



ÇEVRE MİKROBİYOLOJİSİ DERS NOTLARI

Dr. Öğretim Üyesi Süleyman ŞAKAR



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İNŞAAT FAKÜLTESİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



İstanbul - 2020

GİRİŞ

Çevre Mühendisliği Bölümü'nde okutulan Çevre Mikrobiyolojisi dersi için, hazırlanmış bir ders notuna ihtiyaç duyulmaktaydı. Bu ders notları, Çevre Mühendisliği Bölümü öğrencilerine okutulan Çevre Mikrobiyolojisi derslerinde yardımcı olmak için hazırlanmıştır. Ders notlarda eksiklikler çok fazladır. Zaman içinde bu eksiklikleri yeni araştırmacı arkadaşların dolduracağı kanaatindeyim. Değiştirilmesi ve ilave edilmesini uygun buldukları konularda yardımcı olacaklar için teşekkür ederim.

Çevre Mikrobiyolojisi Ders Notlarının Çevre Mühendisliği öğrencilerine ve camiasına hayırlı olmasını temenni ederim.

Dr. Öğretim Üyesi Süleyman ŞAKAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
GİRİŞ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
I. BÖLÜM: GİRİŞ	1
I.1. Mikrobiyolojinin Konusu	1
I.2. Mikrobiyolojinin Tasnifi.....	1
I.3. Mikrobiyolojinin Bölümleri	2
I.4. Mikrobiyolojinin Tarihçesi	3
I.5. Mikroorganizmaların Dağılımları	5
I.6. Mikroorganizmaların Sınıflandırılmaları	7
II. BÖLÜM: HÜCRE	8
II.1. Yapısal Özellikler	8
II.2. Hücrenin Kimyasal Bileşimi.....	11
II.2.1. Kaba Hücre Formülleri	13
II.3. Hücrelerin Organizasyonu	13
II.4. Hücreyi Oluşturan Organik Maddeler	13
II.4.1. Karbonhidratlar	13
II.4.2. Lipidler	14
II.4.3. Protein	15
II.4.4. Nükleik Asitler	17
II.4.4.1. DNA ve RNA Arasındaki Fark.....	19
II.4.4.2. DNA'nın Görevleri	19
II.4.4.3. RNA Çeşitleri ve RNA'nın Görevi.....	20
II.4.4.4. Denatürasyon	20
II.5. Enzimler	21
II.5.1. Enzim yapısı	21
II.5.2. Enzim Çeşitleri	21
II.5.3. İnhibitör	22
II.5.4. Enzimlerin Menşei	23
II.5.5. Aktivasyon Enerjisi	23
III. BÖLÜM: PROKARYOTİK ORGANİZMALAR	24
III.1. Bakteriler	24
III.1.1. Bakterilerin Morfolojileri	24
III.1.1.1. Koklar.....	25

III.1.1.2. Çomaklar.....	27
III.1.1.3. Spiraller	30
III.1.2. Bakterilerin Yapısı	31
III.1.3. Bakterilerde Hareket	32
III.1.4. Bakterilerin Beslenme ve Enerji İstekleri	33
III.1.5. Bakterilerin Oksijen ihtiyaçları	34
III.1.6. Bakterilerin Tabiattaki Görevleri	35
III. 2. Virüsler	35
III. 3. Mavi Yeşil Algler	41
IV. BÖLÜM: ÖKARYOTİK ORGANİZMALAR	43
IV.1. Protozoalar	43
IV.1.1. Genel Özellikleri.....	43
IV.1.2. Sarcomastigophora (Kök Bacak Ve Kamçı Taşıyanlar).....	43
IV.1.2.1. Mastigophora (Kamçılılar).....	44
IV.1.2.2. Sarcodina (Kök bacaklılar)	45
IV.1.2.3. Endoparazitik protozoa üyeleri.....	47
IV.1.2.4. Ciliophora (Silliler)	47
IV.2. Algler (Chromista)	48
IV.2.1. Giriş.....	48
IV.2. 2. Genel Özellikleri.....	49
IV.2.3. Morfolojik Özellikleri.....	50
IV.2.4. Alglerin Çevresel İstekleri	50
IV.2.5. Alglerin Ekolojik Ve Ekonomik Önemleri.....	52
IV.2.6. Alglerin Sınıflandırılmaları	53
IV.2.6.1. Pyrrophyta (=Dinophyta) Ateş Rengi Algler	53
IV.2.6.2. Chrysophyta (=Chromophyta) Altın Sarısı Algler	54
IV.2.6.3. Silicoflagellata.....	55
IV.2.6.4. Sagenista (Balçık Algleri).....	56
IV.2.6.5. Şube: Chlorophyta (Yeşil Algler)	56
IV.2.6.6. Phaeophyta (Kahverengi Algler).....	58
IV.2.6.7. Rhodophyta (Kırmızı Algler)	59
IV.2.6.8. Oomycota (=Mycophyta) (Su Küfleri, Algsi Mantarlar).....	60
IV.2.6.9. Haptophyta (=Prymnesiophyta).....	61
IV.3. Mantarlar	62
IV.3.1. Mantarların Faydalı Faaliyetleri;	62
IV.3.2. Mantarların Zararları	62
IV.3.3. Hücre Yapıları.....	63

V. BÖLÜM: MİKROORGANİZMALARIN ÇOĞALMASI	64
V.1. Eşeyli Çoğalma.....	64
V.1.1. Sporla Üreme	64
V.1.2. Vejetatif Çoğalma	64
V.2. Eşeyli Çoğalma	65
V.3. Bakterilerde Çoğalma.....	65
V.4. Protozoalarda Çoğalma	66
V.5. Alglerde Çoğalma	67
V.6. Mantarlarda Çoğalma.....	67
BÖLÜM VI: MİKROORGANİZMALARIN BÜYÜMELERİ VE ÖLÜMLERİ.....	68
VI.1. Giriş	68
VI.2. Mikroorganizma Büyümesinin Ölçüm Metotları	68
VI.2.1. Ağırlık Ölçüm Metodu.....	68
VI.2.2. Hacim Ölçüm Metodu.....	69
VI.2.3. Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ölçümü	70
VI.2.4. Bulanıklık Ölçümü	70
VI.2.5. Mikroskop Sayımı.....	70
VI.2.6. Koloni Sayımı	70
VI.2.7. Oksijen Kullanımın (Gideriminin) Ölçülmesi.....	71
VI.3. Büyümeyi Etkileyen Faktörler	71
VI.3.1. Sıcaklık	71
VI.3.2. pH.....	73
VI.3.3. Oksijenin Etkisi	75
VI.3.4. Nutrientler	76
VI.3.5. Osmotik Basınç.....	76
VI.3.6. Hidrostatik Basınç	77
VI.3.7. Radyasyon Etkisi	77
VI.4. Çevre Mühendisliği Açısından Büyüme.....	78
BÖLÜM VII: ENERJİ ÜRETEN SÜREÇLER	79
VII.1. Fotosentez.....	79
VII.1.1. Işık.....	81
VII.1.2. Klorofil.....	82
VII.2. Fotosentezin Reaksiyonları.....	83
VII.3. Fotosentezi Etkileyen Faktörler.....	85
VII.4. Kemosentez.....	86
VII.5. Solunum	87
VII.5.1. Kimyasal İş Nedir?.....	88
VII.5.2. Transport İş i	89
VII.5.3. Mekanik İş	89

VII.6. Fermantasyon (Mayalaşma)	90
VII.6.1.Fermantasyonla Solunum Olayının Temel Farkı	91
VII.7. Oksidasyon-Redüksiyon Prosesleri	92
VII.8.Enerji Üreten Süreçler	92
VII.9. Mikroorganizmaların Enerji Kaynakları.....	96
VII.10.Oksidasyon	96
VII.11. ATP Üreten Sistemler.....	97
VII.12. Mikroorganizmaların Metabolik Sınıflandırılması	98
VII.13. Çevrimler	100
BÖLÜM VIII: BÜYÜME KİNETİĞİ	102
VIII.1. Giriş.....	102
VIII.2. Biyolojik Büyüme	102
VIII.3. Mikroorganizma Büyüme Eğrisi	104
VIII. 4. Çevre Mühendisliği Açısından Büyüme	106
VIII.5. Biyolojik Büyüme Kinetiği.....	107
VIII. 6. Koloni Halinde Çoğalma Sistemleri	111
BÖLÜM IX: ARITMA SİSTEMLERİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR.....	113
IX.1. Giriş	113
IX.2. Aktif Çamur Sistemi	113
IX.2.1. Aktif Çamur Mikrobiyolojisi	114
IX.2.2. Flament Tipinin Varlığı Karakterize Eden Özellikler	116
IX.2.3. Aktif Çamur Sistemlerinin Mikroorganizmalar Açısından Değerlendirilmesi.....	116
IX.2.4. Aktif Çamurun Mikrobiyolojik Çökme Mekanizması	119
IX.3. Damlatmalı Filtreler	119
IX.3.1. Damlatmalı Filtrelerin Avantaj ve Dezavantajları.....	121
IX.3.2. Damlatmalı Filtrelerde Arıtmada Rol Oynayan Protozoalar	121
IX.4. Biyodiskler	122
IX.4.1. Biyodisklerde Görülen Mikroorganizma Türleri.....	122
IX.5. Oksidasyon Havuzları (Lagoon)	123
IX.5.1 Oksidasyon Havuzlarında Canlı Grupları.....	123
IX.5.2. Oksidasyon Havuzlarında Canlı Grupları Arasındaki Dengenin Önemi	124
IX.5.3. Oksidasyon Havuzlarındaki Mikroorganizma Toplulukları	125
IX.6. Anaerobik Arıtma Sistemlerinin Mikroorganizma Toplulukları.....	126
IX.6.1. Giriş.....	126
IX.6.2. Hidroliz kademesi	127
IX.6.3. Asit Kademesi.....	127
IX.7. Katı Atıkların Arıtılmasında Biyolojik Sistemler	128
IX.7.1. Araziye Gömme, Düzenli Depolama.....	128
IX.7.2. Kompostlaştırma.....	129

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1. Prokaryotik ve Ökaryotik Organizmalar Arasındaki Temel Farklar	2
Tablo 2. Mikroorganizmaların pH Büyüme Aralıkları.....	74
Tablo 3. Makromolekül Yapısında Enerji Durumu	88
Tablo 4. Fotosentez İle Solunum Arasındaki Farklar	90
Tablo 5. Mikroorganizmaların Metabolik Gruplandırılması.....	99
Tablo 6. Belli Zaman Aralığında <i>Echerichia coli</i> Hücreleri	103
Tablo 7. Anaerobik Proseslerdeki Mikrobiyolojik Süreç.....	127

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. Prokaryetik ve Ökaryetik Hücreler	8
Şekil 2. Hücrenin Şematik Gösterimi.....	9
Şekil 3. Nükleosit, Nükleotid ve Polinükleotidler	18
Şekil 4. Nükleotidlerin Şeker Molekülleri	18
Şekil 5. Pirimidin Bazlar.....	19
Şekil 6. Purin Bazlar.....	19
Şekil 7. Morfolojik Olarak Bakteri Tipleri	24
Şekil 8. Monokok Veya Mikokok Bakteri Örnekleri	25
Şekil 9. Diplokok Bakteri Örnekleri	25
Şekil 10. Trikok Bakteri Örneği	26
Şekil 11. Tetrakok Bakteri Örnekleri	26
Şekil 12. Stereoptokok Bakteri Örnekleri	26
Şekil 13. Stafilokok Bakteri Örneği	27
Şekil 14. Sarcina Bakteri Örneği.....	27
Şekil 15. Yan Kenarları Paralel, Uçları Yuvarlak Çomak Bakteri Örneği	28
Şekil 16. Uçları Düzdür, Köşeli Görülen Çomak Bakteri Örneği.....	28
Şekil 17. Polimorf Görünümlü Çomak Bakteri Örneği	28
Şekil 18. Uçları Mekik Gibi Sivri Görünümlü Çomak Bakteri Örneği.....	29
Şekil 19. Oval Görünümlü Çomak Bakteri Örnekleri	29
Şekil 20. Virgül Görünümlü Çomak Bakteri Örnekleri	29
Şekil 21. Sipiral Bakteri Örnekleri	30
Şekil 22. Morfolojik Olarak Bakteri Çeşitleri.....	30
Şekil 23. T4 Bakteriyofajının Şematik Yapısı.....	36
Şekil 24. Bir Hücreyi Enfekte Etmek Üzere Ona Bağlanmakta Olan Bakteriyofajların Şematik Gösterimi.....	38
Şekil 25. Bazı Virüslere örnekler.....	39
Şekil 26. Mavi Yeşil Alg Hücresi.....	41
Şekil 27. Bazı Protozoa Türleri	44
Şekil 28. Bazı Protozoa Üyelerine Örnekler	46
Şekil 29. Endoparazitik Protozoa Örnekleri.....	47
Şekil 30. <i>Paramecium spp.</i> Şematik Hücre Yapısı.....	47
Şekil 31. Bazı Protozoa Üyelerine Örnekler	48
Şekil 32. Bazı Altın Sarısı Alg Türleri	54
Şekil 33. Bazı Alg Türleri	55
Şekil 34. <i>Zostera spp.</i> Alg Türleri	56
Şekil 35. Bazı Yeşil Alg Türleri.....	57
Şekil 36. Bazı Kavuşur Alg Türleri.....	58
Şekil 37. Bazı Su Şamdanı Alg Türleri	58
Şekil 38. Bazı Kahverengi Alg Türleri.....	59

Şekil 39. Bazı Kahverengi Alg Türleri	60
Şekil 40. Bazı Algsi Mantar Türleri	60
Şekil 41. Bazı Haptophyta Alg Türleri	61
Şekil 42. Fotosentezin Gerçekleştiği Canlılara Örnekler	79
Şekil 43. Fotosentez Mekanizması	80
Şekil 44. Işık Ve fotosentez İlişkisi	81
Şekil 45. Elektromanyetik Spekturum	82
Şekil 46. Renk Maddelerinin Elektromanyetik Spekturumundaki durumu	83
Şekil 47. Fotosentezin Evreleri	85
Şekil 48. Fotosentez Hızına Etkileyen Faktörler	86
Şekil 49. Heteretrof Aerob Canlılarda Enerji Akışı	88
Şekil 50. Enerji Dönüşüm ve Kullanım Şekilleri	90
Şekil 51. Heteretrof Anaerob Canlılarda Enerji Akışı.....	91
Şekil 52. Mikroorganizmaların Enerji Mekanizmaları.....	96
Şekil 53. Mikroorganizmaların Metabolik Gruplandırılması	99
Şekil 54. Bakteri Büyüme Eğrisi	104
Şekil 55. Denge Durumunda Mikroorganizma Faaliyeti	108
Şekil 56. Monod Büyüme eğrisi	110
Şekil 57. Klasik Aktif Çamur Tesisi.....	113
Şekil 58. Aktif Çamur Sisteminde Görülen Bazı Mikroorganizma Türleri	118
Şekil 59. Damlatmalı Filtre Tesisi	119
Şekil 60. Damlatmalı Filtrelerden Atık Suyun Geçişi	120
Şekil 61. Damlatmalı Filtrelerdeki Canlı Toplulukları.....	120
Şekil 64. Biyodiskler ile Arıtma	122
Şekil 63. Oksidasyon Havuzlarındaki Arıtma Sistemi	123
Şekil 64. Aerobik Şartlarda Üst Tabakadaki Mikroorganizma İlişkisi	124

I. BÖLÜM: GİRİŞ

I.1. Mikrobiyolojinin Konusu

Canlılar dünyası, çıplak gözle görülen veya görülmeyen varlığı tespit edilmiş olan veya edilemeyen milyonlarca türden meydana gelir. Dünyamızda, hayvanlar, bitkiler ve insanlar gibi gözle görülen canlıların yanında, gözle görülmeyen çok küçük canlılar da yaşamlarını sürdürmektedirler. Müstakil olarak yaşayan ve çeşitli büyütücü vasıtalar kullanılmadan çıplak gözle görülmeyen tek hücreli canlılara **mikrop** veya **mikroorganizma** denir.

