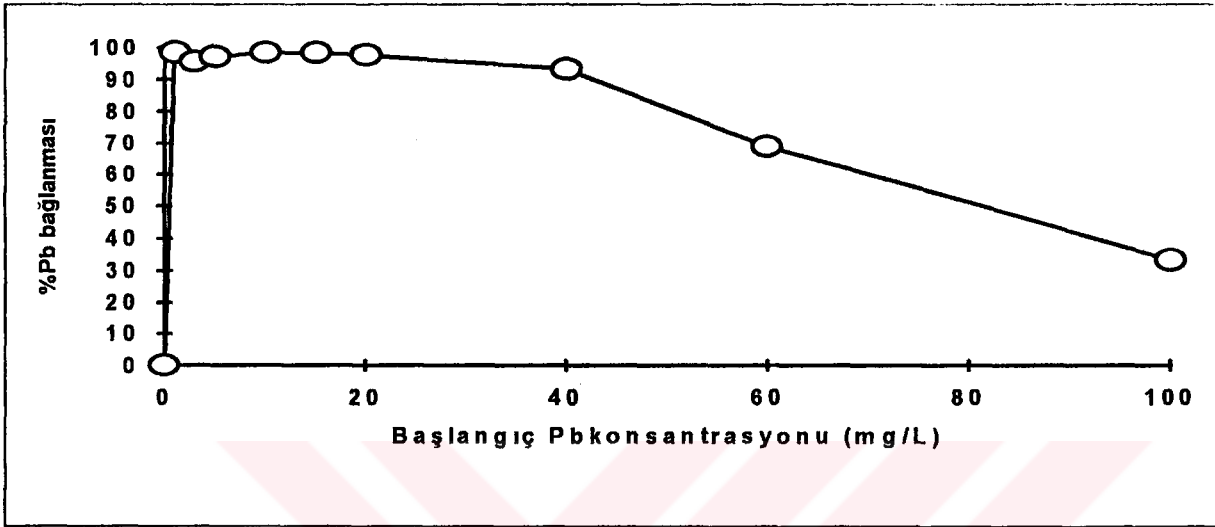
Şekil 4.11. Karıştırma süresinin Bakır bağlanması üzerine etkisi

4.4.2.2 Metal bağlanması üzerine metal konsantrasyonunun etkisi

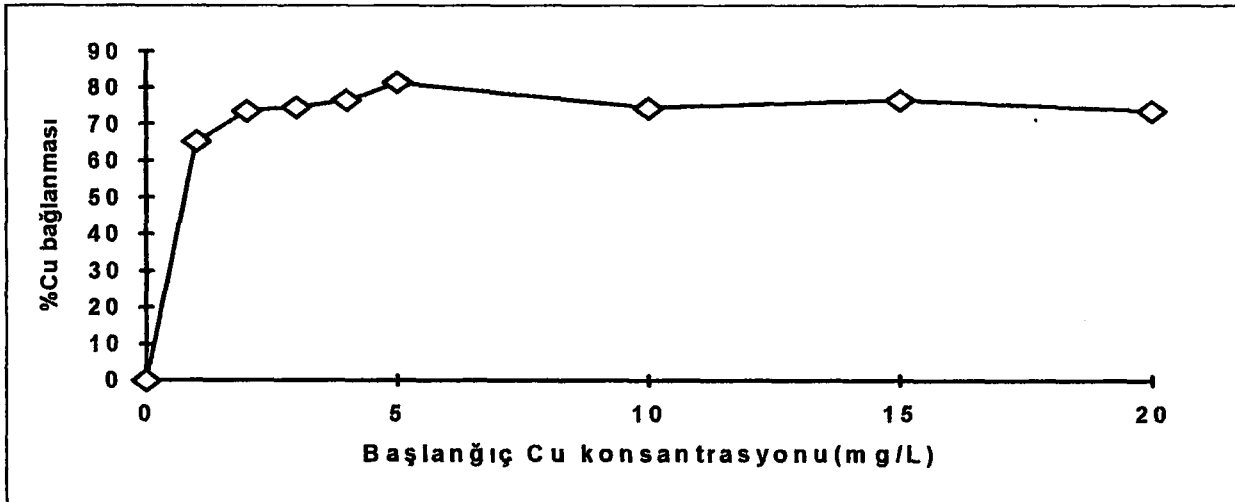
150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş liken biyokütlelerinden 150 mg'lık tartımlar alındı. Değişik konsantrasyonlarda (1,3,5,10,15,20,40,60,100 ppm), 50 mL'lik kurşun ve (1,2,3,4,5,10,15,20 ppm) bakır çözeltileri ayrı ayrı hazırlanarak başlangıç pH'ları 5'e ayarlandı. 30 dakika süreyle biyokütle ile karıştırılan çözeltiler süzüldü ve çözeltilerde kalan kurşun ve bakır miktarları AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.7.'de, başlangıç kurşun konsantrasyonu ile kurşun bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik ise şekil 4.12.'de başlangıç bakır konsantrasyon ile bakır bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.13.'de görülmektedir.

Çizelge 4.7. Metal Bağlanması Üzerine Metal Konsantrasyonunun Etkisi

Başlan- gıç Pb kons. (mg/L)	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlan- ması	Başlan- gıç Cu kons. (mg/L)	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlan- ması
1	0,013	0,329	98,7	1	0,347	0,218	65,3
3	0,082	0,973	97,2	2	0,531	0,490	73,4
5	0,077	1,641	98,5	3	0,760	0,747	74,5
10	0,232	3,256	97,7	4	0,943	1,019	76,3
15	0,303	4,899	97,4	5	0,929	1,357	81,3
20	0,524	6,492	97,9	10	2,574	2,474	74,3
40	2,678	12,44	93,3	15	3,518	3,826	76,5
60	18,13	13,81	69,0	20	5,293	4,901	73,4
100	66,88	11,04	33,3	-	-	-	-



Şekil 4.12. Kurşun Bağlanması Üzerine Kurşun Konsantrasyonunun Etkisi



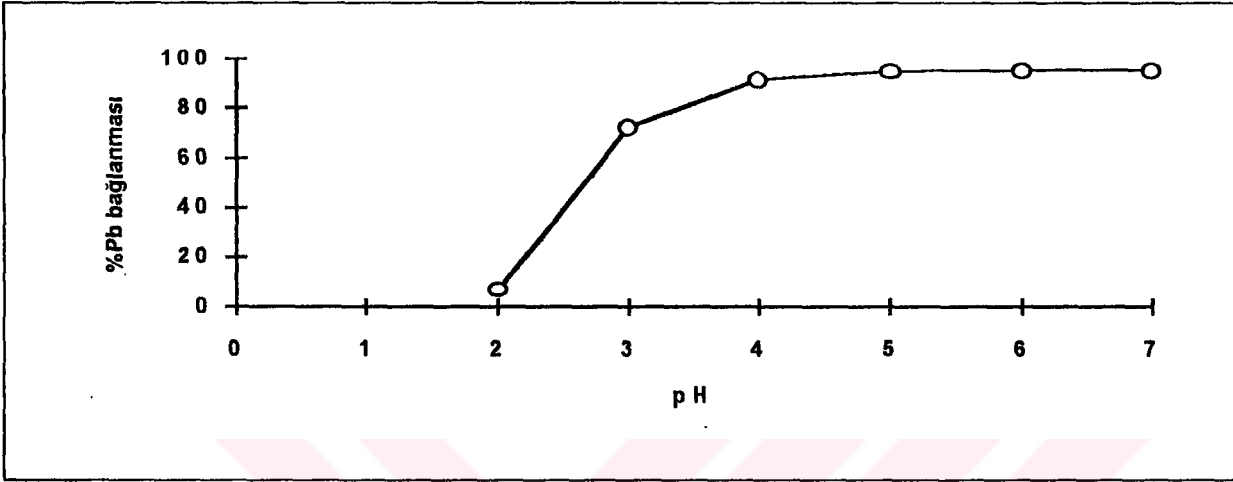
Şekil 4.13. Başlangıç konsantrasyonunun bakır bağlanması üzerine etkisi

4.4.2.3 Metal bağlanması üzerine pH' nın etkisi

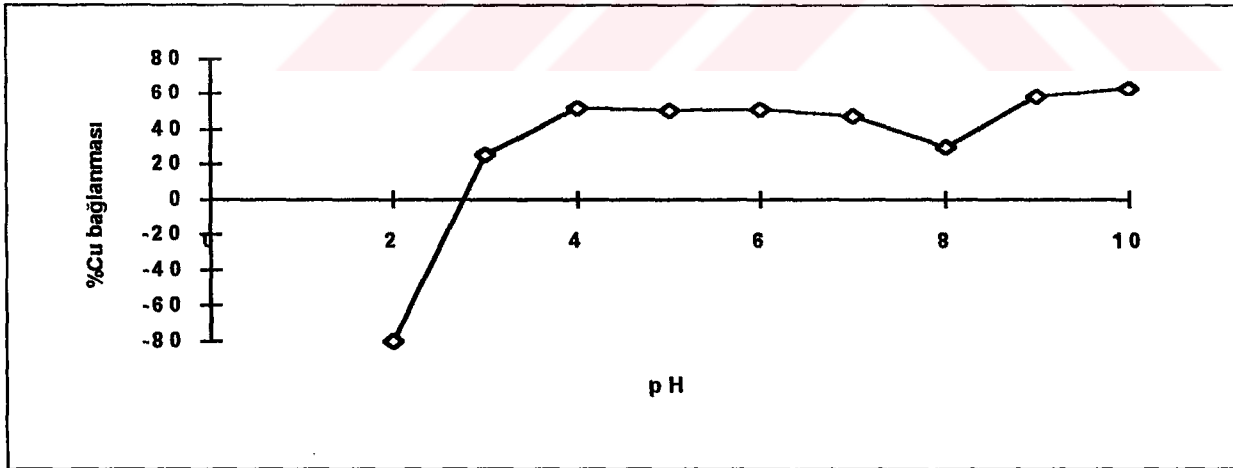
150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş *Dermatocarpon miniatum* liken biyokütlesinden 150 mg' lık tartımlar alındı. Başlangıç pH' ları 2'den 7'ye kadar, altı ayrı (2, 3, 4, 5, 6, 7) konsantrasyonda 50'şer mL, 15 ppm' lik kurşun ve 5 ppm'lik bakır çözeltileri hazırlandı. Yüksek pH'da kurşun çöktüğü için pH 8, 9 ve 10 da sadece bakır çalışıldı. 30 dakika süreyle biyokütle ile karıştırılan çözeltiler süzüldü ve çözeltilerde kalan kurşun ve bakır miktarları AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.8.'da, kurşun bağlanma yüzdesi ile pH arasında çizilen grafik ise şekil 4.14.' de bakır yüzdesi ile pH arasında çizilen ise grafik şekil 4.15. 'de görülmektedir.

Çizelge 4.8. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi

Başlangıç pH	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlanması
2	13,98	0,340	6,8	7,490	0,830	-49,8
3	4,210	3,597	71,9	2,250	0,917	55,0
4	1,233	4,589	91,8	1,400	1,201	72,0
5	0,700	4,767	95,3	0,995	1,335	80,1
6	0,659	4,780	95,6	0,960	1,347	80,8
7	0,669	4,777	95,5	1,125	1,290	77,5
8	-	-	-	2,030	0,990	59,4
9	-	-	-	0,575	1,475	88,5
10	-	-	-	0,325	1,558	93,5



Şekil 4.14. Kurşun bağlanması üzerine pH'ın etkisi



Şekil 4.15. Bakır bağlanması üzerine pH'ın etkisi

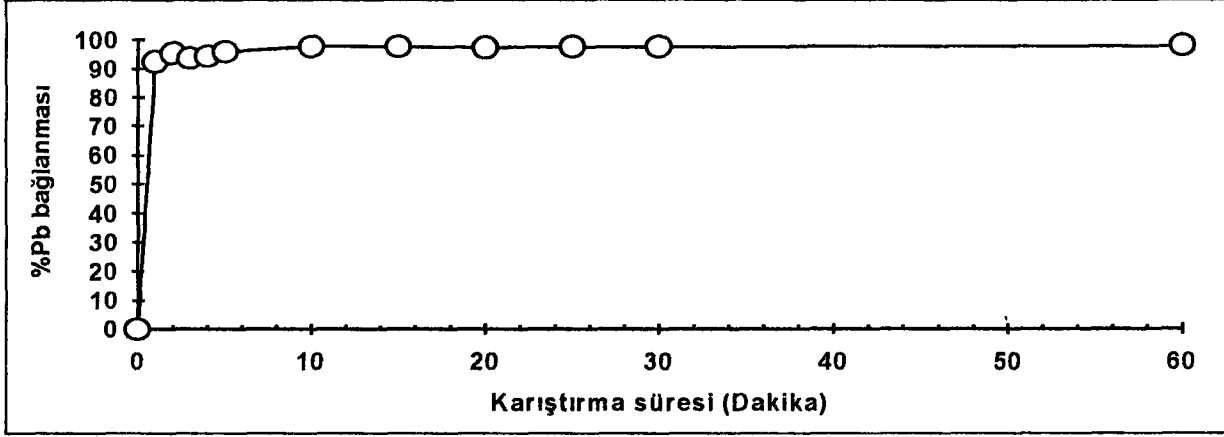
4.4.3 Dermatocarpon intestiniforme

4.4.3.1 Metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi

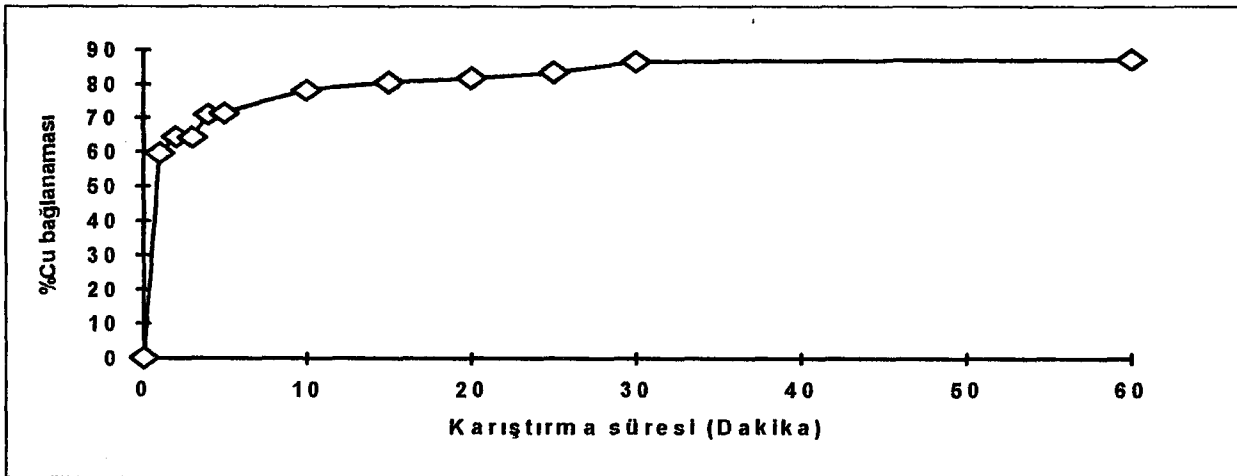
pH' sı 5' e ayarlanmış olan 100'er mL, 5 ppm' lik kurşun ve bakır çözeltileri 500 mg liken ile ayrı ayrı karıştırıldı. Bölüm 4.4.1.1'de anlatılan şekilde örnekler alınarak süzüldü. Çözeltilerde kalan kurşun ve bakır miktarları AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.9' de, karıştırma süresi ile kurşun bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.16.' da karıştırma süresi ve bakır bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.17.' de görülmektedir.

Çizelge 4.9. Karıştırma Süresinin Metal Bağlanması Üzerine Etkisi

Karıştırma süresi (dakika)	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlanması
1	0,378	0,923	92,4	2,024	0,594	59,5
2	0,240	0,953	95,4	1,876	0,642	64,4
3	0,350	0,937	93,7	1,991	0,642	64,2
4	0,336	0,943	94,3	1,704	0,709	71,0
5	0,264	0,956	95,8	1,779	0,714	71,5
10	0,142	0,979	97,8	1,438	0,783	78,3
15	0,157	0,978	97,8	1,384	0,805	80,5
20	0,202	0,974	97,4	1,410	0,817	81,7
25	0,181	0,977	97,7	1,379	0,835	83,4
30	0,210	0,977	97,7	1,218	0,866	86,6
60	0,193	0,981	98,1	1,285	0,870	87,1



Şekil 4.16. Kurşun Bağlanması Üzerine karıştırma Süresinin Etkisi



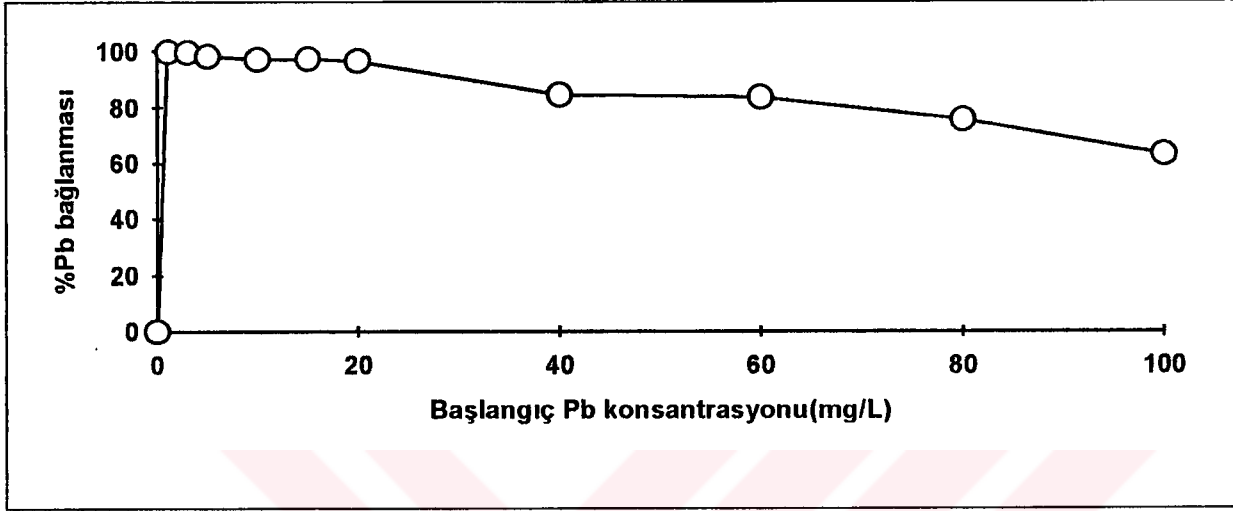
Şekil 4.17. Bakır bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi

4.4.3.2 Metal bağlanması üzerine metal konsantrasyonunun etkisi

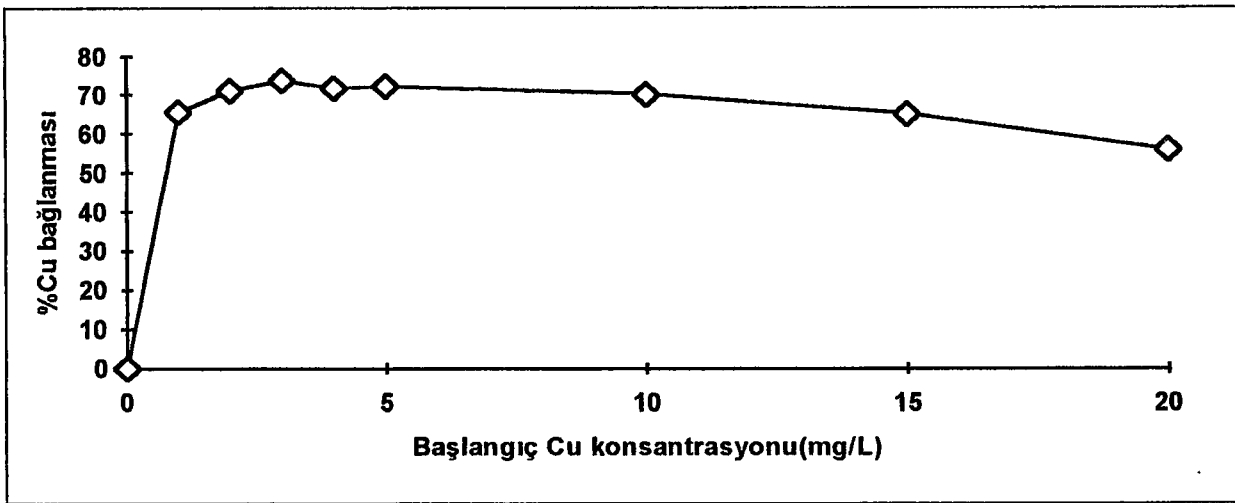
150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş liken biyokütlesinden 150 mg'lık tartımlar alındı. 1, 3, 5, 10, 15, 20, 40, 60 ve 100 ppm'lik konsantrasyonlarında 50 mL kurşun ve 1,2,3,4,5,10,15 ve 20 ppm'lik konsantrasyonlarında bakır çözeltileri ayrı ayrı hazırlanarak başlangıç pH'ları 5'e ayarlandı. 10 dakika süreyle kurşun ve 30 dakika süreyle bakır çözeltileri biyokütle ile karıştırılarak süzüldü. Çözeltilerde kalan kurşun ve bakır miktarları ayrı ayrı AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.10'de, başlangıç kurşun konsantrasyonu ile kurşun bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik ise şekil 4.18.'de başlangıç bakır konsantrasyonu ile bakır bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.19.'de görülmektedir.

Çizelge 4.10. Metal Bağlanması Üzerine Metal Konsantrasyonunun Etkisi

Başlan- gıç Pb kons. (mg/L)	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlan ması	Başlan- gıç Cu kons. (mg/L)	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlan ması
1	0,073	0,309	92,7	1	0,345	0,217	65,5
3	0,150	0,950	95,0	2	0,577	0,473	71,1
5	0,220	1,592	95,6	3	0,785	0,737	73,7
10	0,653	3,114	93,5	4	1,128	0,956	71,8
15	1,140	4,620	92,4	5	1,384	1,204	72,3
20	1,682	6,106	91,6	10	2,979	2,339	70,2
40	4,607	11,78	88,5	15	5,212	3,263	65,2
60	16,40	14,53	72,6	20	8,778	3,741	56,1
80	70,49	23,48	65,6	-	-	-	-
100	56,53	14,49	43,5	-	-	-	-



Şekil 4.18. Kurşun bağlanması üzerine kurşun konsantrasyonunun etkisi



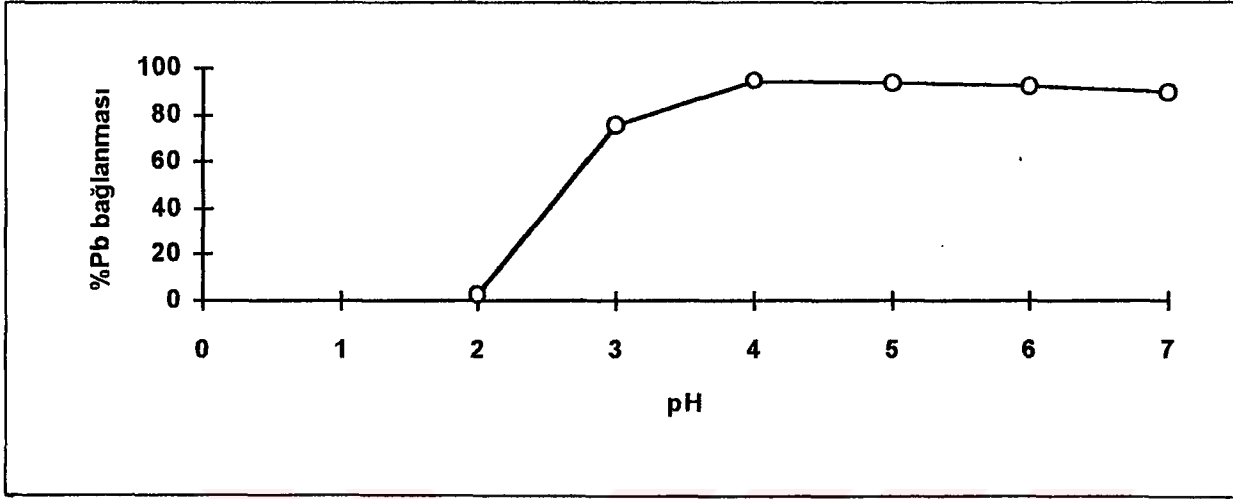
Şekil 4.19. Bakır bağlanması üzerine bakır konsantrasyonunun etkisi

4.4.3.3 Metal bağlanması üzerine pH' nın etkisi

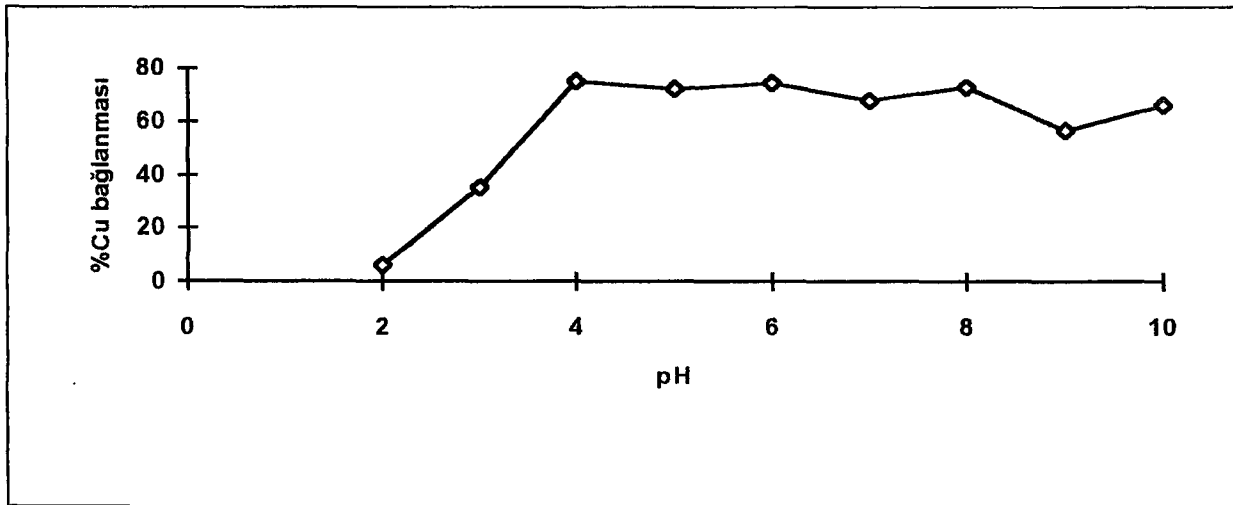
150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş Dermatocarpon intestiniforme liken biyokütlesinden 150 mg'lık tartımlar alındı. Başlangıç pH'ları 2'den 7'ye kadar olan altı ayrı (2, 3, 4, 5, 6, 7) konsantrasyonda 50'er mL, 5 ppm'lik kurşun ve 3 ppm'lik bakır çözeltileri hazırlandı. Yüksek pH'da kurşun çöktüğü için pH 8, 9 ve 10 da sadece bakır metali ile çalışıldı. 10 dakika süreyle kurşun ve 30 dakika süreyle bakır çözeltileri biyokütle ile karıştırılarak süzüldü ve çözeltilerde kalan kurşun ve bakır miktarları ayrı ayrı AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.11.'de, kurşun bağlanma yüzdesi ile pH arasında çizilen grafik ise şekil 4.20.'de bakır yüzdesi ile pH arasında çizilen grafik ise şekil 4.21.'de görülmektedir.