Genel olarak, mikroorganizmaların anatomik yapı ve genel biyolojilerinin, diğer bilimlerle olan ilişkilerini, insan ve diğer canlılar için önem ve alakalarını inceleyen bilim dalına **Mikrobiyoloji** adı verilir. **Mikrobiyoloji**; *mikroorganizmaların şekli, yapısı, çoğalmaları, metabolizma faaliyetleri, tabiattaki dağılışları ve görevleri, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı duydukları hassasiyeti, duyarlılığı, sınıflandırılmalarını, tanı ve teşhislerini ve benzeri özelliklerini inceleyen bir bilim dalıdır*. Bu özellikleri ve son yıllarda artan öneminden dolayı Mikrobiyoloji, günümüzde Biyolojinin yani tabii bilimlerin Botanik ve Zooloji'den sonra gelen önemli ana kolunu oluşturur.

Mikroorganizmaların şekilleri, yapısı, genetik ve çoğalma özellikleri, fizyolojik ve metabolik faaliyetleri, sınıflandırılmaları, doğadaki yayılışları, birbirleri ve diğer organizmalar ile olan ilişkileri, ekosistemdeki işlevleri, ekolojik faktörler ile olan münasebetleri, insanlar, hayvanlar, bitkiler ve diğer organizmalar üzerindeki faydalı ve zararlı etkileri, yaşadıkları ortamda meydana getirdikleri parçalanma vb. değişiklikler, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı oluşturdıkları reaksiyonların tümü mikrobiyolojinin **ilgi alanı** içinde kabul edilir.

I.2. Mikrobiyolojinin Tasnifi

Mikroorganizmaların tasnifi; mikroorganizmaların genetik, kültürel, morfolojik, antijenik, patojenik ve biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi ve aralarındaki yakınlıklarının tespit edilmesi esasına dayanır. Canlılar ekolojik açıdan, üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar olmak üzere üç ana grup içerisinde incelenmektedir. Biyoloji ile uğraşan bilim adamları, canlıların biyolojik açıdan sınıflandırılmasını ilk başlarda bitkiler ve hayvanlar olmak üzere iki grupta toplamışlardır. Daha sonraki araştırmalarda mikroorganizmaların varlığının

tespit edilmesine müteakip bu sınıflandırmada canlıları; bitkiler, hayvanlar ve **Protista** olmak üzere üç grupta incelemeye başlamışlardır.

Protista grubunu oluşturan organizmalar, hücre yapılarındaki gelişmişlik düzeyine göre de, iki kısımda incelenmektedir. Hücre yapıları, ilkel, gelişmemiş olan mikroorganizmalar **Düşük Protista=Prokaryotik (Procaryotyc) organizmalar**, hücre yapıları gelişmiş olan mikroorganizmalar **Yüksek Protista=Ökaryotik (Eucaryotyc) organizmalar** olarak iki grup altında toplanmışlardır. Bu sınıflandırma bilhassa elektron mikroskobun keşfinden sonra daha da bir önem kazanmıştır. Prokaryotik organizmaları Bakteriler, Mavi-Yeşil Alglar ve Virüsler; Ökaryotik organizmaları ise, Protozoa, Mantar ve Alglar oluşturmaktadır. Prokaryotik ve ökaryotik organizmalar arasında birçok fark olmasına rağmen aralarındaki en belirgin farklar Tablo 1. de özetlenmiştir.

Tablo 1. Prokaryotik ve Ökaryotik Organizmalar Arasındaki Temel Farklar

CANLI ÖZELLİKLERİ	HÜCRE TİPİ	
	PROKARYOTİK	ÖKARYOTİK
Nükleus zarı	Yok	Mevcut
Kromozom sayısı	1 tane	3 ya da daha fazla
Mitokondiriyum	Yok	Mevcut
Kamçı (varsa)	1'den fazla	1 tane
Mitoz bölünmede kromozom replikasyonu	Yok	Mevcut

I.3. Mikrobiyolojinin Bölümleri

Mikroorganizmaların fonksiyonlarının neden olduğu olumlu yada olumsuz faktörler ister istemez bütün bilim dallarını ilgilendirmektedir. Bundan dolayı Mikrobiyoloji, birçok bilim dalı ile alakalıdır. Mikrobiyoloji başlı başına bir bilim dalı olmasına rağmen, mikroorganizmaların hastalık yapıcı veya hastalığa neden olma özellikleri, endüstride ve tabi kaynakların dönüşümünde ve çevriminde rol oynamaları mikrobiyoloji içinde de değişik bilim dallarının oluşmasına esas teşkil etmiştir.

Bu bağlamda;

- ✓ İnsanlarda meydana getirdiği hastalıklar ve bunların etkilerinin ortadan kaldırılması amacıyla yönelik olarak **Tıbbi Mikrobiyoloji**,
- ✓ Hayvanlara (bilhassa kültür hayvancılığına) neden olan mikroorganizma kaynaklı hastalıkları tespit etmek ve bunların etkilerini ortadan kaldırmak için gelişen **Veteriner Mikrobiyolojisi**,

- ✓ Zirai ürünlere ve ekonomik değeri olan bitkilerde hastalıklara neden olan mikroorganizmaların teşhis, tanı ve mücadelesi için Ziraat **Mikrobiyolojisi**,
 - ✓ Toprak için, **Toprak Mikrobiyolojisi**,
 - ✓ Ormanlardaki zararlı etkilerini tespit etmek ve ortadan kaldırmak için gelişen Orman **Mikrobiyolojisi**,
 - ✓ Su için, **Su Mikrobiyolojisi**,
 - ✓ Gıdalar için, **Gıda Mikrobiyolojisi**,
 - ✓ Havadaki mikroorganizmalar için, **Hava Mikrobiyolojisi**,
 - ✓ Denizler için, **Deniz Mikrobiyolojisi**,
 - ✓ Göller için, **Göl Mikrobiyolojisi**,
 - ✓ Nehirler için, **Nehir Mikrobiyolojisi**,
- gibi bir çok kısımlara ayırmak mümkündür.

Mikrobiyolojiden faydalanılan en önemli alanlardan bir tanesi de endüstri alanıdır. Bu bağlamda gelişen mikrobiyolojiye, **Endüstriyel Mikrobiyoloji** adı verilmektedir. Bu çok geniş bir kullanım alanını içermektedir.

Örneğin; Peynir, yoğurt, bira, sirke, vb. elde edilmesi gibi.

Çevre Mikrobiyolojisi de, temiz su, atıksu işlemleri, katı atıkların bertaraf edilmesi ve atmosferdeki mikroorganizmaların etkilerini ve alınacak tedbirleri inceleyen mikrobiyolojinin önemli bölümlerinden birisidir.

I.4. Mikrobiyolojinin Tarihçesi

Çok eski devirlerde yaşayan insanların mikroorganizmalar hakkında fazla bilgileri yoktu. Her ne kadar hastalıklar, gıda maddelerinin bozulması, (yani ekşimesi, kokması) ölü organizmaların bozuşmaya uğramaları, çürümesi dikkatlerini çekmişse de bunların nedenleri uzun yıllar meçhul kalmıştır.

Eski devirlerde bu tür etkenlerin havadan yayılan bir nevi zehirli maddelerin neden olduğunu ileri sürmüşlerdir. Aynı zamanda yıldızlarla ilgili olduğu veya ilahların cezalandırmak için gönderdiği bir uygulama olduğuna inanırlardı. Bu devirlerde yaşayan insanlar hastalıklardan veya etkilerinden korunmak için tütsüleme, falcılık vb. alakasız cahilliye devri adetleri geliştirmişlerdir.

Mikroorganizmalar yeryüzünde 2 milyar yıl önce oluşan ilk canlı topluluklarıdır. Tarih boyunca bilim adamları çıplak gözle göremedikleri halde mikroorganizmaların varlıklarından haberdar

olmuşlar, çeşitli şekillerde onların faydalı yönlerinden de istifade etmişlerdir. Geriye doğru gidildiğinde, Mikrobiyoloji konusunda yapılan çalışmalar, insanlarda hastalık yapan mikroorganizmaları yok etmek, hastalıkların nedenini bulmak ve korunma çareleri geliştirmek üzerinedir.

Bu konularda yazılı ilk çalışmalar, M.Ö. 460–370 yılları arasında yaşayan **Hippocrates** tarafından yapılmıştır. Yazdığı 7 ciltlik kitaplarında sıtma, lekeli humma, çiçek, veba, sara, akciğer veremi gibi bazı hastalıklar hakkında bilgi vermiştir. M.S. 980–1036 yılları arasında yaşayan **İbni Sina**, hastalık etkenlerinin doğada bulunan mikroorganizmalar olduğunu ancak onların görülemediğini eserlerinde belirtmiştir.

Canlıların meydana gelişle ilgili doğa gelişimcilerinin ortaya attığı fikirler, mikrobiyolojinin gelişme sürecine önemli bir ışık tutmuştur. Canlıların ölü maddelerden kendi kendine mi, yoksa diğer canlılardan mı meydana geldiklerine ait fikirler uzun yıllar tartışılmıştır. Her iki fikri de savunan bilim adamları, kendi tezlerinin doğruluğunu ispatlamak için çeşitli deney ve gözlemler yapmışlardır. Bu çalışmalardan en önemlisi ise, mikroskobun bulunmasıdır.

Mikroskopla ilgili ilk çalışmalar 1214–1294 yılları arasında **Roger Bacon** tarafından yapılan basit mercek sistemleri ve optik prensipler üzerine dayanan çalışmadır. Çok daha sonraları, 1590 yılında **Hans Jansen**’in iki mercekli bir sistem oluşturduğu kaydedilmiştir. Mikroskop kelimesi ise ilk defa 1625 yılında **Giovanni Faber** tarafından kullanılmıştır. Mikroskobun pratik olarak kullanılması, 17. yüzyıldan sonraları 1673–1723 yılları arasında yaşayan Robert **Hooke** ile 1632–1723 yılları arasında yaşayan Antony **van Leewenhecke** ve 1628–1694 yılları arasında yaşayan **Marcella Malpigi** gibi araştırmacılara atfedilmektedir.

Bu araştırmacılardan Hollandalı **Antony van Leewenhecke** 419 mercekten 217 adet basit mikroskop yapmış ve bu mikroskoplarla birçok objeleri incelemiş, gördüğü organizmaların resimlerini çizerek bu küçük yaratıklara **Animalous** adını vermiştir. Ayrıca **Antony van Leewenhecke**’e su, tükürük, biber, yaprak, üre, gübre, diş eti, deri vb. birçok maddelerin mikroskobik incelemesi, mikroorganizmaları tespit etmesi gibi birçok çalışmalarından dolayı, bu konuda söz sahibi bilim adamları tarafından Mikrobiyolojinin **Babası** unvanı verilmiştir.

Bu yıllardan sonra birçok araştırmacı mikrobiyoloji konusunda çalışmalar yapmıştır. Bu araştırmacıların en önemlileri **Pasteur, Gram** ve **Tyndall**’dır. Bu Araştırmacılardan **Gram** Mikrobiyoloji konusunda boyama teknikleri ve metotlarını ilk defa geliştirmiş olup,

mikroorganizmaları bilhassa bakterilerin boya özelliklerini ortaya çıkaran çalışmaları ise, günümüzde de hala kullanılmaktadır.

Pasteur, Fransa’da şarap ve binaların çok çabuk bozulması üzerine ilk çalışmalarını yapmış ve bu çalışmaların bir sonucu olarak günümüzde de hala kullanılan **Pasterizasyon Tekniklerini** ortaya çıkarmıştır. **Pasteur** ayrıca mikroorganizmaların bazı türleri için oksijene gerek olmadığını, oksijensiz koşullarda da yaşayabilen mikroorganizmalar olduğunu ifade etmiştir. **Pasteur**’ün yaptığı bu çalışmalar dünyada büyük yankılar uyandırmış, o günkü dünya milletlerinden toplanan paralarla 1887 yılında adını ebedileştiren meşhur **Pasteur Enstitüsü** kurulmuştur.