Çizelge 4.11.Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi

Başlangıç pH	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlanması
2	4,860	0,047	2,8	2,818	0,061	6,1
3	1,230	1,257	75,4	1,947	0,351	35,1
4	0,272	1,576	94,6	0,752	0,748	74,9
5	0,332	1,556	93,4	0,826	0,725	72,4
6	0,372	1,543	92,6	0,775	0,742	74,2
7	0,533	1,489	89,3	0,963	0,679	67,9
8	-	-	-	0,820	0,727	72,6
9	-	-	-	1,302	0,566	56,6
10	-	-	-	1,026	0,658	65,8



Şekil 4.20. Kurşun Bağlanması üzerine pH'nı Etkisi



Şekil 4.21. Bakır bağlanmasına pH 'ın Etkisi

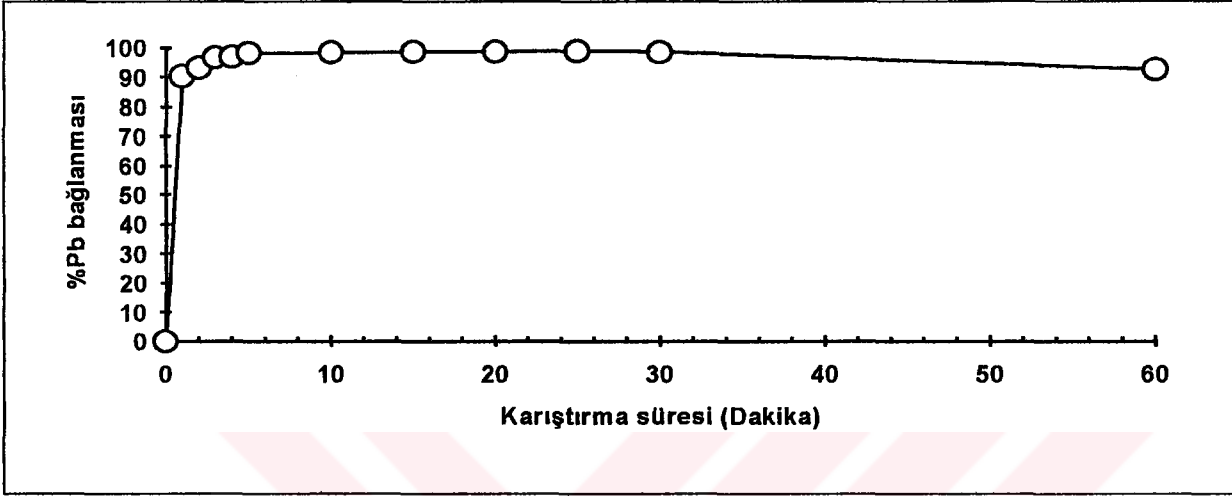
4.4.4 Pseudeuernia furfuracea

4.4.4.1 Metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi

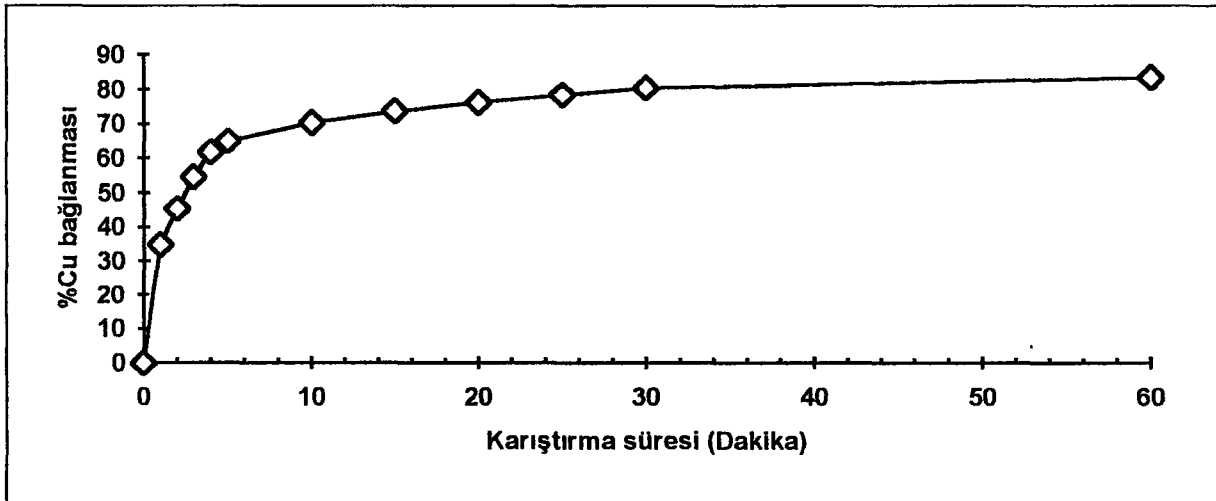
pH' sı 5' e ayarlanmış olan 100'er mL, 5 ppm' lik kurşun ve bakır çözeltileri 500 mg liken ile ayrı ayrı karıştırıldı. Bölüm 4.4.1.1'de anlatılan şekilde örnekler alınarak süzüldü. Çözeltilerde kalan kurşun ve bakır miktarları AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.12.' de, karıştırma süresi ile kurşun bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.22.' da karıştırma süresi ve bakır bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.23. ' de görülmektedir

Çizelge 4.12. Karıştırma Süresinin Metal Bağlanması Üzerine Etkisi

Karıştırma süresi (dakika)	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlanması
1	0,483	0,902	90,3	3,256	0,349	34,8
2	0,359	0,932	93,2	2,876	0,454	45,4
3	0,190	0,966	96,6	2,522	0,546	54,6
4	0,179	0,970	96,9	2,237	0,620	61,9
5	0,112	0,982	98,2	2,187	0,650	65,0
10	0,106	0,984	98,4	1,976	0,704	70,4
15	0,087	0,988	98,7	1,877	0,736	73,6
20	0,100	0,987	98,7	1,812	0,763	76,3
25	0,085	0,990	99,0	1,800	0,784	78,4
30	0,136	0,985	98,5	1,783	0,804	80,4
60	0,172	0,929	92,5	1,654	0,835	83,5



Şekil 4.22. Kurşun Bağlanması Üzerine Karıştırma Süresinin Etkisi



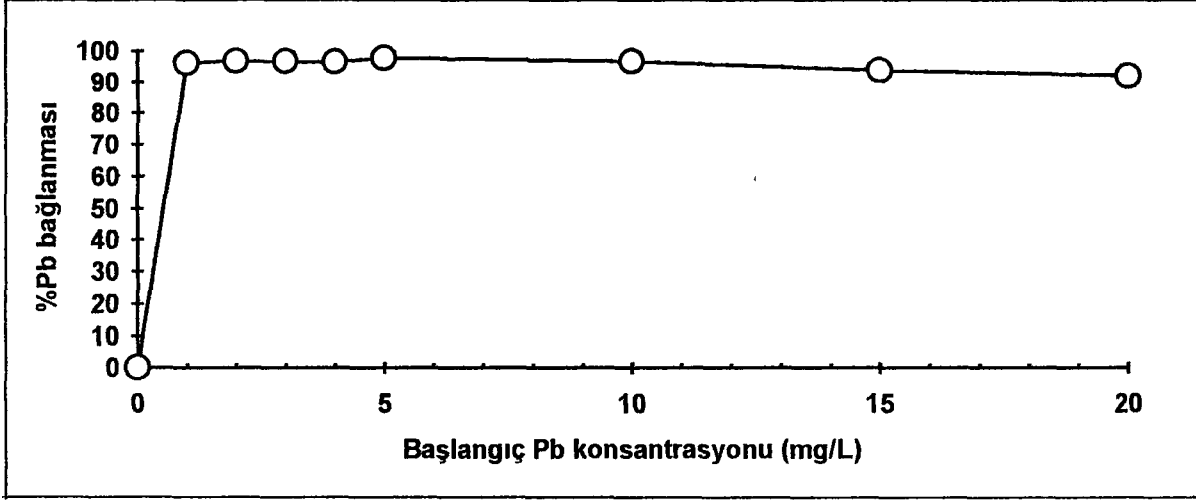
Şekil 4.23. Bakır Bağlanması Üzerine Karıştırma Süresinin Etkisi

4.4.4.2 Metal bağlanması üzerine metal konsantrasyonunun etkisi

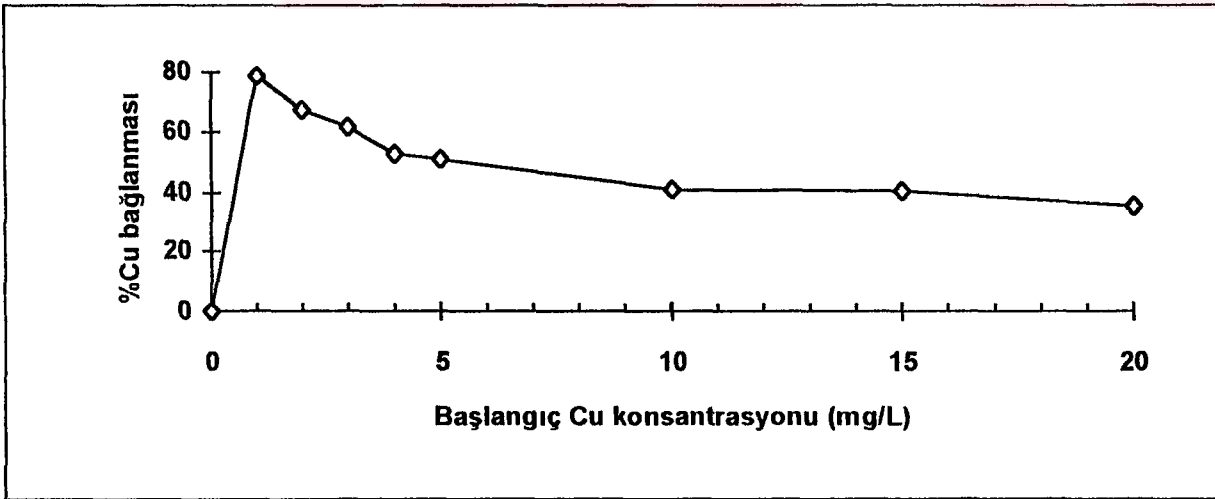
150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş liken biyokütlelerinden 150 mg'lık tartımlar alındı. 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 ve 20 ppm'lik, konsantrasyonlarda 50 mL kurşun ve bakır çözeltileri ayrı ayrı hazırlanarak başlangıç pH'ları 5'e ayarlandı. Kurşun çözeltisi, 10 dakika, bakır çözeltisi, 30 dakika süreyle biyokütle ile karıştırılarak mavi bant süzgeç kağıdından süzüldü ve çözeltilerde kalan kurşun ve bakır miktarları ayrı ayrı AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.13'de, başlangıç kurşun konsantrasyonu ile kurşun bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik ise şekil 4.24.'de başlangıç bakır konsantrasyon ile bakır bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.25.'de görülmektedir.

Çizelge 4.13. Metal Bağlanması Üzerine Metal Konsantrasyonunun Etkisi

Başlangıç metal kons. (mg/L)	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlanması
1	0,039	0,320	96,1	0,210	0,262	79,0
2	0,060	0,647	97,0	0,656	0,448	67,2
3	0,096	0,968	96,8	1,161	0,613	61,3
4	0,137	1,286	96,6	1,894	0,702	52,6
5	0,105	1,631	98,0	2,451	0,848	50,9
10	0,320	3,227	96,8	5,896	1,368	41,0
15	0,915	4,695	93,9	8,946	2,018	40,4
20	1,566	6,145	92,2	12,93	2,357	35,3



Şekil 4.24. Kurşun bağlanması üzerine kurşun konsantrasyonunun etkisi



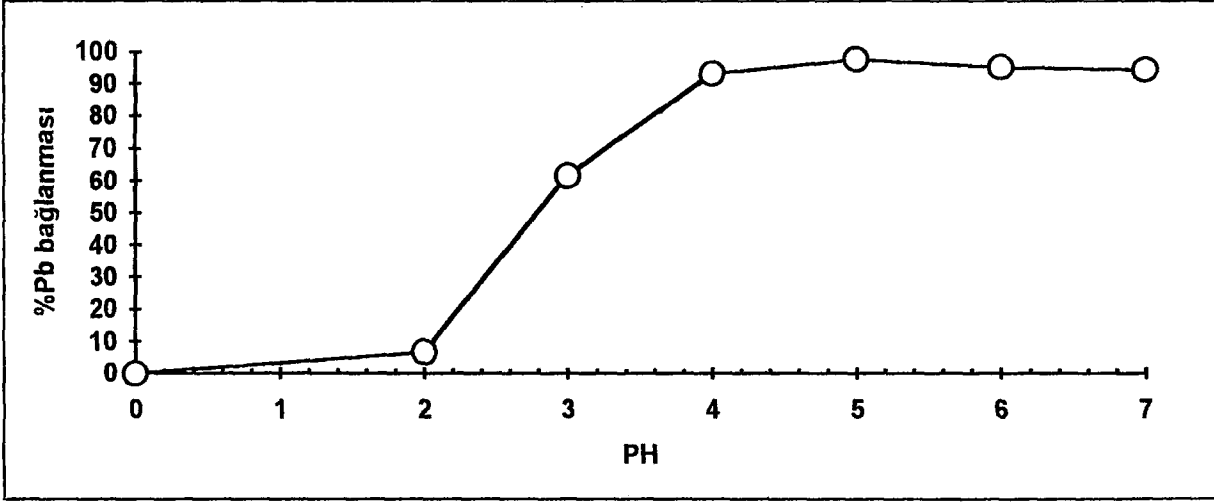
Şekil 4.25. Bakır bağlanması üzerine bakır konsantrasyonunun etkisi

4.4.4.3 Metal bağlanması üzerine pH' nın etkisi

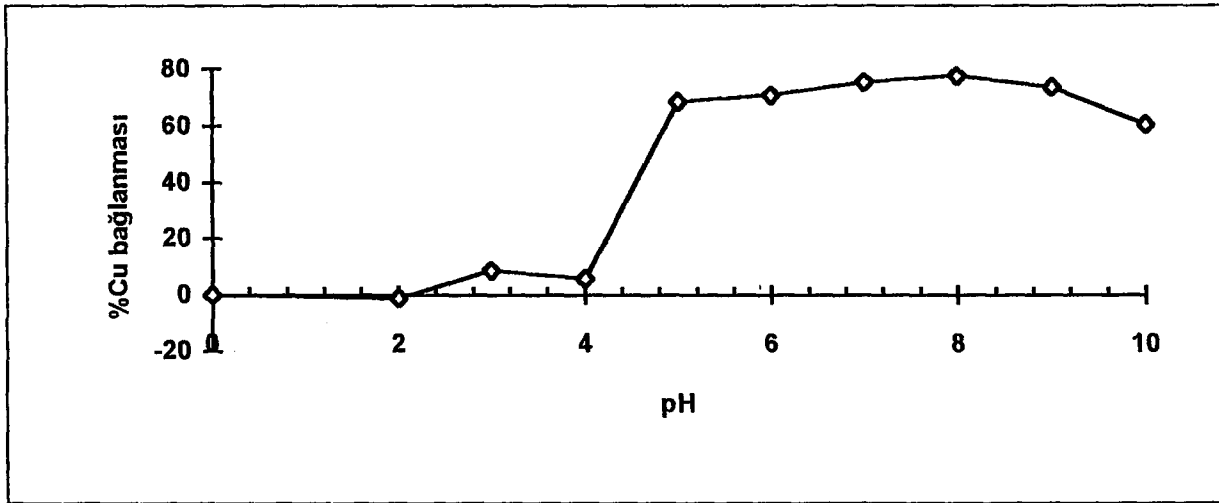
150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş *Pseduernia furfuracea* liken biyokütlesinden 150 mg' lık tartımlar alındı. . Başlangıç pH' ları 2'den 7'ye kadar olan altı ayrı (2, 3, 4, 5, 6, 7) konsantrasyonda 50'şer mL, 5 ppm' lik kurşun ve 1 ppm'lik bakır çözeltileri hazırlandı. Yüksek pH'da kurşun çöktüğü için pH 8, 9 ve 10 da sadece bakır metali ile çalışıldı. Kurşun çözeltisi, 10 dakika süreyle ve bakır çözeltisinde 30 dakika süreyle biyokütle ile karıştırılarak mavi bant süzgeç kağıdından süzüldü ve çözeltide kalan kurşun ve bakır miktarları AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.14.'da, kurşun bağlanma yüzdesi ile pH arasında çizilen grafik ise şekil 4.26.' de bakır yüzdesi ile pH arasında çizilen grafik ise şekil 4.27.'de görülmektedir.

Çizelge 4.14. Metal Bağlanması Üzerine pH' nın Etkisi

Başlangıç pH	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlan- ması	Çözeltide kalan Cu (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Cu (mg/g)	% Cu bağlan- ması
2	4,667	0,111	6,6	1,009	-0,003	-0,9
3	1,920	1,027	61,6	0,914	0,029	8,6
4	0,345	1,550	93,1	0,972	0,018	5,8
5	0,118	1,626	97,6	0,315	0,228	68,5
6	0,246	1,585	95,1	0,291	0,236	70,9
7	0,279	1,574	94,4	0,246	0,250	75,4
8	-	-	-	0,222	0,258	77,8
9	-	-	-	0,262	0,246	73,8
10	-	-	-	0,398	0,201	60,2



Şekil 4.26. Kurşun bağlanması üzerine pH'nın etkisi



Şekil 4.27. Bakır bağlanması üzerine pH'nın etkisi

4.4.5 Metal bağlanma mekanizması üzerine ön çalışmalar

Çalışmanın bu kısmında, kurşun metali ile metal bağlanması üzerine biyokütle boyutunun etkisinde usnea florida likeni ile çalışılmıştır. Asit-Baz ile ön işlemin etkisinde ve ortamda bulunan EDTA'nın etkisinin incelenmesinde 4 liken türüyle çalışıldı.

4.4.5.1 Kurşun bağlanması üzerine biyokütle boyutunun etkisi

4.2. bölümünde açıklandığı gibi elek analiziyle farklı tanecik boyutlarına (<150,150-355,355-710,710-1700 ve >1700 µm arası) ayrılmış olan Usnea Florida bitki kökü biyokütlesinden 150 mg'lık örnekler alındı. 50 mL, 10 ppm kurşun çözeltilerinin başlangıç pH'ları 5'e ayarlanarak değişik tanecik boyutuna sahip biyokütlerle 15 dakika süreyle karıştırıldı. Bu süre sonunda biyokütle ile çözelti süzülerek birbirinden ayrıldı. Çözeltide kalan Pb miktarı AAS ile tayin edildi. Sonuçlar çizelge 4.15.'de verilmektedir.

Çizelge 4.15. Kurşun Bağlanması Üzerine Biyokütle Tanecik Boyutunun Etkisi

Biyokütle Boyutu (µm)	Son pH	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması
< 150	4.77	0,200	3,267	98,0
150-355	4.75	0,291	3,235	97,1
355-710	4.59	3,929	2,024	60,6
710-1700	4.90	4,198	1,934	58,0
>1700	4.67	5,476	1,508	45,1

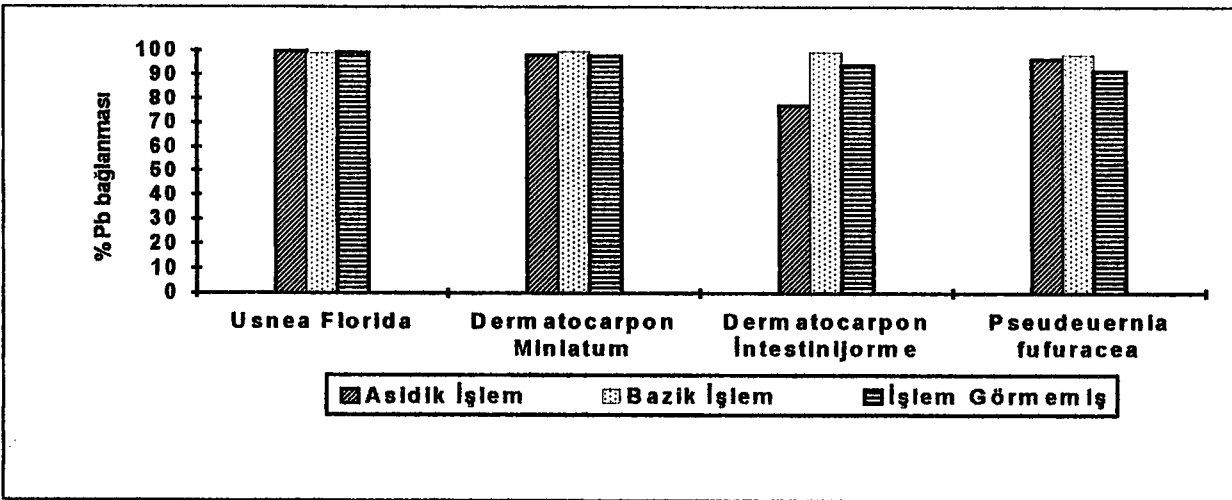
4.4.5.2 Kurşun bağlanması üzerine asit ve bazla ön yıkamanın etkisi

Kurutulmuş bitki kökü biyokütlesinden alınan yaklaşık 1 g'lık örnekler 200 mL 1 M HNO₃ ve KOH ile 1 saat süreyle ayrı ayrı karıştırıldı. Bu süre sonunda biyokütle HNO₃ yada NH₃ ile nötrale edilerek destile suyla onu takiben de deiyonize suyla yıkandı. 60 °C' de 48 saat kurutuldu. Bu şekilde asit ve bazla ön yıkama yapılmış örneklerden 150 mg'lık tartımlar alındı. 50 mL, 20 ppm'lik kurşun çözeltileri hazırlanarak başlangıç pH'ı 5'e ayarlandı. 30 dakika süreyle biyokütle ile karıştırılan çözeltiler süzüldü ve çözeltide kalan kurşun miktarları AAS ile tayin edildi. Toplu sonuçlar çizelge 4.16' de, asit ve bazla ön yıkama işlemi görmüş

biyokütlenin kurşun bağlama yüzdesi ile pH arasında çizilen grafik ise şekil 4.28.' de görülmektedir. Aynı şekil üzerinde hiç bir işlem görmemiş biyokütlenin aynı pH 'daki 4 farklı Liken için kurşun bağlama yüzdeleri de görülmektedir.

Çizelge 4.16. Kurşun Bağlanması Üzerine Asit ve Bazla Ön Yıkamanın Etkisi

Likenin Adı	Ön Yıkama İşlemi	Çözeltide kalan Pb (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Pb (mg/g)	% Pb bağlanması
Usnea	HNO ₃	0,026	3,325	99,6
Florida	KOH	0,120	3,292	99,8
Dermatocarpon	HNO ₃	0,377	6,541	98,1
Miniaturum	KOH	0,086	6,638	99,6
Dermatocarpon	HNO ₃	4,592	5,136	77,0
İntestinijorme	KOH	0,130	6,272	99,3
Pseudeuernia	HNO ₃	0.689	6,437	96.5
Furfuracea	KOH	0.361	6,545	98.2



Şekil 4.28. Kurşun Bağlanması Üzerine Asit ve Bazla Ön Yıkamanın Etkisi

4.4.5.3 Kurşun bağlanması üzerine EDTA' nın etkisi

50 mL, 10 ppm' lik kurşun çözeltisi içerisinde 10 mg EDTA çözüldü ve çözeltinin pH' sı 5' e ayarlandı. 150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş 4 liken biyokütlelerinden 150 mg' lik tartımlar alınarak hazırlanan çözeltilere ilave edilerek 20' şer dakika süreyle karıştırıldı. Bu süre sonunda çözeltiler süzülerek çözeltide kalan kurşun miktarları AAS ile tayin edildi. Elde edilen sonuçlar çizelge 4.17' de görülmektedir.

Çizelge 4.17. Kurşun Bağlanması Üzerine EDTA Etkisi

	Usnea Florida	Dermato. Miniatum	Dermato. İntestiniforme	Pseudeuernia Furfuracea
Son pH	4.22	4.49	4.75	4.45
Çözeltide kalan Pb (mg/L)	9,916	9,862	9,854	9,907
Biyokütlenin kuru ağırlığı	0,028	0,046	0,049	0,031
başına bağladığı Pb (mg/g)				
%Pb bağlanması	0,84	1,38	1,46	0,93

4.4.6 Karışık Element Analizi

4.4.6.1 Usnea florida

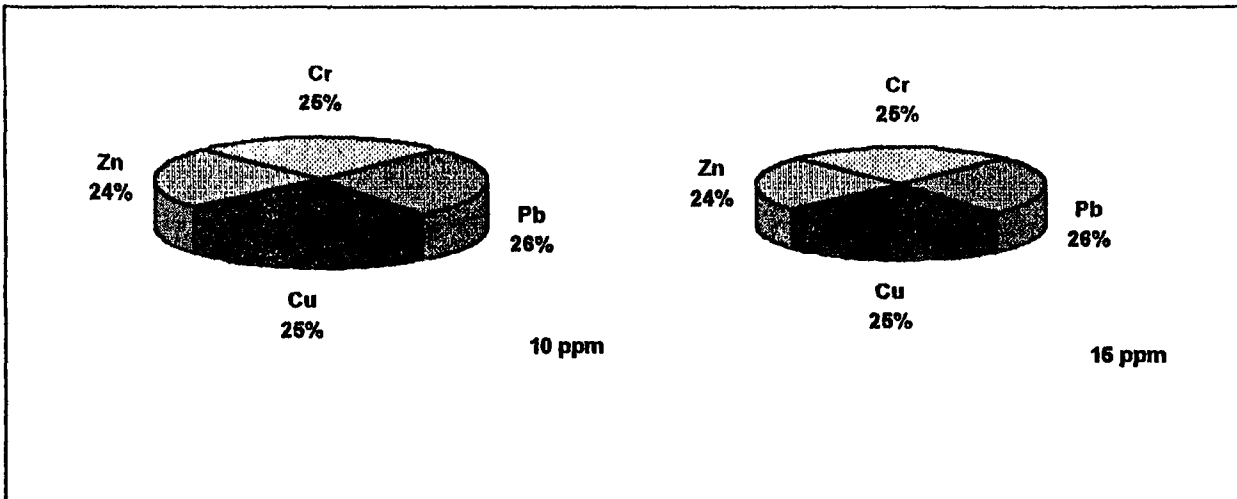
Kurutulmuş Usnea florida liken biyokütlesinden 150 mg'lık tartım alındı. Toplam hacim 50 mL olacak şekilde Pb , Cu , Zn ve Cr metallerini içeren çözelti hazırlandı. Her bir metalin konsantrasyonu ilk önce 10 ppm de hazırlandı. Başlangıç pH 'sı 7 olarak ayarlandı ve 30 dakika süreyle tartılan liken ile karıştırılarak süzüldü. Çözeltide kalan metal miktarları ayrı ayrı AAS ile tayin edildi. Aynı deney metal konsantrasyonu 15 ppm 'e artırılarak tekrarlandı. Sonuçlar çizelge 4.18. 'de ve metaller ile metal bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.29' de görülmektedir.

Çizelge 4.18. Metal bağlanması üzerine ortamda bulunan diğer metallerin etkisi

Metal	Metal konsantrasyonu	Çözültide kalan metal miktarı (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı (mg/g) *	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı (mg/g) **	% metal bağlanması *	% metal bağlanması **
Pb	10 ppm	0,064	3,312	3,234	99,4	97,1
	15 ppm	0,329	4,889	4,869	97,7	97,4
Cu	10 ppm	0,898	3,078	2,654	91,0	79,6
	15 ppm	0,730	4,712	4,067	94,1	81,3
Zn	10 ppm	1,294	2,902	-	87,1	-
	15 ppm	1,619	4,459	-	89,1	-
Cr	10 ppm	0,767	3,078	-	92,2	-
	15 ppm	0,864	4,757	-	95,0	-

* Ortama bulunan metallerin varlığında

** Ortamda sadece tek metal olduğunda



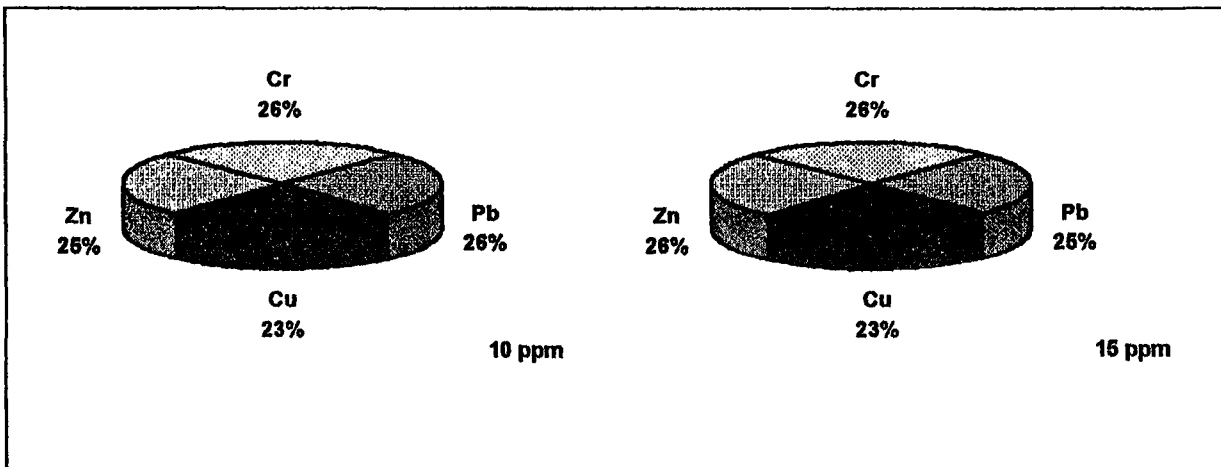
Şekil 4.29. Metal bağlanması üzerine ortamda bulunan metallerin etkisi

4.4.6.2 Dermatocarpon miniatum

Kurutulmuş Dermatocarpon Miniatum liken biyokütlesinden 150 mg'lık tartım alındı. Toplam hacim 50 mL olacak şekilde Pb , Cu , Zn ve Cr metallerini içeren çözelti hazırlandı. Her bir metalin konsantrasyonu ilk önce 10 ppmde hazırlandı. Başlangıç pH 'sı 7 olarak ayarlandı ve 30 dakika süreyle tartılan liken ile karıştırılarak süzöldü. Çözeltide kalan metal miktarları ayrı ayrı AAS ile tayin edildi. Aynı deney metal konsantrasyonu 15 ppm 'e artırılarak tekrarlandı. Sonuçlar çizelge 4.19. 'de ve metaller ile metal bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.30'de görölmektedir.