Ülkemizdeki mikrobiyoloji çalışmalarının gelişimi Pasteur devrine rastlamaktadır. Ancak tüm Dünyada olduğu gibi bizde de Modern Mikrobiyoloji, **II. Mahmut** devrinde sarayın hekim başısı olan 1774–1834 yılları arasında yaşayan **Mustafa Behçet Efendi** tarafından geliştirilmiştir. Yazdığı **Kolera Risalesi** adlı eserinde Mikrobiyolojinin daha eski devirlerden beri bilinip çalışıldığının ipuçlarını vermektedir. Daha sonraları **II. Abdülhamid** döneminde Pasteur Enstitüsü’nün kuruluşuna katılan ve burada çalışmalar yapan Doktor **Zağros Paşa, Doktor Hüseyin Remzi Bey** ve **Baytar Hüseyin Hüsnü Beyler** Türkiye’deki Modern Mikrobiyolojinin öncüleridirler. **Sultan II. Abdülhamid**’in Mecidiye nişanını Pasteur’e veren ve **Sultan II. Abdülhamid’in Pasteur Enstitüsü’nün kuruluşu için gönderdiği 1000 altını** ilgililere teslim eden bu ilim adamları, Türkiye’deki ilk mikrobiyoloji eserini de 1888 yılında **Mikrop** adıyla yayınlamışlardır. 1889 yılından itibaren Askeri Tıp Fakültesinde, Veterinerlik fakültesinde Mikrobiyoloji ve Bakteriyoloji dersleri müfredata koymuşlardır.

Hüseyin Remzi ve Zağros Paşaların önderlik ettiği Mikrobiyoloji çalışmaları Cumhuriyet sonrası da devam etmiş ve günümüze kadar süregelmiştir. Cumhuriyet döneminin ilk yıllarında Doktor Refik Saydam, daha sonraki yıllarda Prof. Dr. Ekrem Kadri Unat, Prof. Dr. Enver Tali Çetin ve birçok bilim adamı çalışmalarını devam ettirmektedir.

I.5. Mikroorganizmaların Dağılımları

Mikroorganizmaların doğada bulunmadıkları yer yoktur. Atmosferin en üst kısımlarından, okyanusların en dip kısımlarına kadar toprakta, nehirde, gölde, küçük veya büyük su birikintilerinde yer alırlar. Aynı zamanda diğer canlıların bünyelerinde (Örneğin, insanlarda, hayvanlarda ve bitkilerde) faydalı veya zararlı bir şekilde faaliyetlerini sürdürürler. Mikroorganizmaların birçok türü de endüstride kullanılırlar. Bu kullanım

sonucu değişik ürünler elde edilir. Mikroorganizmaların tabiattaki yayılış ve fonksiyonları şu alt başlıklar altında toplanabilir.

a) Toprak: Çok geniş bir tür kompozisyonu ile çok sayıda mikroorganizmanın faaliyet gösterdiği tabiattaki en tabi ortam topraktır. Topraktaki mikroorganizma topluluğuna sayı, tür ve dağılım açısından, toprağın nemi, artık madde miktarı, derinliği, pH'sı, ısı, toprağa tatbik edilen işleme sistemleri ile değişiklik göstermektedir. Toprakta bulunan mikroorganizmalar iki tür faaliyet gösterirler.

1. Ölü organizma veya artık maddeleri parçalayarak tekrar kullanılabilir hale getirirler. Bu olaya **mineralizasyon** denir.
2. Bazı mikroorganizma türleri atmosferdeki serbest azotu tutarak (fikse ederek) nitrit ve nitrat azotuna dönüştürürler. Bu olaya **nitrifikasyon** adı verilir.

Her iki olayda da toprağın fiziksel yapısının mikroorganizmalar tarafından değiştirildiğini gösteren en önemli etkidir.

b) Hava: Toprakta olduğu gibi havada da birçok mikroorganizma bulunmaktadır. Ancak hava ortamındaki şartlar, mikroorganizmaların üreme ve çoğalmalarına elverişli olmadığı gibi, tür ve sayı dağılımları da havadaki nem miktarı, toz parçacıkları ve toksik (zehirli) madde miktarına göre de değişir. Yapılan çalışmalarda karadan uzak okyanusların üst kısımları ile dağların yüksek kısımlarında mikroorganizma tür ve sayılarının az da olsa varlığı tespit edilmiştir. Yerleşim yerleri üzerinde coğrafi yapı ve şehirleşme özelliklerine bağlı olarak tür ve sayı miktarında çok değişiklikler gözlenmektedir. Havada bulunan mikroorganizmaların büyük çoğunluğu spor şeklindeki mikroorganizmalardır.

c) Su: Suda bulunan mikroorganizmalar cins ve sayı bakımından suyun menşesine göre değişiklik gösterir. **Örneğin;** suyun derin veya derin olmayan bir kuyudan, memba, nehir, göl, vb. artezyenden temin edilmesi gibi. En çok mikroorganizma tür ve sayısı kanalizasyon suları ile bu sular tarafından kirletilmiş su kaynaklarında görülür. Mikroorganizmalar suyun özelliklerine bağlı kalmaksızın (tatlı, tuzlu, acı sular gibi) her türlü su kaynağında yaşayabilme özelliklerine sahip türler ihtiva ederler.

d) Gıda Maddeleri: Normal şartlarda gıda maddelerinin büyük çoğunluğunda mikroorganizmalardan ari olması gerekir. Gıda maddeleri içinde yer alan mikroorganizmalar, bozulma, ekşime, kokma, vb. özelliklerin yanında toksik (zehirleyici) etki de oluşturabilirler.

Yüksek Yapılı Organizmalar: Mikroorganizmalar yüksek yapılı organizmaların (Örneğin, insan, hayvan ve bitkilerin) doku ve organlarında yer alabilirler. Bu mikroorganizma türlerinin büyük çoğunluğu canlı faaliyetine yardımcı olurlar. Ancak bazı mikroorganizmalar zararlı etkilere de sahip olabilirler. Zararlı etkilere sahip olan

mikroorganizmalara **patojen mikroorganizmalar**, zararlı etkisi olmayan ve faydalı olan mikroorganizmalara da **saprofit (çürükçül) mikroorganizmalar** adı verilir.

Bütün mikroorganizmalar tabiatta ölü ve artık maddelerin ortadan kalmasına, azot, fosfor, kükürt, oksijen, karbon gibi elementlerin devir daim etmesinde çok önemli fonksiyona sahiptirler. Mikroorganizmaların bu fonksiyonları göz önünde tutulursa, *"Mikroorganizmalar olmasaydı, hayat da olmazdı"* sonucuna varabiliriz.

I.6. Mikroorganizmaların Sınıflandırılmaları

Mikroorganizmalar, yaşam şekillerinin farklılığı, morfolojileri, biyokimyasal ve anatomik yapıları, metabolizma faaliyetleri, genetik vb. özellikleri dikkate alınarak sınıflandırılır. Mikroorganizmaların sınıflandırılmasında kullanılan birimler, diğer canlılar için kullanılan taksonomik yapının aynısıdır. Mikroorganizmaların sınıflandırılmasında tüm dünyaca kabul edilen bir sistem içinde yapılır. Bu sisteme göre her bir mikroorganizma iki adla anılırlar. Bu sınıflandırmada kullanılan taksonomik yapı;

- ✓ **Kingdom** : **Alem**
- ✓ **Phylum** : **Bölüm (Şube)**
- ✓ **Class** : **Sınıf**
- ✓ **Order** : **Takım**
- ✓ **Familya** : **Aile**
- ✓ **Genus** : **Cins**
- ✓ **Species** : **Tür**

şeklinde dir.

Bu sınıflandırmada dikkat edilecek önemli hususlar şunlardır.

1. Yazılacak organizmanın tür ismi bilinmiyorsa (*sp.* veya *spp.*) şeklinde veya rakam, harf gibi özel takılar verilerek yazılır.
2. Cins isimleri yazılırken mutlaka ilk harf büyük harf ile yazılır.
3. Tür ismi yazılırken de ilk harf mutlaka küçük harf ile yazılır.
4. Cins ve tür isimleri yazılırken, İtalik harf ile, Kalın punto ile veya altı çizilerek yazılır.

Mikroorganizmaların yazım şekillerine örnekler.

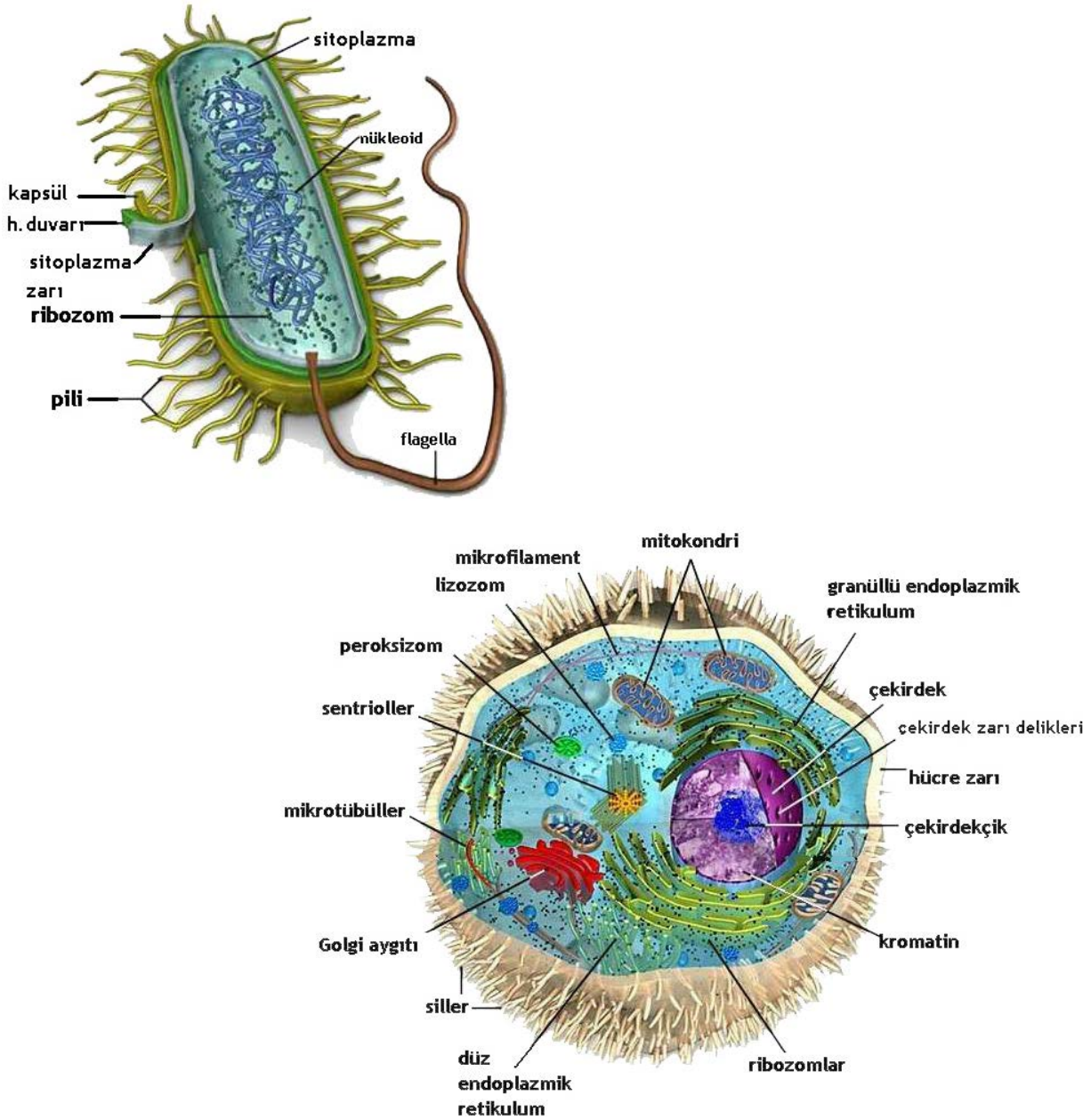
- *Euglena sp.* veya *Euglena 25*, veya *Euglena gracilis* veya *Euglena a1*,
- **Euglena sp.** veya **Euglena 25**, veya **Euglena gracilis** veya **Euglena a1**,
- Euglena sp. veya Euglena 25, veya Euglena gracilis veya Euglena a1,

II. BÖLÜM: HÜCRE

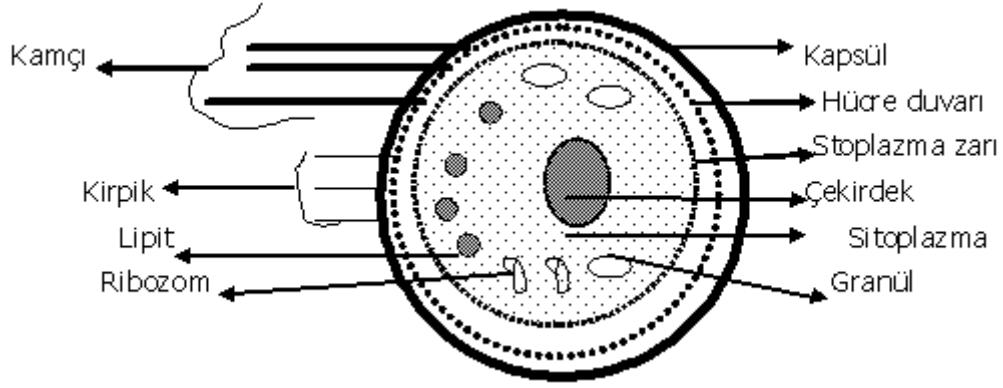
Canlıların en temel birimi olarak kabul edilen hücre Çevre mühendisliği açısından ise, yapısal özellikleri, kimyasal özellikleri, organizasyonları ve organik madde özellikleri olmak üzere 4 açıdan incelenir.

II.1. Yapısal Özellikler

prokaryotik ve ökaryotik hücre özellikleri Şekil 1.de, Hücrenin yapısal özelliklerinin şematik gösterimi Şekil 2.de verilmiştir.



Şekil 1. Prokaryetik ve Ökaryetik Hücreler



Şekil 2. Hücrenin Şematik Gösterimi

a. Kapsül: Hücre duvarının parçalanması sonucu oluşmuş, hücrenin en dış tabakasıdır. Başlangıçta yapışkan tabaka halinde olup, daha sonraları katılaşmış ve belirli kalınlığa gelmiş sertleşmiş polisakkaritlerden meydana gelmiş hücrenin en dış tabakasına denir. 0.2-10 mikron kalınlığında olup, kalınlıklara hücre tipine göre farklılık gösterir.

Yapısal özelliklerine göre de isimlendirilirler. İnce yapı gösterenlere **mikro kapsül**, kalın yapı gösterenlere de **makro kapsül** adı verilir.

makro kapsül

mikro kapsül

Morfolojik olarak, mikroskopta muhtelif boyama metotlarıyla boyanarak görülürler. Büyümede rol oynamazlar. En önemli görevi hücreyi dış tesirlerden korumaktır.

b. Kamçı (Flagel, Flagellum) ve Kirpik (Fimbria) ve Pili (Pilus): Bazı hücrelerde muhtelif şekil ve sayılarda yer almış hücre duvarının dışarıya doğru uzamış şekilleridir. 10–20 nm çapında, 15–20 mikron uzunluğunda olabilirler. **Örneğin;** *Escherichia coli* de kamçıların boyları 0,3–1,0 mikron çapları ise 0,01 mikron dur.

Hücre dışında yer alan çıkıntı şeklindeki bu yapılardan uzun olanlarına **kamçı** adı verilir. Genel olarak hücrenin hareket etmesinde önemli bir rol oynar. **Örneğin;** *E. coli* kamçıları vasıtasıyla saniyede 50 mikron hız yapabilir. Bu durum bakterilerin çok hızlı hareket edebilme özelliklerine sahip olduklarını göstermektedir.

Bakteri hücresinde fimbriadan daha uzun, belli bakteriyofajlar için reseptör görevi yapan ve gen transferinde rol oynayan "**Pili**" adı verilen birkaç adet farklı kamçı da bulunmaktadır. Bunlarda ayrıca hücresel yüzeylere tutunmada da rol oynarlar.

Hücre dışında yer alan çıkıntı şeklindeki bu yapılardan kısa olanlarına ise, **kirpik** adı verilir ki, hücrenin belli ortamda tutunmasını sağlayan organelleridir.

c. Hücre Duvarı (Çeper): 150–800 Å kalınlığında kapsül ile sitoplâzma arasında yer alan, yarı geçirgen özellikte olan bir yapıdır. Yarı geçirgen özellikte olduğundan büyük moleküllerin hücre içine girişlerini engel olurlar. Hücre duvarının en önemli görevleri;

1. Hücreye şekillerini vermek,
2. Hücreye giren ve çıkan maddelerin kontrolünü yapmaktır.

Hücre duvarının yapısı, kompleks organik maddelerden oluşmuş olup, yani protein, polisakkarit özellik gösterir.

d. Sitoplâzma Zarı: Hücre duvarının altında, esnek yarı geçirgen özellikte 5–10 nm kalınlığında ince bir zar tabakasıdır. Hücreye giren çıkan maddelerin geçişini kontrol eder ve hipoprotein kompleks yapıda özellik gösterir. Hücrenin elektriksel yükünün bulunduğu kısımdır. Hücreye giren maddeleri fiziksel elemeye tabi tutar ve hücreye giren maddeleri de hücrede ilgili yerlere gönderir. Sitoplazmayı koruyan ve dışarıya akışını önleyen zardır. Sitoplâzma zarı üzerinde pek çok enzim bulunur. Bazı hücrelerde solunum olayının gerçekleştirildiği kısımdır.

e. Sitoplâzma: Heterojen maddeler (organik ve inorganik) ihtiva eden, viskoz (yapışkan) ve kolloidal (sürekli faz içinde küçük parçacıklar olması hali) bir süspansiyondur. Sitoplâzma içinde çekirdek ve diğer organel ve yapıları barındırır.

Hücrede vuku bulan reaksiyonlar sitoplâzma içinde kolloidal yüzeylerde gerçekleşir. Metabolizma faaliyetleri sonunda hâsıl olan artık ürünler kolloidal yüzeylerden sulu fazın içine, sonra da hücrenin dışına atılır.

Sulu faz; içinde çözünmüş kimyasal maddelerin hareket ettiği hareketli fazdır.

f. Granül: Sitoplâzma içinde fazla besin ve enerjilerin saklandığı yuvarlak yedek besin depolarına denir. Harcandıkça kaybolurlar. Granüller yapılarındaki maddelere göre farklı isimler alırlar.

1. Volutin Granülü: Çekirdek sentezinde kullanılan metakromatik taneciklerden meydana gelmiş, polifosfat yapısındaki granüllere verilen addır. Hücrenin enerji ve fosfat kaynağıdır.

2. Lipit Granülleri: Sitoplâzmada yuvarlak ve muhtelif büyüklükte olabilen yağ depolarıdır. Hücrenin enerji ve karbon deposudur.

3. Polisakkarit Granülü: Sitoplâzmada glikojen ve nişasta ihtiva eden granüllerdir. Hücrenin enerji ve karbon deposudur.

g. Vakuol: Hücreye giren maddelerin ve hücre dışına atılacak artık maddelerin toplandığı sitoplâzmadaki yapılara vakuol denir. Hücreye giren maddelerin toplandığı

vakuole, **Besin vakuolü** denir. Dışarı atılacak maddelerin toplandığı ve dışarıya pompalandığı yapıya da **Kontraktil vakuol** adı verilir.

Vakuoller emme-basma tulumba gibi iş görürler. Bazı hücrelerde (bilhassa alg hücrelerinde) hava vakuolleri vardır. Bunlar sitoplâzma içinde bir nevi hava kesecikleridir. Su içinde belli bir seviyede kalmak için kullanılırlar.

h. Ribozom: Sitoplâzma da proteinlerin sentezinin yapıldığı organeller olup, sayıları 3–4 arasındadır. Bazı hücrelerde 70 adet kadar olabilirler.

i. Kromatofor: Fotosentez yapan canlılarda enerji üretim mekanizmalarında kullanılan organellerdir. Bunlar renk maddeleridir. En önemlileri Klorfil-a, b dir.

j. Mesozom: Bölünme esnasında kromozomlarla ilişkili olan, bölünmede rol oynayan sitoplâzma içinde görülen kese şeklindeki yapılara denir.

k. Nükleus (Çekirdek): Hücredeki bütün kimyasal reaksiyonlardan sorumlu nükleoproteinden meydana gelmiş hücrenin kalbine denir. Ökaryotik organizmalarda bir zar ile (nükleus zarı) çevrilidir. Prokaryotik organizmalarda bu zar yoktur. Çekirdek, çekirdekcik ve nükleus sıvısından oluşmuştur. Hücrede katalizator görevi gören enzimlerin çıkış noktasıdır.

Çekirdeğin yapısını **DNA (Deoksiribo nükleik asit)** ile **RNA (Ribonükleik asit)** oluşturur. Çekirdeğin en önemli görevi; hücrenin bütün hayati fonksiyonlarını tanzim etmektir. Yani büyüme, çoğalma ve hücresel özelliklerin yeni fertlere geçişini sağlamaktır.

II.2. Hücrenin Kimyasal Bileşimi

Bazı hücrelerde su miktarı % 98'lere kadar çıkmakta ise de, bazı hücrelerde % 60'a kadar düşmektedir. Bu bağlamda **bütün canlı hücreler en genel anlamda;**

- % 80 Su,
- % 20 Kuru madde

den müteşekkildir. **Hücredeki kuru maddelerin** de,

- % 90 Organik maddeler,
- % 10 İnorganik maddeler

oluşturur.

Dolayısıyla **canlı hücrelerin;**

- % 80 Su,
- % 18 Organik maddeler
- % 2 İnorganik maddeler

meydana getirir.

Hücreyi oluşturan organik maddeler ise;

- % 53 Karbon,
- % 29 Oksijen,
- % 12 Azot,
- % 6 Hidrojen'dir.

Hücreyi oluşturan inorganik maddeler ise;

- % 50 P_2O_5 ,
- % 6 K_2O ,
- % 11 Na_2O ,
- % 8 MgO ,
- % 15 SO_3 ,
- % 1 Fe_2O_3 , dür.

Mikroorganizmaların yaşabilmeleri için gerekli olan çözülmüş tuzlara ve minerallere **Biyojenik Tuzlar** adı verilir. Bilhassa fosfor ve azotlu bileşikler **Besi Maddesi "nütrient"**, karbonlu bileşikler ise, **Substrat** olarak isimlendirilmektedir. Hücrenin bileşiminde yer alan Biyojenik tuzlar 3 grup altında incelenmektedir. Bunlar;

a. Hücre bileşiminde ihtiyaç duyulan esas elementler: Hücrenin kuru bileşimi açısından ele alındığında, hücre bileşiminde ihtiyaç duyulan esas elementler,

- % 48–50 Karbon,
- % 27 Oksijen,
- % 11 Azot,
- % 5–6 Hidrojen
- % 2,5 Fosfor,
- % 0.7 Kükürt 'dür.

b. Hücre bileşiminde ihtiyaç duyulan makro nütrientler

- % 0.7 Sodyum,
- % 0.5 Potasyum,
- % 0.7 Kalsiyum
- % 0.5 Magnezyum,
- % 0.1 Demir 'dir.

c. Eser (İz) Elementler: Hücrede kofaktör olarak, miktarları çok az da olsa mutlaka bulunması gerekli metallere denir. Bunları, Co, Cu, Mo, Zn, Mn, vb metaller oluştururlar.

II.2.1. Kaba Hücre Formülleri

Yukarıdaki bilgilerin ışığı altında kabaca hücre ampirik formülleri kabul edilmiştir. Bu formüller;

- **Bakteri** : $C_5H_7NO_2$
- **Alg** : $C_5H_8NO_2$
- **Protozoa** : $C_7H_{14}NO_3$
- **Mantar** : $C_{10}H_{17}NO_6$

Fosforu da hesaba katarsak;

- **Bakteri** : $C_{150}H_{210}N_{30}O_{60}P$ şeklindedir.

II.3. Hücrelerin Organizasyonu

Hücreler çok değişik şekillerde organize olabilme yeteneğine sahiptirler. Çevre Mühendisliği açısından 4 tip hücre organizasyonu vardır.

- 1. Tek Hücreli Organizasyon:** Yaşam şekilleri tek bir hücreden ibaret olan organizmaların hayat şeklidir.
- 2. Çok Hücreli Organizasyon:** Birden fazla hücrenin bir yapı içinde yaşamasıdır. Mikroorganizmalarda bu hücreler ya birbirlerinin benzerleri veya çok az farklılaşmış tipleridir.
- 3. Koenositik (Koenocytic) Hücre Organizasyonu:** Bir hücre zarı ile çevrilmiş sitoplazma içinde birden fazla çekirdek bulunması şeklindeki hücresel organizasyona verilen addır. Daha çok mantarlarda görülür.
- 4. Spor:** Hücrelerin olumsuz çevre şartlarına karşı savunma mekanizması olarak olumsuz şartlar geçinceye kadar kendilerini korumaları için oluşturdukları organizasyona denir. Spor oluşumunda hücrede sadece çekirdek ile çok az miktarda sitoplazma kalır.

II.4. Hücreyi Oluşturan Organik Maddeler

Hücreyi oluşturan organik maddeler, makro moleküller halindedir. Genelde karbonhidratlar, lipitler proteinler, nükleik asitler ve enzimler hücrede yer alan en önemli organik maddelerdir.

II.4.1. Karbonhidratlar

C, H, O den oluşan, hücrenin önemli bir enerji kaynağıdır.

Bileşimdeki **O, H** oranı suda olduğu gibi $\frac{1}{2}$ dir. Bundan dolayı bu organik maddelere “**sulu karbon**” anlamında karbonhidrat adı verilmiştir. Karbonhidratlar;

- Monosakkaritler
- Disakkaritler
- Polisakkaritler

olmak üzere üç grup altında incelenirler.

Mono ve disakkaritlere genel olarak şeker de denir. Suda erirler. Monosakkaritlere **basit şekerler**, disakkaritlere de **bileşik şekerler** olarak da adlandırılmaktadır.

a) Monosakkaritler $C_n (H_2O)_n$: Monosakkaritler karbon atomunun sayısına göre sınıflandırılırlar. Hücre için en önemlileri **Pentoz** ve **Heksoz** dur.

- **Pentoz şekeri**, 5 karbon atomu içerirler. Örneğin, *Riboz*, *Deoksiriboz*
- **Hekzos şekeri**, 6 karbon atomu içerirler. Örneğin, *Glikoz*,

b) Disakkaritler ($C_{12} H_{22}O_{11}$) : İki mol monosakkaritin bir mol su kaybetmesi ile oluşan yapılara denir. En önemlileri, *Sukroz*, *Maltoz*, *laktoz*, şekerleridir.

c) Polisakkaritler ($C_6 H_{10}O_5$)_n :Çok sayıda monosakkaritin birleşmesi ve buna uygun miktarda su kaybetmesi ile oluşan yapılara denir. Hücre için önemli polisakkaritler; Glikojen, Nişasta ve selüloz dur.

Monosakkaritler hücrede hemen kullanılacak başlıca enerji kaynağıdır. Polisakkaritler ise, karbonhidratların depo formudur. Dolayısıyla, daha sonra kullanılacak enerjilerin hücrede depolanmasıdır.

Karbonhidratların organizmadaki en önemli görevi; birçok kimyasal reaksiyonların yapılabilmesi için hücreye gereken enerjinin sağlanmasıdır.

II.4.2. Lipidler

Organik maddenin katı ve sıvı yağları ile yağlı maddelere verilen genel bir isimdir. Dolayısıyla hücrede yağ ve yağlara benzeyen organik bileşikler lipid adı altında toplanmışlardır. Lipidler C, H, O den yapılmış bileşikler olup, oksijen miktarı azdır. Yağlar, yağ asitlerinin kompleks alkollerle oluşturdukları esterlerdir. Suda erimezler. Benzen, kloroform, petrol eter gibi organik eriticilerde erirler.