Çizelge 4.19. Metal bağlanması üzerine ortamda bulunan diğer metallerin etkisi

Metal	Metal konsantrasyonu	Çözeltide kalan metal miktarı (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı (mg/g) *	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı (mg/g) **	% metal bağlanması *	% metal bağlanması **
Pb	10 ppm	0,193	3,269	3,256	98,1	97,7
	15 ppm	0,709	4,764	4,899	95,3	97,4
Cu	10 ppm	1,429	2,857	2,474	85,6	74,3
	15 ppm	1,887	4,371	3,826	87,3	76,5
Zn	10 ppm	0,522	3,158	-	94,8	-
	15 ppm	0,531	4,823	-	96,5	-
Cr	10 ppm	0,410	3,197	-	95,9	-
	15 ppm	0,562	4,813	-	96,2	-



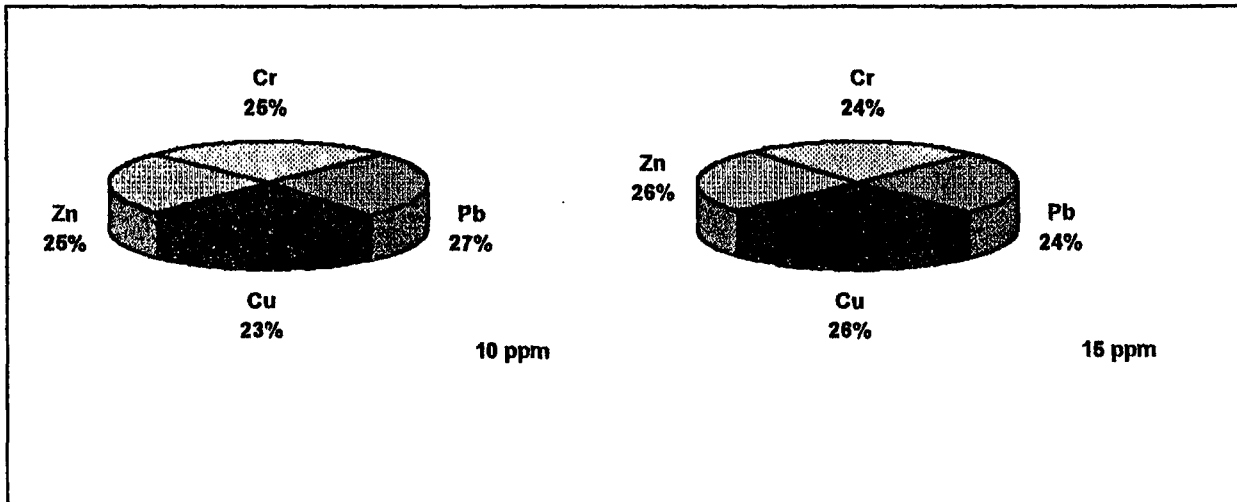
Şekil 4.30. Metal bağlanması üzerine ortamda bulunan diğer metallerin etkisi

4.4.6.3 Dermatocarpon intestiniforme

Kurutulmuş Dermatocarpon intestiniforme liken biyokütlesinden 150 mg'lık tartım alındı. Toplam hacim 50 mL olacak şekilde Pb , Cu , Zn ve Cr metallerini içeren çözelti hazırlandı. Her bir metalin konsantrasyonu ilk önce 10 ppm de hazırlandı. Başlangıç pH 'sı 7 olarak ayarlandı ve 30 dakika süreyle tartılan liken ile karıştırılarak süzöldü. Çözeltide kalan metal miktarları ayrı ayrı AAS ile tayin edildi. Aynı deney metal konsantrasyonu 15 ppm 'e artırılarak tekrarlandı. Sonuçlar çizelge 4.20. 'de ve metaller ile metal bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.31'de görölmektedir.

Çizelge 4.20. Metal bağlanması üzerine ortamda bulunan diğer metallerin etkisi

Metal	Metal konsantrasyonu	Çözeltide kalan metal miktarı (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı (mg/g) *	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı (mg/g) **	% metal bağlanması *	% metal bağlanması **
Pb	10 ppm	0,160	3,328	3,114	99,7	97,1
	15 ppm	0,421	4,860	4,620	7,36	97,4
Cu	10 ppm	1,284	2,904	2,339	87,2	70,2
	15 ppm	0,300	4,900	3,263	98	65,2
Zn	10 ppm	0,585	3,137	-	94,1	-
	15 ppm	0,282	4,906	-	98,0	-
Cr	10 ppm	0,439	3,187	-	95,5	-
	15 ppm	1,423	4,526	-	90,4	-



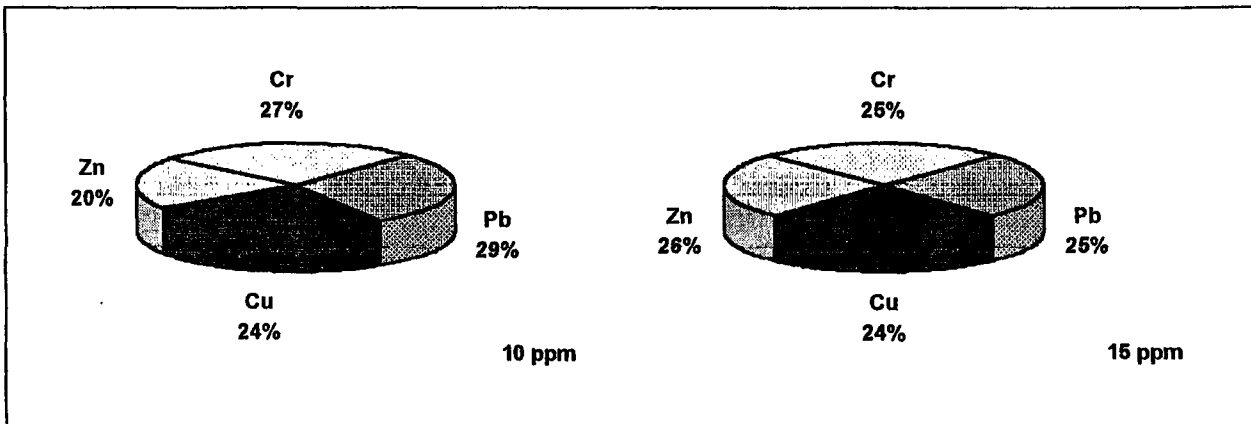
Şekil 4.31. Metal bağlanması üzerine ortamda bulunan diğer metallerin etkisi

4.4.6.4 *Pseudeuernia furfuracea*

Kurutulmuş *Pseudeuernia furfuracea* liken biyokütlesinden 150 mg'lık tartım alındı. Toplam hacim 50 mL olacak şekilde Pb , Cu , Zn ve Cr metallerini içeren çözelti hazırlandı. Her bir metalin konsantrasyonu ilk önce 10 ppm de hazırlandı. Başlangıç pH 'sı 7 olarak ayarlandı ve 30 dakika süreyle liken ile karıştırılarak süzöldü. Çözeltide kalan metal miktarları ayrı ayrı AAS ile tayin edildi. Aynı deney metal konsantrasyonu 15 ppm 'e artırılarak tekrarlandı. Sonuçlar çizelge 4.21. 'de ve metaller ile metal bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik şekil 4.32'de görölmektedir.

Çizelge 4.21. Metal bağlanması üzerine ortamda bulunan diğer metallerin etkisi

Metal	Metal konsantrasyonu	Çözeltide kalan metal miktarı (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı (mg/g) *	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı (mg/g) **	% metal bağlanması *	% metal bağlanması **
Pb	10 ppm	0,325	3,225	3,227	96,7	96,8
	15 ppm	0,250	4,917	4,695	98,2	93,9
Cu	10 ppm	1,794	2,734	1,368	82,1	41,0
	15 ppm	0,564	4,616	2,018	92,2	40,4
Zn	10 ppm	3,240	2,252	-	67,6	-
	15 ppm	0,250	4,917	-	98,2	-
Cr	10 ppm	0,908	3,031	-	90,8	-
	15 ppm	1,152	4,812	-	96,1	-



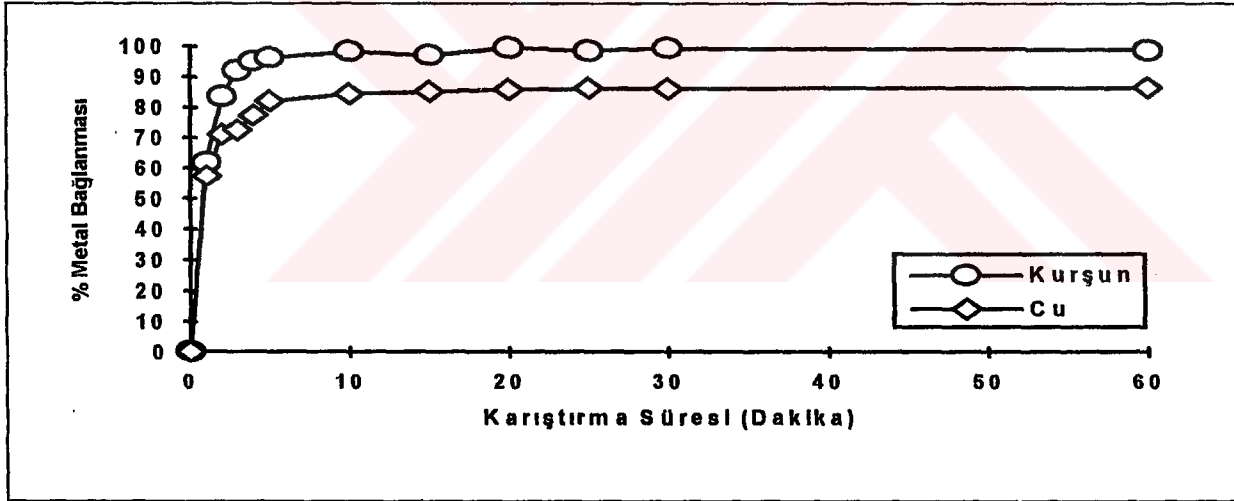
Şekil 4.32. Metal bağlanması üzerine ortamda bulunan diğer metallerin etkisi

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Metal Bağlanması Üzerine Etki Eden Faktörler

5.1.1 Metal bağlanmasının karıştırma süresine bağlılığı

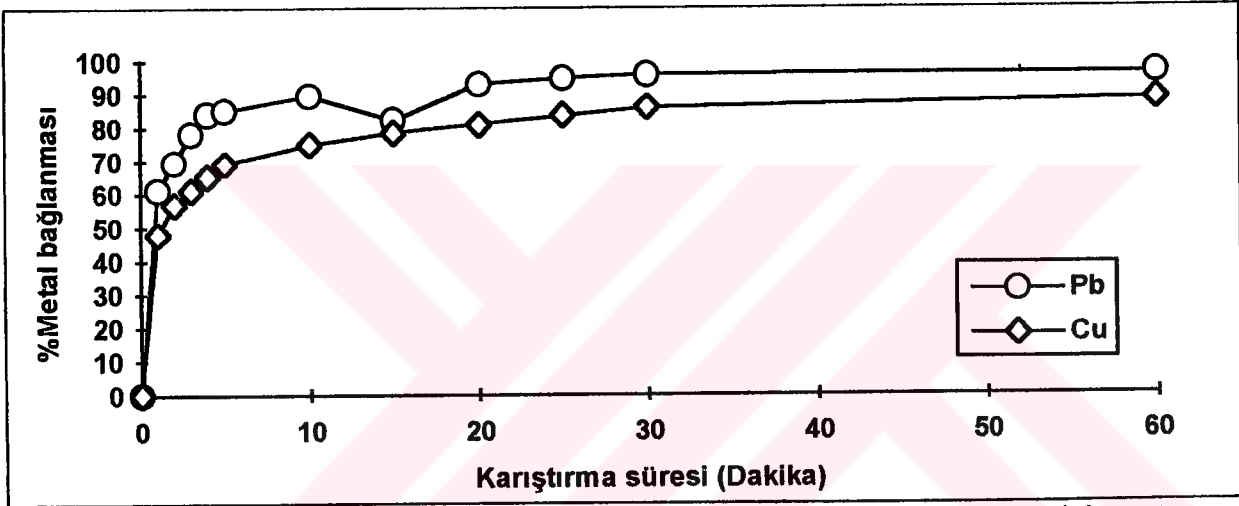
Usnea Florida likeninin kurşun ve bakır iyonlarını bağlaması üzerine karıştırma süresinin etkisini incelemek için yapılan kinetik çalışma şekil 4.4 ve 4.5'de verilmiştir. Bu grafikler karıştırma süresi ile metal bağlama yüzdesi arasında çizilmiştir. Bu şekillerde görüldüğü gibi Usnea Florida'nın metalleri bağlaması oldukça hızlıdır. Bu liken türü ile maksimum metal uzaklaştırılmasına kurşun da 2-3 dakikada ,bakır da 4-5 dakikada ulaşıldığı gözlenmiştir. Bu çalışmada karıştırma süresi maksimum 60 dakika olarak seçilmiştir.



Şekil 5.1. Metal bağlanması üzerine karıştırma süresinin etkisi (Usnea Florida)

Şekil 5.1. 'de ve daha önce verilen şekil 4.4 ile 4.5'de görüldüğü gibi maksimuma yakın metal bağlanmasına 10 dakikada ulaşıldığı kabul edildi. Bu iyonların 60' ıncı ve 10'ıncı dakikalar arasındaki bağlanması yüzdeleri arasındaki fark sırasıyla % 0,5 ve 1,1'dir.

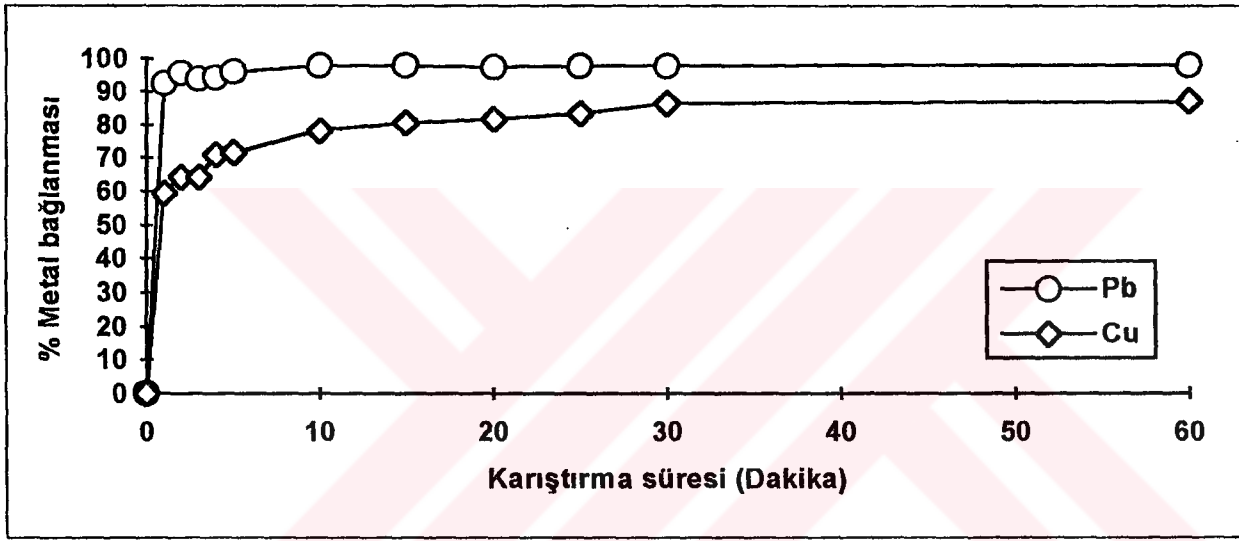
Dermatocarpon Miniatum liken türünde şekil 4.10 ve 4.11 de görüldüğü gibi Usnea Florida liken türüne benzer şekilde kurşun ve bakır iyonlarını hızla bağlamıştır. Maksimuma yakın metal uzaklaştırılmasına kurşunda 10-15 dakikada ,bakır da ise bu dengeye daha geç ulaşmıştır.



Şekil 5.2. Karıştırma süresinin metal bağlanmasına etkisi (Dermatocarpon Miniatum)

Şekil 5.2.'de ve şekil 4.10 ile 4.11 de görüldüğü gibi maksimuma yakın metal bağlanmasına 30 dakikada ulaşıldı. Bu iyonların 60'ıncı ve 30'uncu dakikalar arasındaki bağlanma yüzdeleri arasındaki fark sırasıyla % 0,5 ve 2,4 'dür.

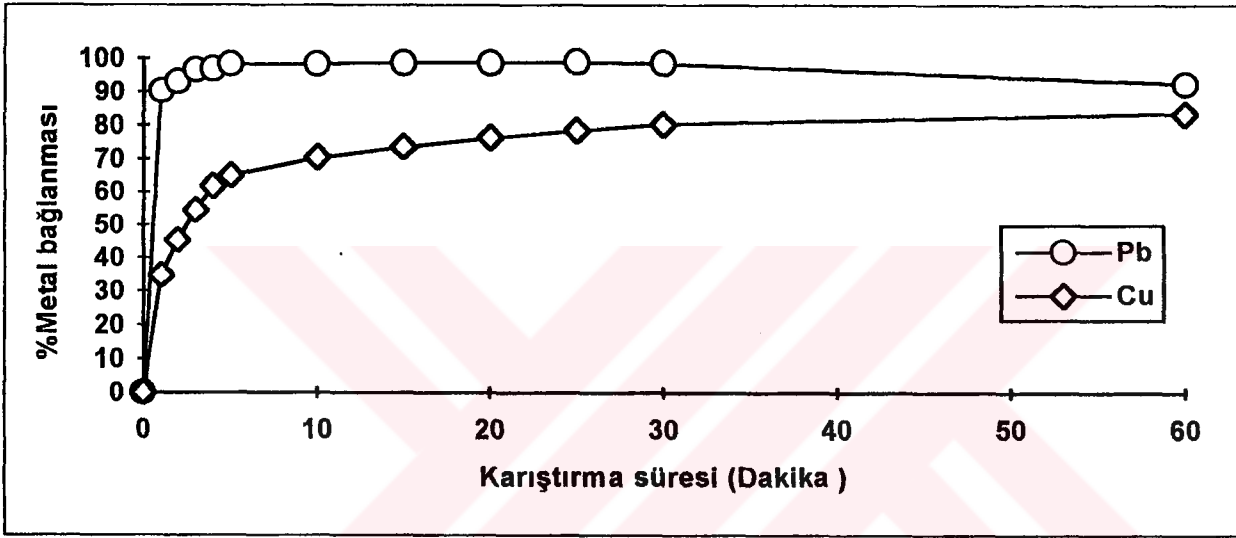
Dermatocarpon İntestiniörme likeninin kurşun ve bakır iyonlarını bağlaması üzerine karıştırma süresinin etkisini incelemek için yapılan çalışma şekil 4.16 ve 4.17 'de verilmiştir. Bu liken ile çalışılan metalleri bağlaması oldukça hızlıdır. Maksimum metal uzaklaştırılmasına kurşunda 1-3 dakikada ,bakırda ise 5-10 dakikada ulaşıldığı gözlenmiştir.



Şekil 5.3. Karıştırma süresinin metal bağlanması üzerine etkisi (Dermatocarpon İntestiniörme)

Şekil 5.3'de ve şekil 4.16 ile 4.17 de görüldüğü gibi maksimuma yakın metal bağlanmasına kurşunda 10 dakikada ,bakırda ise 30 dakikada ulaşıldığı kabul edilmiştir. Kurşun iyonunun 60'ıncı ve 10'uncu dakikalar arasındaki bağlama yüzdesi % 0,3 ve bakır iyonunun 60'ıncı ve 30'uncu dakikalar arasındaki bağlama yüzdesi % 0,5 dir.

Pseudeuernia Furfuracea likeninin kurşun ve bakır iyonlarını bağlaması üzerine karıştırma süresinin etkisini incelemek için yapılan kinetik çalışma şekil 4.22 ve 4.23 'de verilmiştir. Maksimuma yakın metal uzaklaştırılmasına kurşunda 1-2 dakikada ,bakırda ise bu dengeye daha geç ulaşılmıştır.



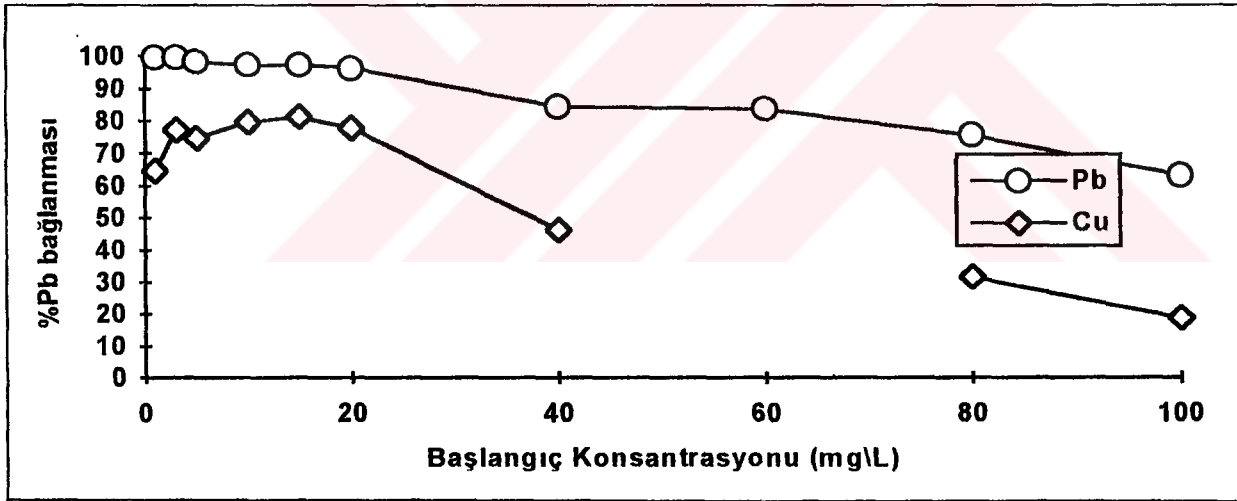
Şekil 5.4. Karıştırma süresinin metal bağlanması üzerine etkisi (Pseudeuernia Furfuracea)

Şekil 5.4'da ve şekil 4.22 ile 4.23 'de görüldüğü gibi maksimuma yakın metal bağlanmasına kurşunda 10 , bakırda 30 dakikada ulaşıldığı kabul edilmiştir. Kurşunun 60'ıncı ve 10'uncu dakikalardaki bağlanma yüzdesi arasındaki fark % 5,9 ve bakırın 60'ıncı ve 30'uncu dakikalardaki bağlanma yüzdesi arasındaki fark % 3,1 dir.

Bu çalışma, göz önünde bulundurulanan zaman ve enerji sarfiyatları dikkate alındığından çalışılan metallerin biyokütle üzerine bağlanmasının ,biraz daha düşük bağlanma yüzdesi ile çok daha kısa sürede gerçekleşebileceğini göstermiştir.

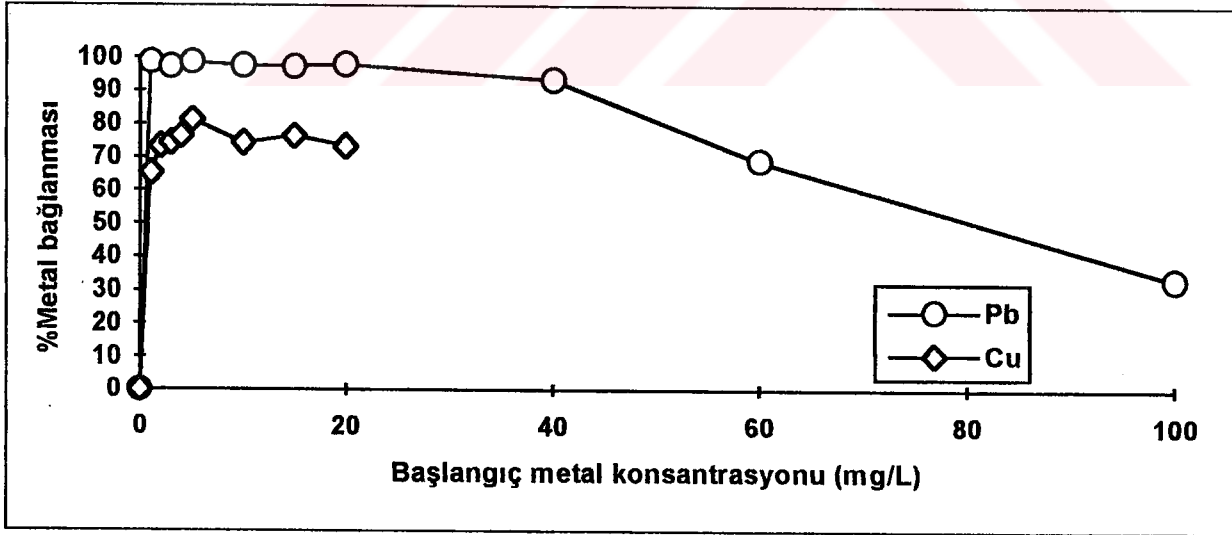
5.1.2 Metal bağlanmasının ortamdaki metal konsantrasyonuna bağlılığı

Usnea Florida likeninin kurşun ve bakır iyonlarını bağlaması üzerine başlangıç konsantrasyonunun etkisini incelemek için yapılan çalışma şekil 4.6 ve 4.7'de verilmiştir. Bu grafikler başlangıç konsantrasyonu ile metal bağlama yüzdesi arasında çizilmiştir. Bu şekillerde görüldüğü gibi metal bağlanma yüzdesi ortamda bulunan metal miktarı ile başlangıçta artmakta daha sonra düşmektedir. Aslında çözeltideki metal iyonu konsantrasyonunun artması ile metal bağlanma miktarının arttığı açıkça görülmektedir. Buna göre optimum metal konsantrasyonu kurşun ve bakır için 15 mg/L seçilmiştir. Şekil 5.5'de görüldüğü gibi, 50 ml 20 ppm'lik başlangıç metal konsantrasyonundaki Usnea Florida biyokütlesinin kuru ağırlığı başına bağladığı metal miktarları (mg/g olarak) kıyaslandığında Pb (6,30) > Cu (5,88) sıralamasının geçerli olduğu görülmektedir.



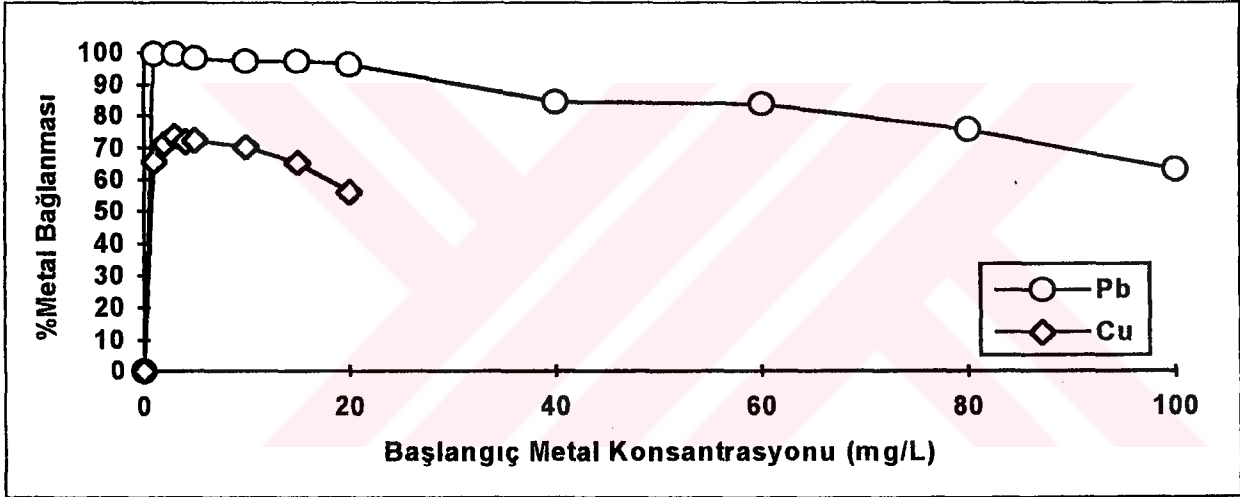
Şekil 5.5. Metal bağlanması üzerine Başlangıç konsantrasyonunun etkisi (Usnea Florida)

Dermatocarpon Miniatum liken türünün kurşun ve bakır iyonlarını bağlaması üzerine başlangıç konsantrasyonunun etkisini incelemek için yapılan çalışma şekil 4.12 ve 4.13'de verilmiştir. Bu grafikler, başlangıç konsantrasyonu ile metal bağlama yüzdesi arasında çizilmiştir. Bu şekillerde görüldüğü gibi metal bağlanma yüzdesi ortamda bulunan metal miktarı ile başlangıçta artmakta daha sonra düşmektedir. Aslında çözeltildeki metal iyonu konsantrasyonunun artması ile metal bağlanma miktarının arttığı açıkça görülmektedir. Buna göre optimum metal konsantrasyonu kurşun için 15 mg/L ve bakır için 5 mg/L seçilmiştir. Şekil 5.6'da görüldüğü gibi, 50 ml 20 ppm'lik başlangıç metal konsantrasyonundaki Dermatocarpon Miniatum biyokütlesinin kuru ağırlığı başına bağladığı metal miktarları (mg/g olarak) kıyaslandığında Pb (6,92) > Cu (4,90) sıralamasının geçerli olduğu görülmektedir.