Yağlar da gruplara ayrılarak incelenirler.

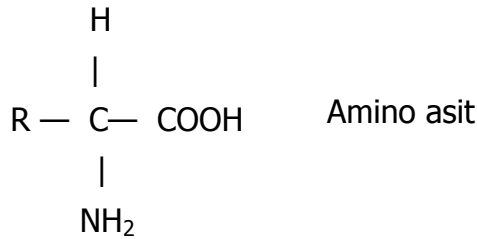
- ✓ **Basit Yağlar** : Nötr yağlar, Mumlar
- ✓ **Stereoidler** : Kolesterol, Kolestrin
- ✓ **Bileşik Yağlar** : Fosfolipit → Yağ + fosfat
: Glikolipit → Yağ + Karbonhidrat
: Lipoprotein → Yağ + Protein
- ✓ **Karotenoidler** : Yağ + Boya maddeleri

Karbonhidratlara göre yağlar, organizmaya iki kat daha fazla enerji sağlarlar.

II.4.3. Protein

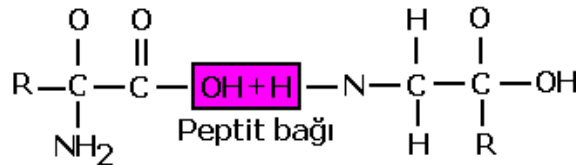
Canlı organizmanın temel organik maddesidir. Canlı maddenin en önemli kısmıdır. Proteinlerin yapısında C, H, O, N ve S bulunur. Ayrıca yapılarında az miktarlarda da olsa Fe, Cu, ve P mevcuttur. Bileşiminde azot bulunan bir çok amino asit moleküllerinin bir araya gelerek peptit bağları ile bağlanmış yapılarına Protein denir.

Hem asidik karboksil (-COOH) hem de bazik (-NH₂) grupları içeren organik madde birimine **amino asit** denir.



Amino asitleri, birbirine bağlayan bağa **Peptit bağı** adı verilir.

- ✓ İki amino asitin birleşmesi ile oluşan peptit bağına, **dipeptit**,
- ✓ Üç amino asitin birleşmesi ile oluşan peptit bağına, **tripeptit**,
- ✓ Çok sayıda amino asitin birleşmesi ile oluşan peptit bağına, **polipeptit**, adı verilir.



Proteinlerin en temel özellikleri bileşiminde N bulunması ve peptit bağlarıdır. Proteinlerin yaklaşık % 16'sını azot oluşturur. Proteinler genel olarak,

- ✓ Basit Proteinler
- ✓ Bileşik Proteinler

Olarak iki grupta incelenirler.

Sadece amino asitlerden meydana gelen proteinlere **Basit proteinler** adı verilir. En basit protein yumurta akı olan **Albumin** dir.

Basit proteinlerin çeşitli kimyasal maddelerle birleşmesi ile oluşan yapılara da **Bileşik proteinler** denir. Bileşik proteinleri oluşturan yapı;

- ✓ Protein **şeker** esaslı ise, oluşan yapı **Gluloprotein**,
- ✓ Protein **fosfat** esaslı ise, oluşan yapı **Fosfoprotein**,
- ✓ Protein **lipit** esaslı ise, oluşan yapı **lipoprotein**,
- ✓ Protein **pigment** esaslı ise, oluşan yapı **Kromoprotein**,
- ✓ Protein **nükleoplazma** esaslı ise, oluşan yapı **Nükleoprotein**,

adı verilir. Örneğin,

- ✓ Sütteki protein, **fosfoprotein** olup, özel adı **Kazein** dir.
- ✓ Kana kırmızı rengi veren demir bileşikli protein, **hemoglobin** dir.

Proteinleri oluşturan amino asitlerin genel özellikleri şunlardır.

a) 20 kadar farklı amino grubu vardır. Amino gruplarındaki bu farklılık, amino asitlerin **R** grubu ile ifade edilir.

- ✓ **Tek karboksilli amino asitler:** Glisin, Alanin, Vanin, Lösin, İsolösin
- ✓ **Tek karboksil + OH grubu içeren amino asitler:** İsolösin
- ✓ **Kapalı halkalı amino asitler:** Alanin
- ✓ **Tek karboksil + çift amin grubu içeren amino asitler:** Argin, Aspargin, Lisin, Glutamin
- ✓ **Kükürtlü amino asitler :**Sistein
- ✓ **Çift karboksil + tek aminli içeren amino asitler:** Aspartik asit, Prolin, Glutamik asit, Heterosilik asit

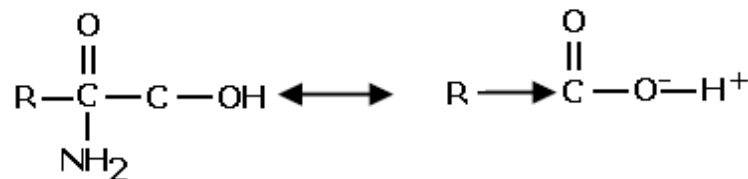
b) Bütün amino asitler suda ve polar çözücülerde çözünürler.

c) Alkollerle birleşip daha ucucu olan esterleri oluştururlar.

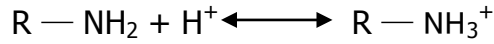
d) Normal asitler gibi suda iyonlaşabilirler.

Amino asitlerin iki fonksiyonel grubu vardır. Amino asitlerin iyonlaşması bu iki fonksiyonel grubu üzerinden olur. Bu iyonlaşma daima pH'a bağlıdır.

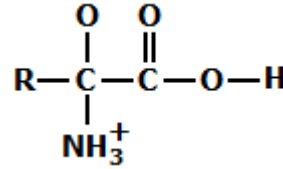
- ✓ *Hidroksil grubu üzerinden olduğu zaman, **Asidik özellik**, gösterirler.*



✓ *Amin grubu üzerinden olduğu zaman, **Bazik özellik**, gösterirler.*



*Amino asitlerde, aynı molekül üzerinde belli bir pH aralığında hem bazik hem de asidik iyonu görülebilir. Bu tür özellik gösteren amino asitlere **dipolar iyon** denir. Bu özellik Çevre Mühendisliği açısından önemlidir.*



II.4.4. Nükleik Asitler

İlk defa 1870 yılında **Friedrich Miescher** tarafından hücrenin nükleusunda tespit edildiğinden dolayı **nükleik asit** adı verilmiştir. Daha sonra yapılan araştırmalarda Virüs'lerden İnsan'a kadar canlılardaki hücrelerin hepsinde nükleik asitlerin mevcudiyeti gösterilmiştir. **Baz, şeker ve fosfat moleküllerinin** belli bir düzene göre oluşturdukları yapıya **nükleik asit** adı verilir. Nükleik asitler;

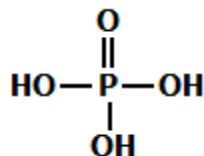
- ✓ RNA (Ribo nükleik asit)
- ✓ DNA (Deoksiribo nükleik asit)

olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Biyopolimerlerin en büyüğü olan nükleik asitler, **nükleotid** denen birimlerden oluşmuştur. Nükleotid ise, üç molekülün (baz + Şeker + fosfat) doğrudan doğruya birbirine bağlanması sonucu meydana gelmiştir. Nükleotidlerin bir araya gelerek oluşturdukları yapıya **polinükleotid** denir. Baz ve şekerlerin oluşturdukları yapıya da **nükleosit** denir. Şekil 3. de nükleosit, nükleotid ve polinükleotidler gösterilmiştir.

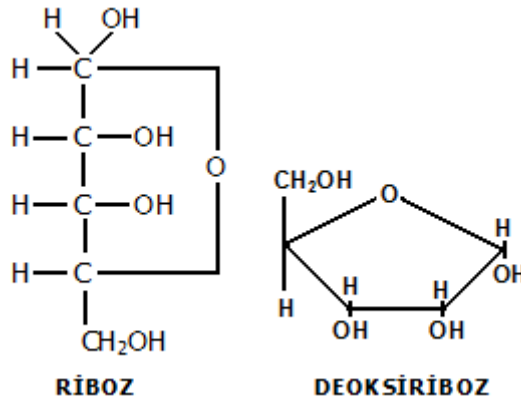
a) 1. Tip Molekül (Şeker): 5 Karbonlu bir monosakkarit olan **Riboz** veya **Deoksiriboz** (Pentoz) şekeridir. Riboz ile deoksiriboz arasındaki fark, Ribozdaki aynı Karbon atomuna bağlı (OH) yerine sadece (H) bağlanmasıdır. Bundan dolayı (Oksijen çıkarılmış riboz anlamına) deoksiriboz adı verilir. Şekil 4. de gösterilmiştir.

b) 2. Tip Molekül [Fosfat (H₃PO₄)]: Nükleotidin ikinci tip molekülü fosfat bileşiği olan fosforik asittir.





Şekil 3. Nükleosit, Nükleotid ve Polinükleotidler



Şekil 4. Nükleotidlerin Şeker Molekülleri

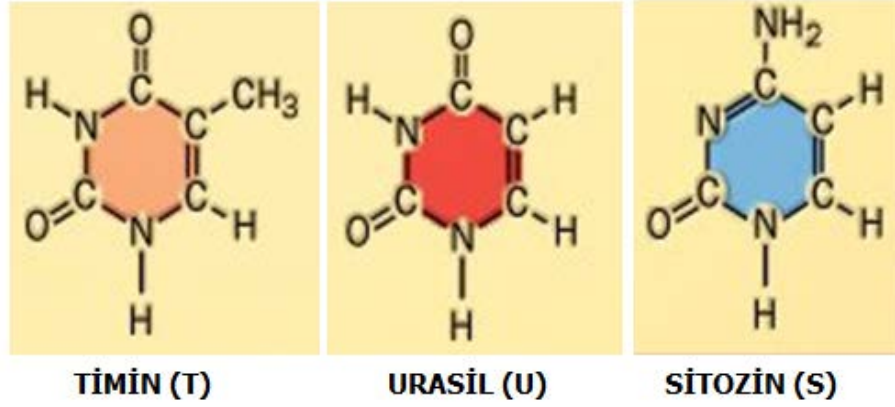
c) 3. Tip Molekül (Organik Bir Baz) : Nükleotidin üçüncü tipi organik bir bazdır. Karbon ve azot atomlarından yapılmış ve halka şeklindeki moleküllerden oluşan bu bazlar, **Pirimidin** ve **Purin** olmak üzere iki tiptir.

Pirimidin Bazlar: 4 Karbon ve 2 Azot atomundan yapılmış halka şeklinde temel bir iskelete sahip olan baza **Pirimidin Bazı** denir. **Sitozin**, **Timin** ve **Urasil** olmak üzere üç türlü pirimidin bazı vardır. **Pirimidin** bazlar Şekil 5.de gösterilmiştir.

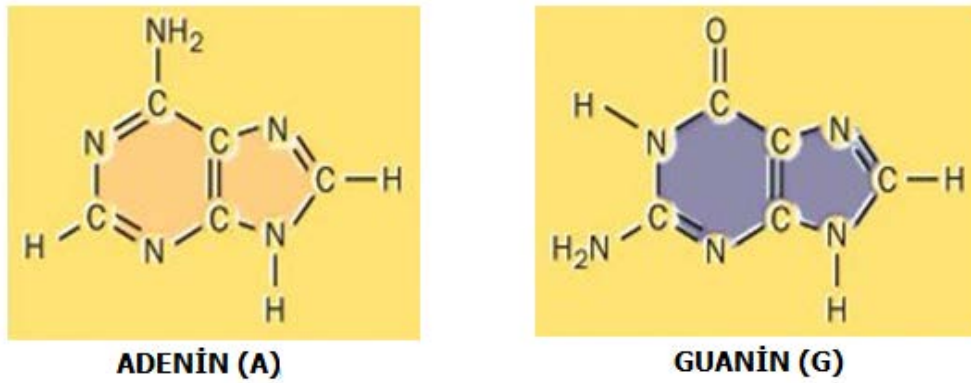
Purin Bazlar: Karbon ve azot atomlarından kurulu iki halkalı temel bir iskelete sahip olan baza **Purin bazı** denir. Purin bazını oluşturan birinci halka, pirimidin bazının aynısı olup, ikinci halka ise, birinci halkaya ilave edilen 2 azot ve 1 karbon atomu oluşturur.

Adenin ve **Guanin** olmak üzere iki türlü purin bazı vardır. **Purin** bazlar Şekil 6.da gösterilmiştir.

Yapısında Riboz şekeri bulunanlara Nükleik asitlere **RNA**, Deoksiriboz şekeri bulunanlara ise **DNA** adı verilir.



Şekil 5. Pirimidin Bazlar



Şekil 6. Purin Bazlar

II.4.4.1. DNA ve RNA Arasındaki Fark

- ✓ RNA'nın şekeri **riboz**, DNA'nın şekeri **deoksiriboz**dur.
- ✓ RNA'nın nükleotidlerinde **Timin** yoktur, bunun yerine **Urasil** yer alır.

II.4.4.2. DNA'nın Görevleri

- ✓ Hücre bölünmesi esnasında kendi eşini meydana getirmesi
- ✓ Hücreye ait bilgilerin yeni fertlere geçmesini sağlamak,
- ✓ Hücrenin tüm fonksiyonlarını yerine getirecek işlemleri başlatmak

II.4.4.3. RNA Çeşitleri ve RNA'nın Görevi

- ✓ **Elçi RNA (eRNA=mRNA):** DNA'daki genetik bilgiyi çekirdekten stoplazmaya taşır.
- ✓ **Ribozomal RNA (rRNA) :** Protein sentezinde önemli rol oynayan RNA'dır.
- ✓ **Taşıyıcı RNA (t RNA) :** Polipeptit zinciri oluşurken sitoplazmadaki amino asitleri alarak zincirdeki belirli yerlere taşıyarak yerleştirmede rol oynar.

RNA'nın Görevi;

- ✓ Protein sentezini gerçekleştirmek,
- ✓ DNA'nın verdiği görevleri yapmaktır.