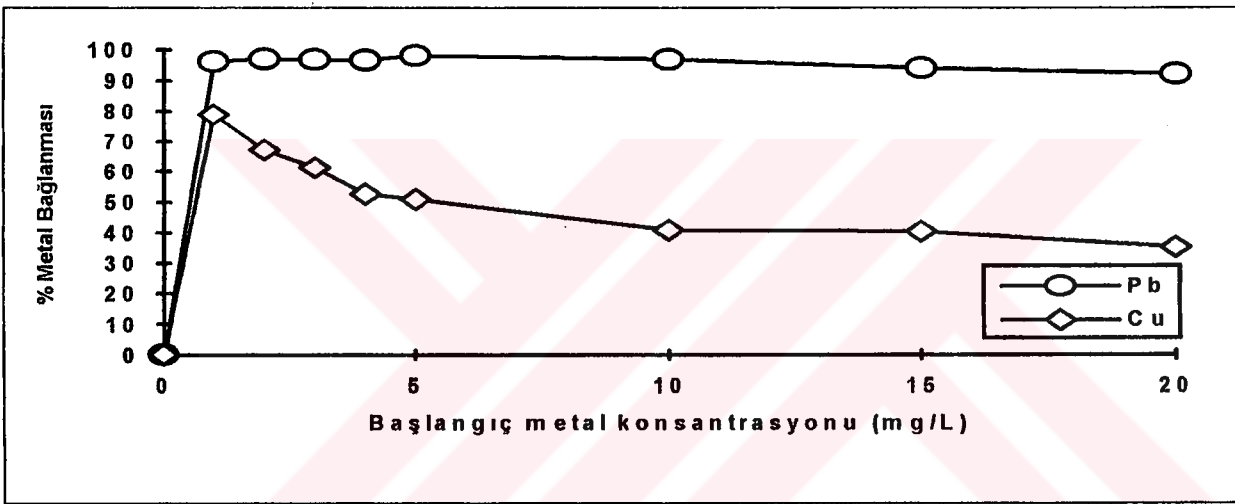
Şekil 5.6. Metal Bağlanması Üzerine Başlangıç Metal Konsantrasyonunun Etkisi
(Dermatocarpon Miniatum)

Dermatocarpon İntestiniörme likeninin kurşun ve bakır iyonlarını bağlaması üzerine başlangıç konsantrasyonu değişimi ile metal bağlanması arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılan çalışma şekil 4.18 ve 4.19 verilmiştir. Bu grafiklerden görüldüğü gibi metal bağlanma yüzdesi ortamda bulunan metal miktarı ile artmakta daha sonra azalmaktadır. Optimum metal konsantrasyonu kurşun için 5, bakır için 3 mg/L seçilmiştir. 50 mL 20 ppm'lik başlangıç metal konsantrasyonundaki Dermatocarpon İntestiniörme biyokütlesinin kuru ağılığı başına bağladığı metal miktarları (mg/g olarak) kıyaslandığında Pb (6,106) > Cu (3,74) olduğu görülmektedir.



Şekil 5.7. Metal Bağlanması Üzerine Başlangıç Metal Konsantrasyonunun Etkisi (Dermatocarpon İntestiniörme)

Pseudeuernia Furfuracea likeninin kurşun ve bakır iyonlarını bağlaması üzerine başlangıç konsantrasyonu değişimi ile metal bağlanması arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılan çalışma şekil 4.24 ve 4.25 verilmiştir. Bu grafiklerden görüldüğü gibi metal bağlanma yüzdesi ortamda bulunan metal miktarı ile artmakta daha sonra azalmaktadır. Optimum metal konsantrasyonu kurşun için 5, bakır için 1mg/L seçilmiştir. 50 mL 20 ppm'lik başlangıç metal konsantrasyonundaki *Pseudeuernia Furfuracea* biyokütlesinin kuru ağılığı başına bağladığı metal miktarları (mg/g olarak) kıyaslandığında Pb (6,45) > Cu (2,35) olduğu görülmektedir.

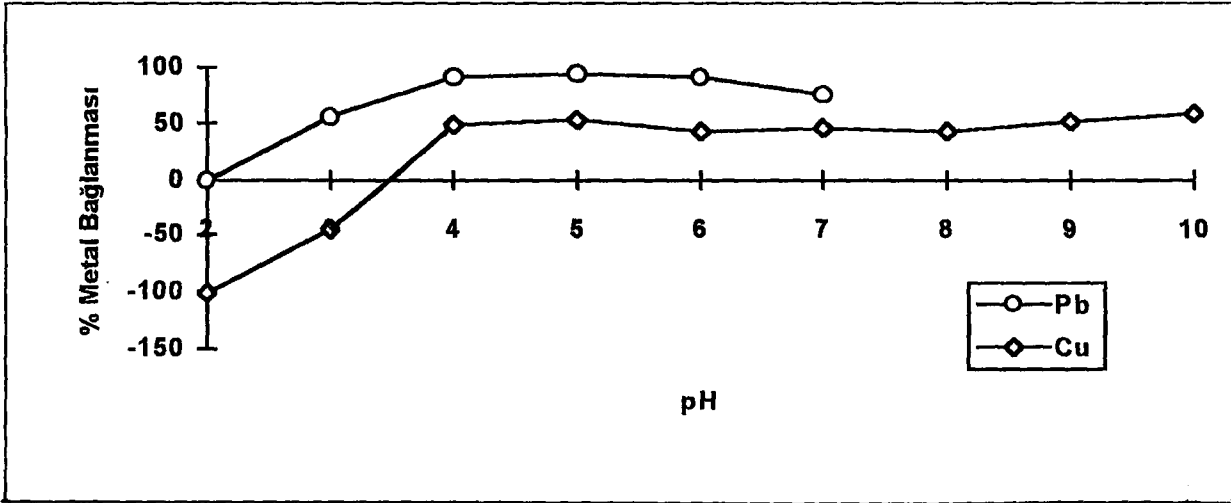


Şekil 5.8. Metal Bağlanması Üzerine Başlangıç Metal Konsantrasyonunun Etkisi (*Pseudeuernia Furfuracea*)

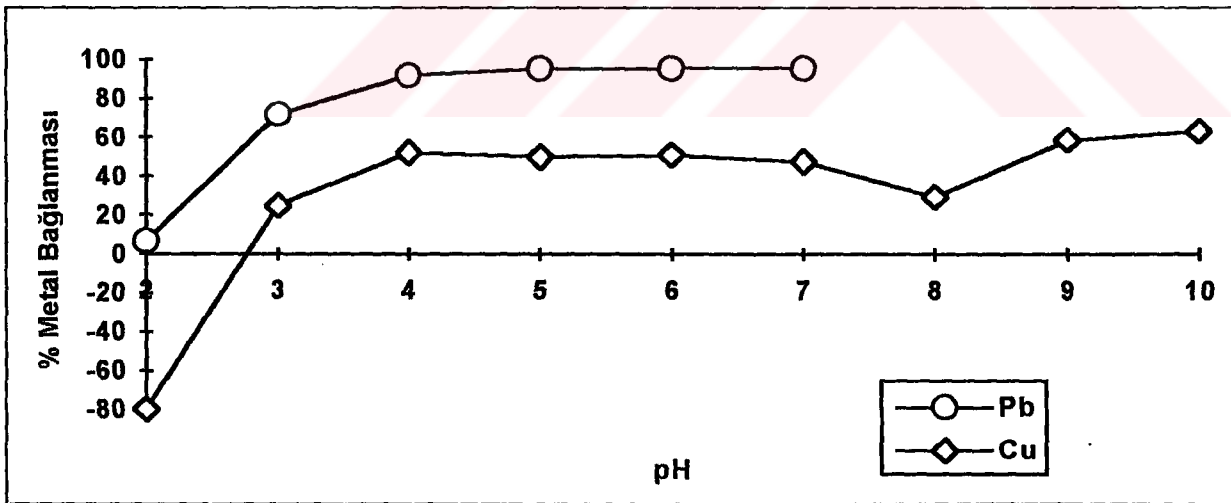
5.1.3. Metal bağlanmasının pH'ya bağlılığı

Bu çalışmanın asıl amaçlarından biri, çalışılan liken biyokütlelerinin metalleri bağlaması üzerine pH'nın etkisini incelemektir. Liken biyokütlelerinin metallarla bağ yapmasının pH'ya bağlı olması çok önemlidir. Bu sayede çeşitli örneklerdeki girişim yapan elementlerin uzaklaştırılması mümkün olabilir. Şekil 5.9'da ve şekil 4.8 ve 4.9'de görüldüğü gibi *Usnea Florida* liken türünün iyonları ile bağ yapmasında pH'nın etkisi çok büyüktür. Ayrıca bu metallerin pH 2 de hiç bağ yapmadığı pH'nın artmasıyla metal bağlanmasının da hızla arttığı görülmektedir. pH'da 4-10 gibi geniş aralıkta görülen maksimuma yakın metal bağlanması *Usnea Florida*'nın uygulamada fazla pH değişmesine gerek duymadan çok çeşitli örneklerle uygulanabileceğini göstermektedir. Bakır için pH 3'ün altında negatif metal bağlanması likenin bünyesinde bu

metal bulundurduğunu, kuvvetli asidik ortamda ise bünyesinde bulunan metali çözelti ortamına verdiği göstermektedir.

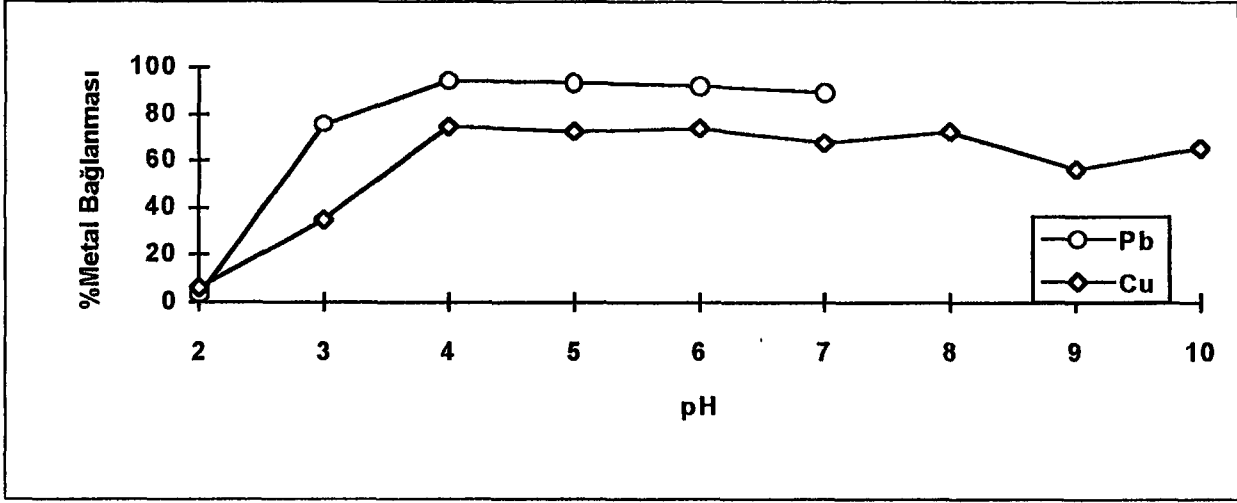


Şekil 5.9. Metal Bağlanması Üzerine pH'nın Etkisi (Usnea Florida)



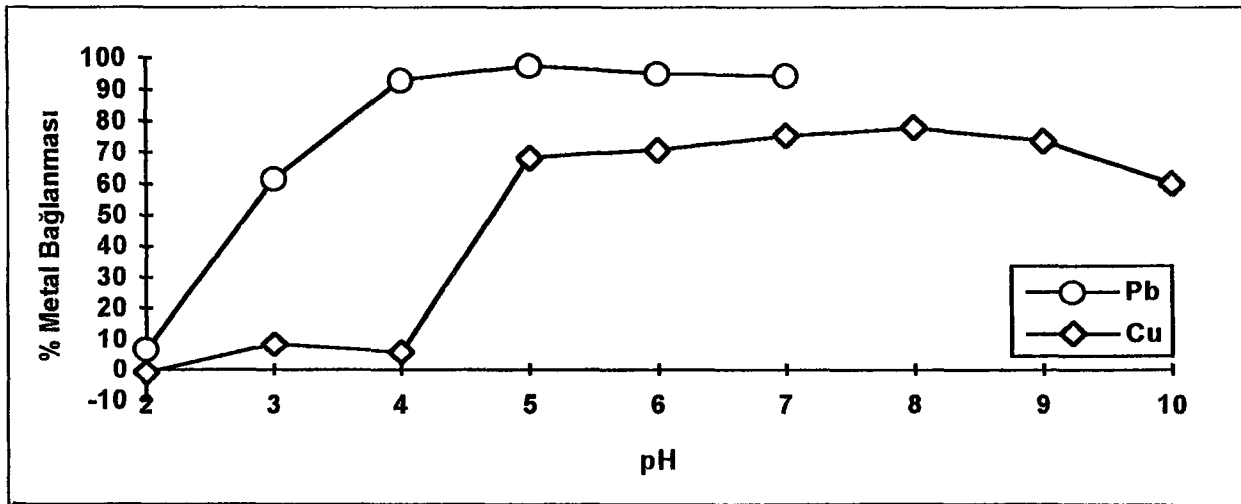
Şekil 5.10. Metal Bağlanması Üzerine pH'nın Etkisi (Dermatocarpon Miniatum)

Şekil 5.10 ve Şekil 4.14, 4.15 'de görüldüğü gibi kurutulmuş Dermatocarpon Miniatum likeninin çalışılan metalleri bağlaması da Usnea Florida gibi pH 'ya kuvvetle bağımlıdır. Benzer şekilde pH 4-10 gibi geniş aralıkta maksimuma yakın bağlaması pH 2 de yine sıfıra yakın hatta negatif metal bağlaması görülmektedir. Negatif değerler Dermatocarpon Miniatum likeninin de bünyesinde bakır metalinin bulunduğunu göstermektedir.



Şekil 5.11. Metal Bağlanması Üzerine pH'nın Etkisi (Dermatocarpon Intestinforme)

Şekil 5.11'de şekil 4.20 ve 4.21 'de görüldüğü gibi kurutulmuş Dermatocarpon intestinforme likeninin çalışılan metalleri bağlaması da Usnea Florida gibi pH 'ya kuvvetle bağlıdır. Benzer şekilde pH 4-10 gibi geniş aralıkta maksimuma yakın bağlaması ,pH 2 de ise hiç bağ yapmadığı görülmektedir.