Mikroorganizmalarda yeni bir canlı çoğunlukla bölünme ile meydana gelir. Bu bölünmede en ilginç olan taraf, canlı hücrenin bütün hayatı boyunca göstereceği karakterlere ait bilgilerin de yeni hücreye aktarılmış olmasıdır. Hücreye ait bütün bu bilgiler, onun DNA moleküllerinden oluşan helozonlarda kayıtlıdır. Her hücreye özel olan DNA molekülleri, hücrenin organellerin nasıl davranacaklarını, neleri üreteceklerini veya nelerden sakınacaklarını bildirir. DNA tüm bu işleri kendisi yapmaz. RNA'lara bildirerek RNA ve diğer organeller vasıtasıyla bu işleri yerine getirir.

- ✓ DNA, sentezlenmesini istediği protein için gerekli nükleotidlerin kopyasını çıkararak özel bir eRNA hazırlar.
- ✓ eRNA da, nükleoplazmadan çıkarak sitoplazmaya geçer ve bir ribozoma bağlanarak, DNA dan aldığı bilgileri aktarır.
- ✓ Ribozom DNA'nın emrettiği proteini sentezlemek üzere, özel bir kalıp oluşturarak rRNA'yı meydana getirir.
- ✓ Ribozomda oluşturulan kalıba uygun amino asitler sitoplazmadan tRNA tarafından alınarak ribozoma getirilerek, rRNA daki kalıptaki yerlerine konur.
- ✓ rRNA da DNA dan gelen şifreye uygun olarak, amino asitleri peptit bağları ile bağlayarak istenen proteini sentezlemiş olur.
- ✓ Sentezlenen protein ribozomdan ayrılarak tRNA tarafından hücredeki yerine taşınır.

II.4.4.4. Denatürasyon

Proteinlerin molekül yapılarının bozulması olayına **denatürasyon** adı verilir. Genel olarak Denatürasyon olayına çevresel faktörler neden olurlar. Bu faktörler;

- 1. pH:** Amino asitlerin iyonlaşma durumları pH'a bağlıdır. Dolayısıyla ani pH değişiklikleri protein zincirlerindeki zayıf asit bağlarının kopmasına neden olarak, proteinlerin denatüre olmasına sebep olurlar.

- 2. Sıcaklık:** Proteinlerin sıcaklığa maksimum dayanabilme sınırının üstünde sıcaklık artışlarında yapıları denatüre olur.
- 3. Radyasyon:** UV, X vb. ışınlar ile yüklü parçacıklar protein yapısındaki hidrojen bağlarını kopararak, proteinleri denatüre ederler.
- 4. Organik Çözücüler:** Alkol, benzen ve metilen gibi organik çözücüler proteinleri, moleküller arası bağlarını kopararak denatüre ederler.
- 5. Ağır Metaller :**Ag, Zn, Hg, Pb, Cr, As vb. ağır metaller proteinlerde amino asitlerin birleşmesini sağlayan peptit bağlarındaki Hidrojen atomu ile yer değiştirerek proteinleri zehirli hale dönüştürerek, metal zehirlenmelerine neden olurlar.
- 6. Deterjanlar:** Deterjanlar, moleküller arası bağlarını kopararak ve moleküller arası bağlantı yerlerini doldurarak denatüre ederler.

II.5. Enzimler

Hücrede üretilen, hücredeki hayati olayları başlatan, hızlandıran, yavaşlatan veya durduran, metabolizmaya ait bütün reaksiyonlara katılan protein yapısındaki katalizatörlere enzim denir.

II.5.1. Enzim yapısı

Fonksiyonel noktadan bir enzim yapısı 3 kısma ayrılır. Bunlar;

- a) Apoenzim: Basit** bir proteinden oluşmuş, reaksiyonun nasıl vuku bulacağını tayin eden enzime **Apoenzim** denir.
- b) Koenzim:** Enzimin etkili olan kısmıdır. Vuku bulacak reaksiyonun tipini tayin eder. 3 çeşit koenzim vardır.
 - ✓ **Difosfopridi nükleotid:** Hidrojen atomlarını taşırlar.
 - ✓ **Adenozin difosfonükleotid (ADP) ve Adenozin trifosfonükleotid (ATP):** Fosfat taşınmasında enerjinin depolanması, saklanması ve açığa çıkmasında rol oynar.
 - ✓ **Koenzim A:** Moleküllerin parçalanmasında rol oynar.
- c) Metalik Etkileyici Kısım: Enzimin** Fe, K, Ca, Mg, Co, Mo, Mn, Zn, vb. metalleri etkileyebilen kısmıdır.

II.5.2. Enzim Çeşitleri

Hücrede meydana gelen her reaksiyon için, hücre bir enzim üretir. Enzimler yaptıkları işlere göre kabaca 6 grupta toplanırlar.

- a) Oksidoredükteaz Enzimi:** Oksidasyon redüksiyon reaksiyonlarında rol oynayan enzimlerdir.
- b) Transfereaz Enzimi:** Bazı kimyasal grupların bir molekülden diğer bir moleküle taşınmasında yardımcı olan veya rol oynayan enzimlerdir.
- c) Hidroleaz Enzimi:** Hidroliz olayına yardımcı olan ve Makro moleküllerin sentezinin gerçekleştirilmesinde rol oynayan enzimlerdir.
- d) Liseaz Enzimleri:** Hidroliz olayı dışında başka kimyasal grupların sentezinin gerçekleştirilmesinde yardımcı olan ve rol oynayan enzimlerdir.
- e) İsomereaz Enzimi:** Aynı molekül üzerinde değişiklik yapmaya yardımcı olan veya rol oynayan enzimlerdir.
- f) Senteaz-Ligeaz-Enzimi:** Fosfor bağlarının kaldırılarak iki molekülün birleşmesinde rol oynayan enzimlerdir.

II.5.3. İnhibitör

Enzim faaliyetlerini engelleyen maddelere **inhibitör**, bu olaya da **inhibisyon adı** verilir. Genel olarak zehirli dediğimiz maddeler, (örneğin; Siyanür, Arsenik, Cıva vb.) inhibitör sınıfına dâhildir. İnhibitör maddeleri, tıp ve tarım uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çevre mühendisliğinde ise, biyolojik arıtma tesislerinden aktif çamur sistemlerinde köpük oluşumuna neden olan organizmalardaki bu enzimleri baskı altında tutmak için “**köpük kırıcı** ” olarak adlandırılan inhibitörler sıkça kullanılır. Ayrıca içme suyu arıtma sistemlerinde dezenfektan madde olarak da kullanılan bazı maddeler (Örneğin, Ozon vb.) aslında inhibitör özelliğindedir.

İnhibitörler, ya çok sayıda enzim faaliyetini yahut da sadece bir tane enzimin faaliyetini etkileyebilir. Örnek olarak

- ✓ **Siyanür;** 40 dan fazla enzimi inhibe ettiği gözlenmiştir.
- ✓ **Kükürt;** solunumla ilgili olan enzimleri etkiliyor.
- ✓ **Ozon;** çok sayıda enzimin faaliyetini etkilediği için dezenfeksiyonda da kullanılmaktadır.

Enzim inhibitörle birleştiği zaman reaksiyon geri dönmüyor. Yani enzim yok oluyor. İnhibisyon olayı iki şekilde gerçekleşir.

- a) Kampatatif İnhibisyon:** Bu tür inhibisyon olayında, enzimin katalize ettiği reaksiyonlardaki maddelere benzediği için inhibisyon olayı gerçekleşir. Özellikle yaygın olarak tıpta kullanılır. Kampatatif İnhibisyon, inhibitörle reaksiyona giren enzimin etkisinin başka yöne çevrilmesi olayıdır. Burada enzim kaybolmaz, ancak etkisinin başka yöne çevrilmesi sağlanır.

b) Kampatatif Olmayan İnhibisyon: İnhibitörler ile enzimin kalıcı bağlantı meydana getirerek, enzimin bir daha kullanılmasının engellenmesi olayıdır. Bu tür inhibisyon olayında enzimin yapısı bozulur ve enzim kaybolur.

II.5.4. Enzimlerin Menşei

DNA da hücrede üretilecek her enzimin üretilmesi için özel bir kod vardır. Kodu olmayan enzim üretilmez. Enzimler hücre içi veya hücre dışında da üretilirler. Hücre dışı enzimler;

- ✓ Ya hücre dışındaki makromoleküllerin parçalanması işi için,
- ✓ Yahut da, hücrenin korunması için üretilirler.

Hücre korunması için hücreler koku salgılayarak başka canlıları etkilemek süratıyla bir korunma gerçekleştirirler.

- ✓ Enzimler katalize edeceği reaksiyon ortaya çıkınca üretilirler.
- ✓ Enzimler yapılacak işlere göre üretilirler.
- ✓ Bazı enzimler sürekli üretilirler.

II.5.5. Aktivasyon Enerjisi

Herhangi bir moleküldeki enerjinin aktif hale gelmesine aktivasyon enerjisi denir. Aktivasyon enerjisi hücrenin kullanabileceği enerjidir. Hücrenin fonksiyon ve işlevleri açısından Aktivasyon enerjisinin faaliyeti enzimlere bağlıdır. Aktivasyon enerjisi enzimlerle kontrol edilir. Yükselen aktivasyon enerjisi veya düşen aktivasyon enerjisi enzimlerle kontrol edilir.

Aktivasyon enerjisinin devreye girmesinde ısı çok önemlidir. Sıcaklık artıkça aktivasyon enerjisi de artar.

III. BÖLÜM: PROKARYOTİK ORGANİZMALAR

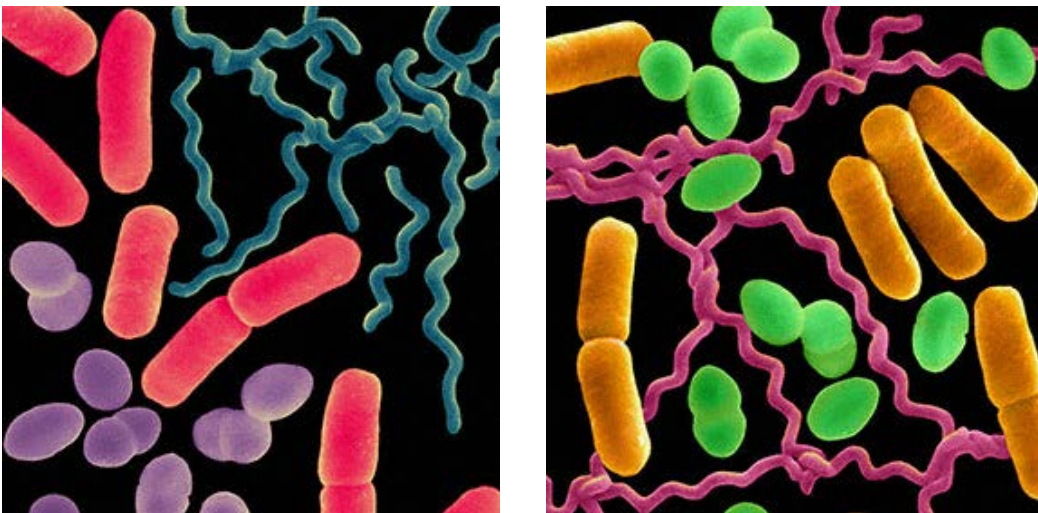
Prokaryotik organizma grubunu, bakteriler mavi-yeşil algler ve virüsler oluşturur. Bu organizmaların en belirgin özellikleri, çekirdek zarı, mitokondrium olmaması ve ikiye bölünerek çoğalmalarıdır.

III.1. Bakteriler

Bakteriler, gözle görülemeyecek kadar küçük, nispeten basit yapılı, tek hücreli canlılardır. Hücre duvarları serttir. Kamçı ile hareket ederler. Kirpikleri ile de hareket etme yeteneğine sahip olanları da vardır. Farklılaşmış hücrelere sahip değildirler. Çoğu tek hücrelidir. Yerkürenin her tarafında, buzullarda ve sıcak su kaynaklarında, okyanusların üstlerinde ve yüksek dağ zirvelerinde olmak üzere çok geniş bir yaşam aralığına sahiptirler.

III.1.1. Bakterilerin Morfolojileri

Bakterilerin mikroskop yardımıyla yapılan incelenmelerinde, çoğunlukla tek hücre yapısına sahip oldukları görülür. Büyüklükleri mikron mertebesinde (1 mikron =1/1000 mm) Bakterilerin büyüklükleri türden türe ve türlerin ortam içindeki durumlarına göre de değişir. Genel olarak boyları 0,2-20 mikron, enleri 0,2-1 mikron arasında değişir. Şekil 7. den de görüleceği üzere Morfolojik olarak bakteriler; **kok**, **çomak** ve **spiral** olmak üzere üç çeşittir.



Şekil 7. Morfolojik Olarak Bakteri Tipleri

III.1.1.1. Koklar

Koklar, genellikle yuvarlak, bazıları oval, bazılara da kahve tanesi şeklindedirler. Bu özelliklerinden dolayı Latince coccus= **kok** ve cocci = **koklar** adı verilmiştir.

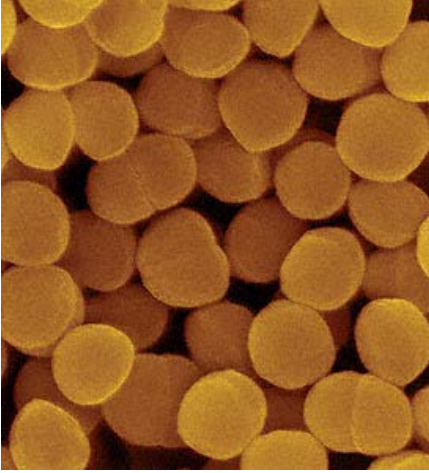
Yuvarlak, Oval, Kahve Tanesi



Koklar değişik bakteri türlerinde değişik şekillerde bulunabilirler. bulunuş şekillerine göre de isimlendirmeler yapılmaktadır.

Örneğin;

- Tek tek görülen koklara, **monokok** (monococcus) veya **mikrokok** (micrococcus) adı verilmektedir (Bkz. Şekil 8.)



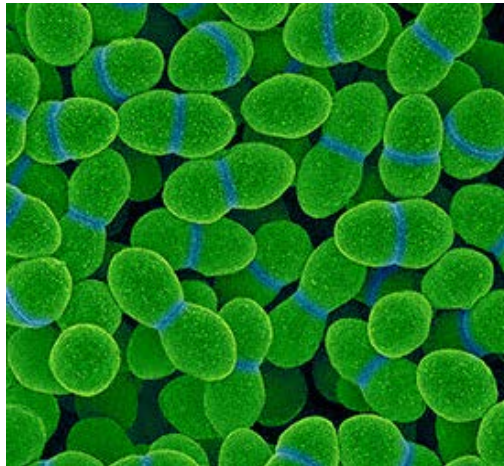
Staphylococcus warneri,



Staphylococcus aureus (İnce barsaklar üzerinde)

Şekil 8. Monokok Veya Mikrokok Bakteri Örnekleri

- Kokların ikisi bir arada bulunursa **diplokok** (diplococcus) adı verilir. (Bkz. Şekil 9.)



Enterococcus faecalis



Lactococcus lactis

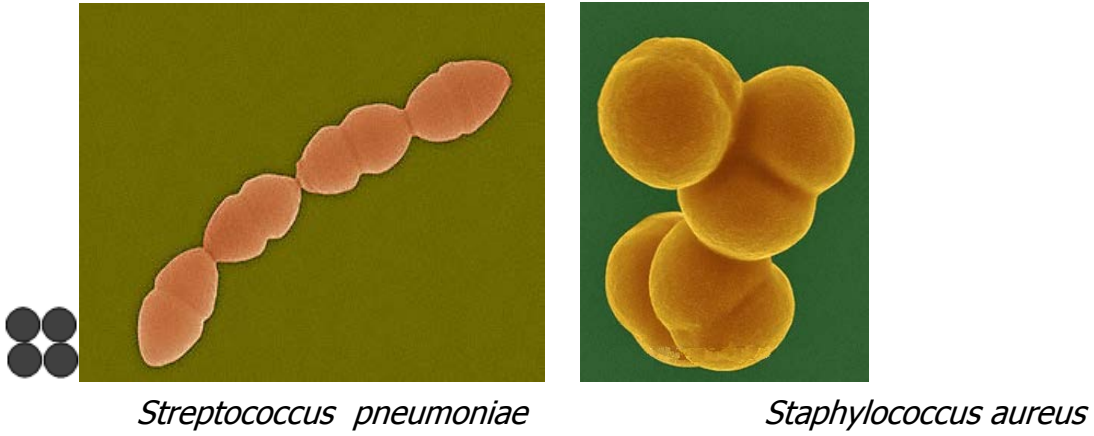
Şekil 9. Diplokok Bakteri Örnekleri

- Kokların üçü bir arada bulunursa **trikok** (tricoccus) den adı verilir (Bkz. Şekil 10.).



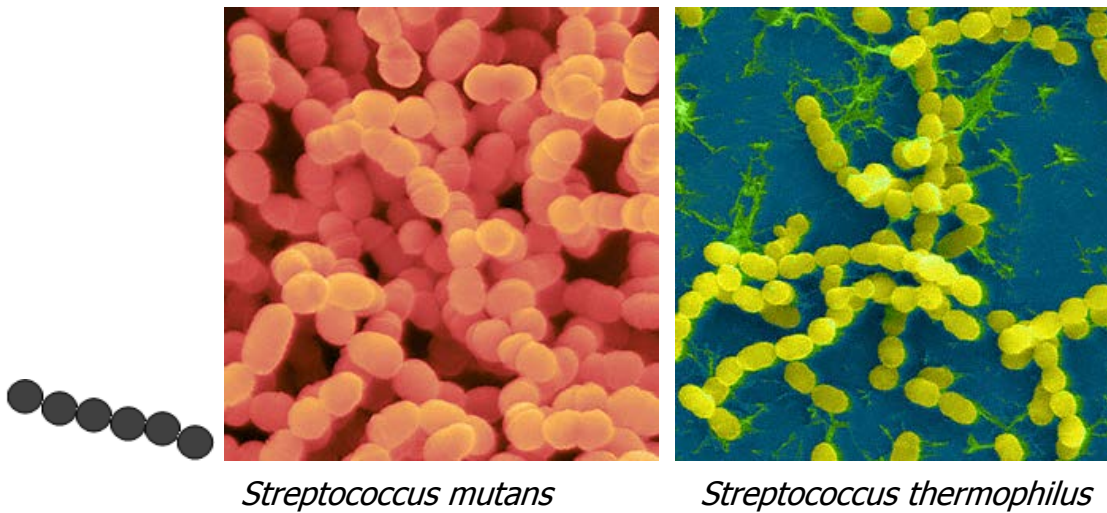
Şekil 10. Trikok Bakteri Örneği

- Kokların dördü bir arada bulunursa **tetrakok** (tetracoccus) adı verilir (Bkz. Şekil 11.).



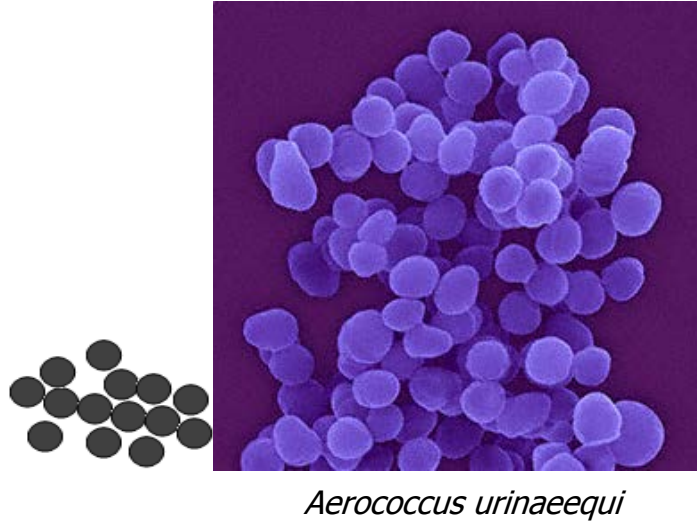
Şekil 11. Tetrakok Bakteri Örnekleri

- Bazı koklar bir birileri ile yapışarak zincir şeklinde bir oluşum meydana getirirler. Bu şekilde oluşan koklara **streptokok** (streptococcus) adı verilir. (Bkz. Şekil 12.).



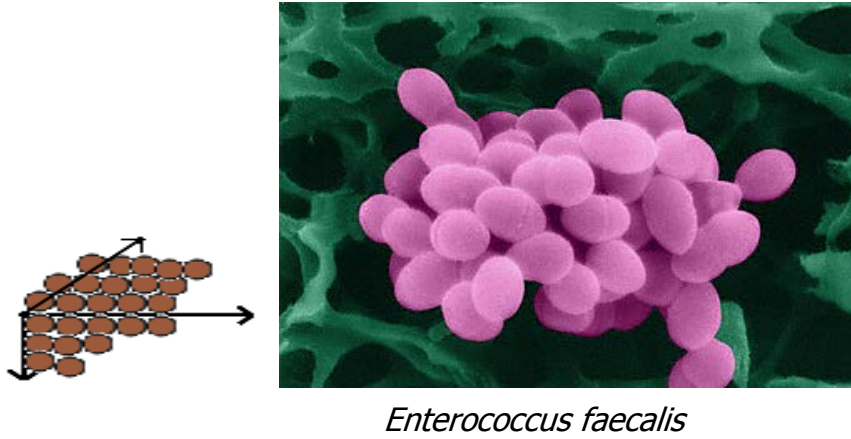
Şekil 12. Steroptokok Bakteri Örnekleri

- Kokların rast gele dağınık gayri muntazam bölünmesi sonucu meydana gelen yapıya **stafilokok** (staphylococcus) adı verilir(Bkz. Şekil 13.).



Şekil 13. Stafilokok Bakteri Örneği

- Kokların kümeler halinde muntazam olarak üç yönde bölünmesi sonucu oluşturdukları yapıya **sarcina** adı verilir (Bkz. Şekil 14.).



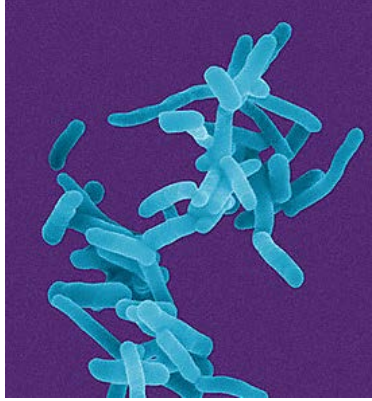
Şekil 14. Sarcina Bakteri Örneği

III.1.1.2. Çomaklar

Genellikle boyları, enlerinden fazla, çubuk şeklinde oldukları için de çomak, çubuk, çubukçuk adları verilir. Bu özelliklerinden dolayı Latince **çomak** anlamında **basillus**, **basil** adı verilir. Çomaklar bakterilerin önemli bir grubunu oluştururlar. Çomaklar da değişik şekillerde isimlendirilirler. Bu isimlendirme de çomakların uçlarının değişik şekil göstermeleri önem arz eder.

Örneğin,

- Bazı çomakların yan kenarları paralel, uçları yuvarlaktır. (*Salmonella sp*, *Shigella sp*. olduğu gibi Bkz. Şekil 15.)



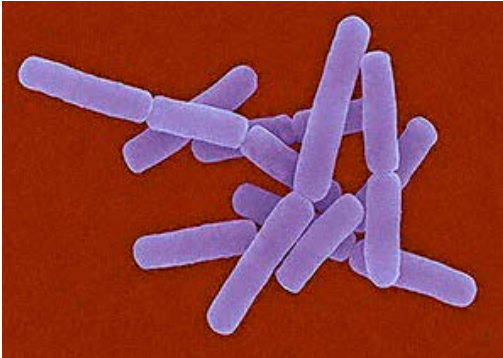
Shigella dysenteriae



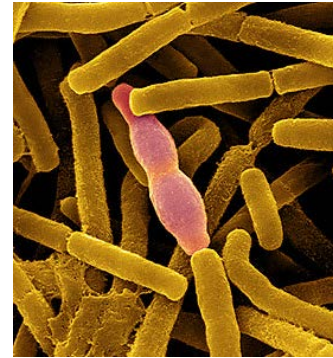
Salmonella enteritidis

Şekil 15. Yan Kenarları Paralel, Uçları Yuvarlak Çomak Bakteri Örneği

- Bazı çomakların uçları düzdür, köşeli görülür. (*Bacillus anthracis* olduğu gibi. Bkz. Şekil 16.)



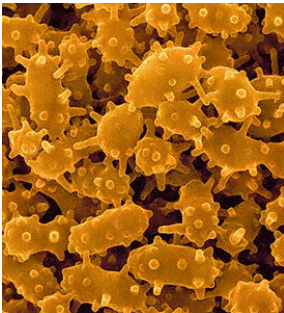
Bacillus anthracis



Vejetatif Spor Oluşum Evresi

Şekil 16. Uçları Düzdür, Köşeli Görülen Çomak Bakteri Örneği

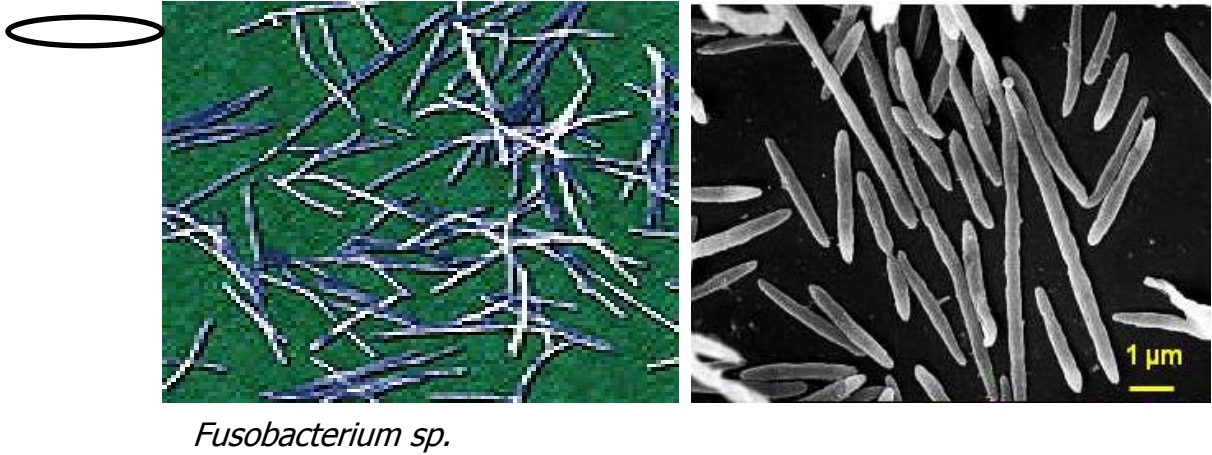
- Bazı çomaklar polimorf şekillerde görülürler (Bkz. Şekil 17.)