Şekil 5.12. Metal Bağlanması Üzerine pH'in Etkisi (Pseudeuernia Furfuracea)

Şekil 5.12'de ve şekil 4.26 ve 4.27 'de görüldüğü gibi kurutulmuş *Pseudeuernia furfuracea* likeninin çalışılan metalları bağlaması da *Dermatocarpon intestiniforme* gibi pH 'ya kuvvetle bağımlıdır. Benzer şekilde pH 4-10 gibi geniş aralıkta maksimuma yakın bağlaması pH 2 de yine sifıra yakın hatta negatif metal bağlaması görülmektedir. Negatif değerler *Pseudeuernia furfuracea* likeninin de bünyesinde bakır metalinin bulunduğunu göstermektedir.

5.2. Metal Bağlanma Mekanizmasının İncelenmesi

5.2.1. Metal bağlanması üzerine biyokütle tanecik boyutuna Bağlılığı

Çizelge 4.15.' den görüldüğü gibi *Usnea Florida* liken biyokütlesinin tanecik boyutunun küçülmesi kurşun metallerinin biyokütle üzerine bağlanma yüzdelerini arttırmaktadır. Bu artış adsorbsiyon olaylarında olduğu gibi bağlanmada etkin olan yüzey alanlarının artışından kaynaklandığı ve diğer metaller için de aynı olacağı düşünüldüğünden, tanecik boyutuna bağımlı metal bağlanma deneyleri için bu iki metalle çalışılması yeterli görülmüştür. Kurşun iyonlarını en yüksek bağlama yüzdeleri 150 µm' den küçük tanecik boyutundaki biyokütle ile elde edilmesine rağmen, elek analizi sonucunda 150-355 µm arası tanecik boyutundaki biyokütleden daha fazla elde edilmesi ve bu tanecik boyutundaki biyokütlenin nikel ve bakır bağlama yüzdesi en yüksek değere yakın olması gibi sebeplerden dolayı 150-355 µm arası tanecik boyutlu biyokütle bundan sonraki deneyler için tercih edilmiştir.

5.2.2. Metal Bağlanmasının Asidik ve Bazik Ön İşlemlere Bağlılığı

Çizelge 4.16 değerleri ve Şekil 4.28.' de görüldüğü gibi *usnea florida* liken biyokütlesinin kurşun bağlamasını hem asidik hem de bazik işlem hiç işlem görmemiş haldekine göre bir değişim gözlenememiştir. *Dermatocarpon miniatum* likeni için bazik işlem, %kurşun bağlanmasını biraz arttırmıştır. *Dermatocarpon intestiniforme* likeninde asidik işlemden sonra %kurşun bağlanması biraz daha az olduğu gözlenmiştir. *Pseudeuernia* likeni için bazik ve asidik işlem %kurşun bağlanmasını biraz daha arttırdığı şekil 4.28'de görülmektedir.

5.2.3. Metal bağlanmasının ortamda EDTA bulunmasına bağlılığı

Çizelge 4.17' da görüldüğü ortamda kuvvetli kompleks yapıcı EDTA' nın bulunması çalışılan bütün metallerin biyokütle üzerine bağlanmasını tamamen engellemiştir. Tüm likenlerde,

EDTA'nın varlığında kurşun miktarı, biyokütlenin kuru ağırlığı başına ancak $8,4-14,6 \cdot 10^{-3}$ mg/g kadar olduğu görülmektedir.

5.2.4. Metal bağlanması üzerine karışık element analizinin etkisi

Şekil 4.29, 4.30, 4. 31, 4.32 'de görüldüğü gibi Usnea florida bitkisi için 10 ppm ve 15 ppm çözelti hazırlanan kurşun ,bakır ,çinko ve krom metallerinin bağlanması birbirlerinden çok farklı değildir. Likenlerin hepsinde kurşunun %96-99 'u bağlanmıştır. % Pb ve Cu bağlanması ortamda başka metallerin varlığında daha fazla olduğu çizelge 4.18,4.19,4.20,4.21'de görülmektedir. Bu likenleri kullanarak diğer metallerin varlığında Pb ve Cu metallerini kolaylıkla uzaklaştırılabileceği söylenebilir. Bu likenler ile yapılacak olan daha ileri çalışmalar için yol gösterici olması düşünülmüştür.

5.2.5. Bazı sonuçların istatistiksel değerlendirilmesi

Usnea florida için yapılmış olan metal bağlanması üzerine pH'ın etkisini incelemek için yapılmış olan ve çizelge 5.1. 'de 3 denemenin ortalama değerleri , standart sapmaları ve bağıl standart sapmaları verildi.

Çizelge 5.1 Bazı sonuçların İstatistiksel değerlendirilmesi

		Çözeltide kalan ağır metal (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı metal(mg/g)
Pb çözeltisi	Ortalama	0,832	4,723
	Standart sapma	0,08	0,12
	Bağıl standart sapma	11,30	2,54
Cu çözeltisi	Ortalama	6,212	2,928
	Standart sapma	0,08	0,06
	Bağıl standart sapma	1,26	2,05

5.3 Sonuçların İçme Suyu Standartlarına Göre Değerlendirilmesi

Çeşitli kuruluş ve ülkelere göre verilen içme suyu standart değerleri, Pb metali için 0,01-0,05 mg/L ve Cu metali için 0,1-3 mg/L arasındadır. Buna göre; başlangıç Pb konsantrasyonu usnea florida ile 1-2 ppm , dermatocarpon miniatum ile 1-4 ppm , dermatocarpon intestinforme ile 1-3 ppm ve pseudeuernia furfuracea ile 1-2 ppm arasında olduğunda içme suyu standartlarına uygun bir şekilde uzaklaştırılabilir. Başlangıç Cu konsantrasyonu usnea florida ile 1-10 ppm , dermatocarpon miniatum ile 1-15 ppm , dermatocarpon intestinforme ile 1-10 ppm ve pseudeurnea 1-2 ppm oluğunda içme suyu standartlarına uygun bir şekilde uzaklaştırılabildiği izelge 4.4, 4.7, 4.10, 4.13'de görülmektedir. Bu likenler ile içme sularından ağır metallerin uzaklaştırılmasında da kullanılan alternatif olarak verilebilir. Daha yüksek başlangıç konsantrasyonundaki sonuçlara göre kirli sulardan ağır metallerin arıtılmasına da uygulanabilir.



KAYNAKLAR

Akçın, G., 1988 a. "Water Hyacinth Bitkisinin Tanıtılması", Dördüncü Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, İzmir,

Aslan,A. ve A.Öztürk; 1994.Otlu(Erzurum)Yöresine ait Liken florası üzerine çalışmalar Tr.J.of Botany 18,103-106.

Budavari, S., O'Neil, M.J., Smith, Ann., and Heckelman, P.E., 1989. "The Merck Index; An Encyclopedia of Chemical, Drugs, and Biological", Eleventh Edition, Merck & CO., Inc., Rahway, N.J., USA.

Chigbo, F.E., Clark, M., and Thompson, L., 1979. " Simultaneous Absorption of Cadmium ,Lead, Arsenic, and Mercury by Water Hyacinth " , Journal of The Mississippi Academy of Sciences , XXIV,13-31.

Chigbo, F.E., Smith, R.W., and Shore, F.L., 1982. " Uptake of Arsenic, Cadmium ,Lead, and Mercury from Polluted Waters by Water Hyacinth Eichhornia Crassipes " , Environmental Pollution , A 27 , 31-36.

Clauzade, G. Ve c.Roux; 1985.Likenoj de occidenta.Europa Bull.de la Soc.Bot.Centre Quest nauvele 7.Royan.J.889.

Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., and Trussell, R.R., 1989. "Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater", Port City Press, Baltimore: 3 82-3 157.

Cooley, T.M., Gonzales, M.H., and Martin, D.F., 1978. "Radio-Manganese-Iron and Phosphorus Uptake by Water Hyacinth and Economic Implication", Economic Botany, 32, 4, 371-378.

Crist, R.H., Oberholser, K., Shank, N., and Nguyen, Ming., 1981. Nature of Binding Between Metallic Ions and Algal Cell Walls", Environ. Sci. Technol., 15, 1212-1217.

Darnall, D.W., Greene, B., Hosea, J.M., McPherson, R.A., Henzl, M., Alexander, M.D., in Thompson, R., 1986 b. "Trace Metal Removal from Aqueous Solution", Burlington House, London, 1-24.

Dökmeci, İ., 1988. "Toksikoloji, Akut Zehirlenmelerde Tanı ve Tedavi", Fatih Gençlik Vakfı Matbaa İşletmesi, İstanbul: 336-354.

Elmahadi,H.A.M... Greeway, G.m., 1991. "Immobilized Alga as a Reagent for Precocentration in Trace Element Atomic Absorption Spectrometry" ,J. Anal. At. Spectrom., 6 (8), 642-646.

Fated,S.e.,and Abd-El-Shafy, H. J. ,1985. " Accumulation of Cu, Zn, Cd and Pb by Aquatic Macrophytes " , Environment International ,11, 77-87.

Fujita,M.,1985. The Presence of Two Cd-Binding Components in the Root of Water Hyacinth Cultivated in a Cd ²⁺ Containing Medium " , Plant Cell Physiology,26,22,295-300.

- Hardy , J.K., O'Keeff ,D.H., 1985. " Cadmium Uptake by the Water Hyacinth:Effect of Root Mass, Solution Volum Complexers and Other Metal Ions " , Chemosphere, 14,5,417-426.
- Harris, P.O., and Ramelow, G.J., 1990. "Binding of Metal Ions by Particulate Biyomass Derived from *Chlorella Vulgaris* and *Scenedesmus Quadricauda*", Environ. Sci. Technol., 24, 220-228.
- Low, K.S., Lee, C.K., and Tai, C.H., 1994. "Biyosorption of Copper by Water Hyacinth Roots", J. Environ. Sci. Health, A29 (1), 171-188.
- Mahan, C.A., and Holcombe, J.A., 1992. "Immobilization of Algae Cells on Silica Gel and Their Characterization for Trace Metal Preconcentration", Anal. Chem., 64, 1933-1939.
- Nakajima,A., Horikoshi, T., and Sakaguchi ,T., 1981. " Studies on the Accumulation of Heavy Metal Elements in Biological Systems " ,Europen J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 12,76-83.
- Nieboer, E., Richardson, D.H.S., and Tomassini, F.D., 1978. "Mineral Uptake and Release by Lichen: An Overview", The Bryologist, 81 (2), 226-246.
- Purvis, O.W.,B.J. Coppins., D.L. Hawksworth., P.W.James. ve D.M.Moore.1994.The lichen flora of Britain and Ireland.710p. Natural History Museum.Publications in association with British Lichen Society,London.
- Panda, A.K.,1996. "BiO-Accumulatıon of Nickel and Zinc by Water Hyacinth and Water Lettuce ", Indian J. Environ. . Health, 38 (1), 51-53.
- Ramelow, G.J., Yumo, Z., and Liu, Lei., 1991. "Uptake of Metallic Ions from Aqueous Solution by Dried Lichen Biyomass", Microbiyos, 66, 95-105.
- Ramelow, G.J., Fralick, D., and Zhao, Y., 1992. "Factors Affecting the Uptake of Aqueous Metal Ions by Dried Seaweed Biyomass", Microbiyos, 72, 81-93.
- Ramelow, G.J., Himel, L.L., Fralick, D., Zhao, Y., and Tong, C., 1993. "The Analysis of Dissolved Metals in Natural Waters After Preconcentration on Biyosorbents of Immobilized Lichen and Seaweed Biyomass in Silica", Intern. J. Anal. Chem., 53, 219-232.
- Ramelow, Ü.S., Guidry, C.N., Fisk, S.D., 1996. "A Kinetic Study of Metal Ion Binding by Biyomass Immobilized in Polymers", J. Hazard. Mater., 46 (1), 37-55.
- Richerdson, D.H.S., and Niober, E., 1981. "Lichens and Pollution Monitoring", Endeavour, 5, 127-133.
- Robichaud, K., Misra, M., Smith, R.W., Schneider , I.A.H., 1995. "Adsorption of Heavy Metals by Aquatic Plant Roots " , Proc.Int .Symp., B 269-272.
- Saltabaş, Ö., 1997."Cansız Su Bitkileri İle Atık Sulardaki Bazı Ağır Metallerin Uzaklaştırılmasında Etki Eden Faktörler", Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Analitik Anabilim Dalında Doktora Tezi, İSTANBUL.

Saltabaş, Ö., Akçın, G., Yeşilçimen, F., 1996. "Bazı Liken Türleri ile Ağır Metallerin Uzaklaştırılması", Türk Devletleri Arasında 3. İlimi İşbirliği Konferansı, 9-14 Eylül, Ufa, Başkurdistan, 433-439.

Saltabaş, Ö., Akçın, G., Yeşilçimen, F., 1997. "Sulu Çözeltilerdeki Bazı Metallerin Uzaklaştırılması", Kimya-97 XI. Kimya Kongresi, 16-20 Haziran, Van, 149.

Shengjun, M., and Holcombe, J.A., 1990. "Preconcentration of Copper on Algae and Determination by Slurry Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry", Anal. Chem., 62, 1994-1997.

Tobin, J.M., Cooper, D.G., and Neufeld, R.J., 1984. "Uptake of Metal Ions by *Rhizopus Arrhizus* Biomass", Applied and Environmental Microbiology, 47 (4), 821-824.

Tchobanoglous, G., and Burton, F.L., 1991. "Wastewater Engineering; Treatment, Disposal and Reuse", Third Edition, McGraw-Hill, Inc. Singapore: 756-759.

Tütel, B. ve Çırpıcı, A.; (1993), " Sporlu Bitkiler Sistematiği Laboratuvar Kılavuzu", İ.Ü. Fen Fakültesi yayınları, 3748.

Wainwright, S.J., and Beckett, P.J., 1975. "Kinetic Studies on the Binding of Zinc Ions by the Lichen *Usnea Florida* (L.) Web.", New Phytol., 75, 91-98.

Wolverton, B.C., 1975 a. " Water Hyacinths for Removal of Cadmium and Nickel from Polluted Waters", NASA Technical Memorandum TM-X, 72721.

Wolverton, B.C., McDonald, R.C., 1975 b. " Water Hyacinths and Alligator Weeds for Removal of Lead and Mercury from Polluted Waters", NASA Technical Memorandum TM-X, 72723.

Wolverton, B.C., McDonald, R.C., Rebecca, C., 1978. " Bioaccumulation and Detection of Trace Levels of Cadmium in Aquatic Systems by *Eichhornia Crassipes*", Environ. Health Perspectives, 27, 161-164.

Wirth V, 1980. Flechten flora, Ulmer, Studgart. S.552.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	14.10.1969	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1984-1987	İstanbul Ataköy Lisesi
Lisans	1989-1995	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edb.Fak. Kimya Lisans Bölümü
Yüksek lisans	1995-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi FenBilimleri Enst. Analitik Anabilim Dalı
Çalıştığı kurumlar		
	1997-1998	Akatlar Kozmetik Dış Ticaret Ltd.Şti
	1998-devam ediyor	SSK İlaç ve Tıbbi Malzemeler Sanayisi