Verrucomicrobium spinosum

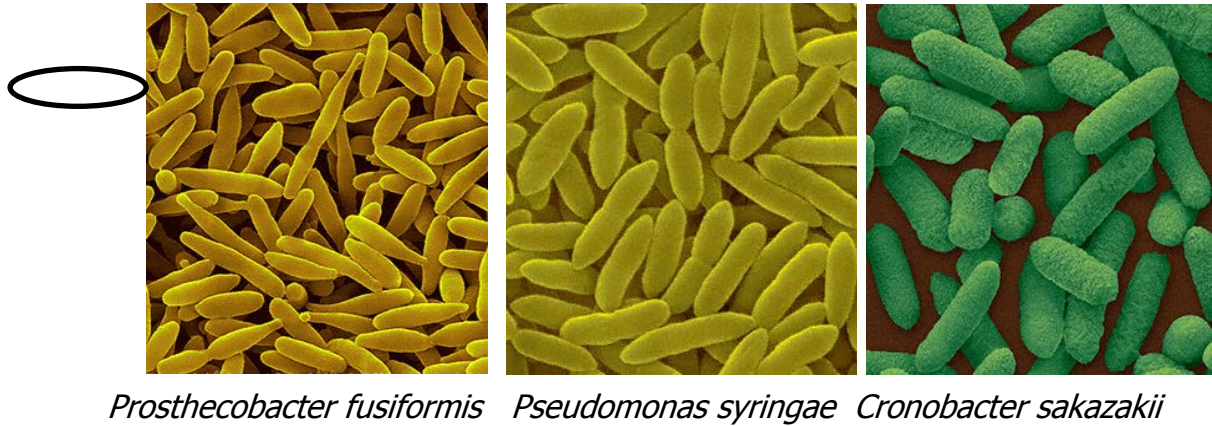
Şekil 17. Polimorf Görünümlü Çomak Bakteri Örneği

- Bazı çomakların uçları mekik gibi sivridir. (*Fusobacterium sp.* olduğu gibi, Bkz. Şekil 18.)



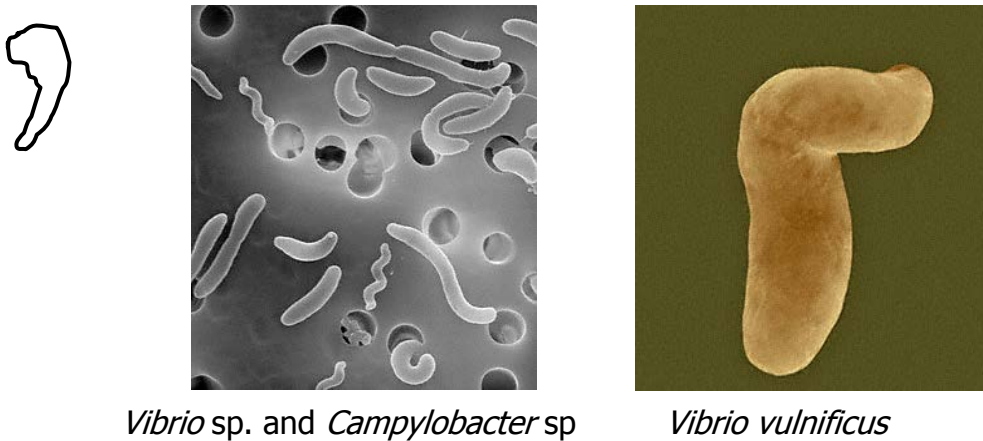
Şekil 18. Uçları Mekik Gibi Sivri Görünümlü Çomak Bakteri Örneği

- Bazı çomaklar oval görünümlüdür (*Prosthecobacter sp.* olduğu gibi, Bkz. Şekil 19.)



Şekil 19. Oval Görünümlü Çomak Bakteri Örnekleri

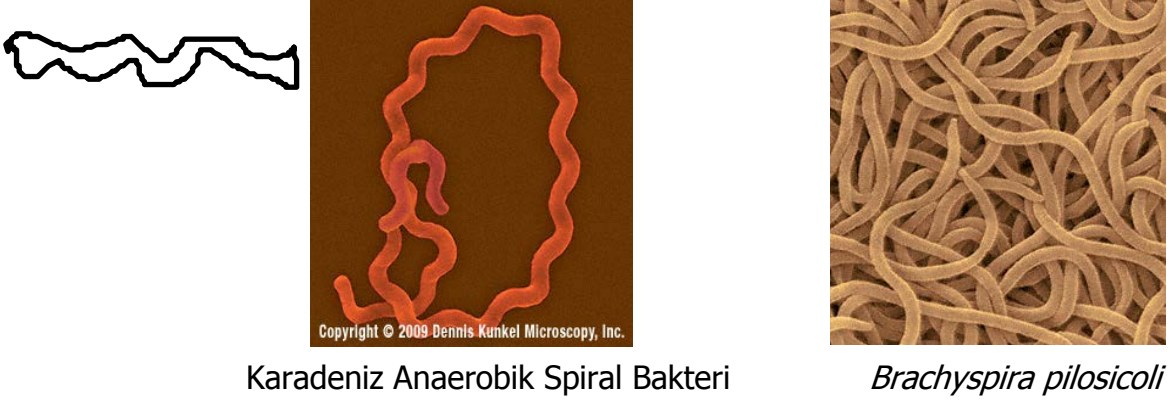
- Bazı çomaklar virgül şeklinde bir yapıya sahiptirler. (*Vibrio sp.* olduğu gibi, Bkz. Şekil 20.)



Şekil 20. Virgül Görünümlü Çomak Bakteri Örnekleri

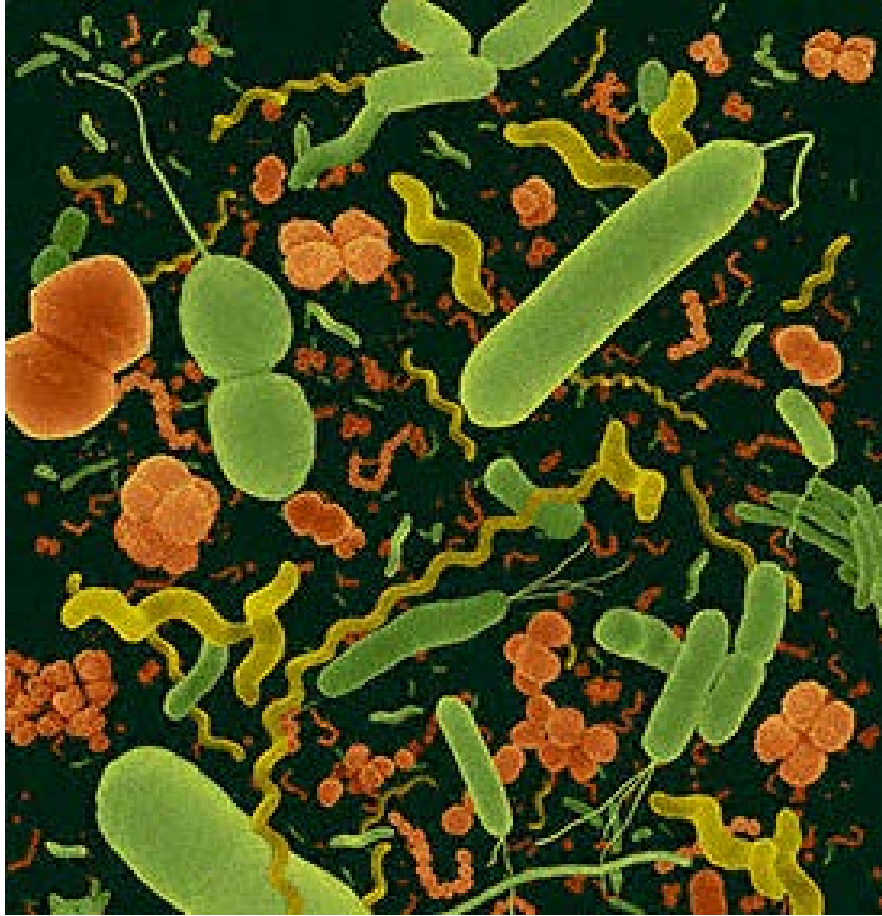
III.1.1.3. Spiraller

Spiral şeklinde olan bakteriler çok kıvrımlı olmalarından (**spirillum**) **spiral** adını alırlar. Bu bakterilere **spiroket** de denir. Spirillum bakteri örneği Şekil 21. de verilmiştir.



Şekil 21. Sipiral Bakteri Örnekleri

Morfolojik olarak bakteri çeşitleri Şekil 22. de verilmiştir.



Şekil 22. Morfolojik Olarak Bakteri Çeşitleri

III.1.2. Bakterilerin Yapısı

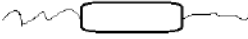
Bakteriler, renksiz, şeffaf, saydam olduklarından mikroskop incelemelerinde yapıları homojen ve ince granüllü olarak görülürler. Dolayısıyla bakteriler boyanarak mikroskopta daha iyi görülürler. Bakterilere uygulanan en yaygın boyama metodu **Gram Boyama Metodu**'dur. Bu boyama metodunun tatbik edilmesiyle bakteriler, hücre çeperlerinin biyokimyasal özelliklerinden dolayı çeperlerinde boyayı kabul edenlere Gram (+), boyaları kabul etmeyenlere de Gram (-) olarak tanımlanarak iki grubu ayrılır. Bakterilerin sitoplazmadaki organeller ile çekirdeği görebilmek için de geliştirilmiş boyama metotları vardır.

Bir bakteri hücresi, Hücre çeperi ve dışındaki kısımlar ve Protoplast olmak üzere iki ana kısımdan ibarettir.

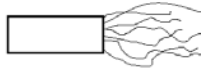
Bakterilerin hepsinde kamçı mevcut değildir. Bakterilerdeki mevcut olan kamçıların çapı 12-20 milimikron, uzunlukları 10-100 mikron arasında değişir. Bakterilerde mevcut olan kamçıların bulundukları yerlere ve sayılarına göre değişik isimler alırlar.



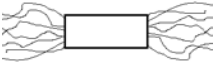
1. Monotrik: Kamçı tek olup, bakteri hücresinin bir ucunda (kutbunda) veya kutbuna yakın bir yerde bulunur. Örneğin: *Pseudomonas sp. Vibrio comma*



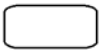
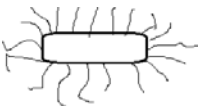
2. Amfitrik: Bakterinin her iki ucunda da birer kamçı bulunur. Örneğin: *Vibrio sp.*



3. Lofotrik: Kamçılar demet halinde bulunur. Ekseriya bakterinin bir kutbundan, nadiren de iki kutbundan çıkarlar.



4. Peritrik: Kamçılar çok sayıda olup, tüm bakteri hücresinin yüzeyini kaplamıştır.



5. Atrik: Kamçıya sahip olmayan bakteri hücrelerine denir. Dolayısıyla bakteri hareketsizdir.

Bakterilerde yer alan **kirpikler**, ancak elektron mikroskobu ile görülebilir. Kirpiklerin hareket kabiliyetleri yoktur. Bunlar bakterilerin tutunucu organelleridir. Bakteri hücrelerini bir birilerine ve diğer yüzeylere tutunurlar. Çapları 0,03-0,1 mikrondur. Kirpikler bütün bakterilerde mevcut olmayıp, kimyasal yapıları proteindir.

Bazı bakteriler, bulundukları ortama karşı dayanırlıklarını artıran polisakkarit yapısında zardan ibaret kapsüle sahiptirler. Genellikle patojen bakteriler kapsüle sahiptirler. Kapsüllerin sabit bir kalınlıkları yoktur ve kalınlıkları bakteri türüne göre değişiklik gösterir. Ortam şartlarına göre de değişiklik gösterir. Kapsüller özel kapsül boyama tekniklerine göre boyanarak tespit edilirler ve bakterilerin tanı ve sınıflandırılmasında önemli bir unsur olarak kullanılırlar.

Bakterilerin hücre çeperleri 100 nm kalınlığında, yarı geçirgen ve polimerik bir zar özelliğindedir. Bakterilerin iç kısmında yer alan protoplast maddesi canlı ve cansız olmak üzere iki kısımdan ibarettir. Canlı kısma protoplast, cansız kısma ergastik maddeler denir.

III.1.3. Bakterilerde Hareket

Bakterilerde görülen hareket aktif ve pasif hareket olmak üzere iki tiptir.

Bakterilerde Aktif Hareket

Bakterilerin bizzat flagellumları ile meydana getirdikleri harekettir. Kamçılar protein esasludur. Kamçıdaki protein zincirinin kasılıp gevşemesi sonucu, kamçı hareketi oluşur. Kamçı ile hareket eden bakteriler çok hızlı hareket yeteneğine sahiptirler.

Örneğin; 1,7 mikron boyundaki bir bakteri hücresi saniyede 20 mikron yol alır. Bu hız ve boy aynı oranda büyütülürse, 1,70 metre boyundaki bir insanın saniyede 20 metre, saatte 72 km yol alması demektir.

Bakteriler **bükülme** suretiyle de aktif hareket gösterebilirler. Bu tür hareket spiral şekle sahip bakterilerde yaygın olarak görülür. Bu bakteriler bükülüp, doğrularak hareket olayını gerçekleştirirler.

Bakterilerde **kayma** şeklinde de aktif hareket kabiliyetine sahiptirler.

Bakterilerde Pasif Hareket

Bakterilerde pasif hareket hücre molekülünün titreşimleri ile meydana gelir. Browian hareket de denilen bu tür pasif harekette hücre, yerini değiştirmez, fakat yerinde çevreden merkeze doğru bir titreşim görülür.

Bakteriler, içinde bulundukları sıvının akımına kapılarak da **sürüklenmek** suretiyle pasif hareket gösterebilirler. Bakterilerde görülen en önemli pasif hareket şekli **taksis**

olayıdır. Taksis olayı, çevre şartlarının bakterileri etkileyerek onları harekete geçirmeleri olayına denir.

Bakterilerde görülen taksis hareketi iki türlü gerçekleşir.

1. Bakteriler kendilerinde pasif harekete sebep olan çevre faktörünün üzerine doğru hareket ederler ki buna **pozitif taksis** adı verilir.
2. Bakteriler kendilerinde pasif harekete sebep olan çevre faktöründen uzaklaşmak üzere hareket ederler ki buna **negatif taksis** adı verilir.
 - **Işığın** bakterileri pasif harekete geçirmesi olayına **Fototaksis** denir. Pasif hareket ışığa doğru olursa, **pozitif fototaksis**, ışıktan uzaklaştırma yönünde olursa **negatif fototaksis** adı verilir.
 - **Isının** bakterileri pasif harekete geçirmesi olayına **Termotaksis** denir. Pasif hareket ısıya doğru olursa, **pozitif termotaksis**, ısıdan uzaklaştırma yönünde olursa **negatif termotaksis** adı verilir.
 - **Havanın** bakterileri pasif harekete geçirmesi olayına **Aerotaksis** denir. Pasif hareket havaya doğru olursa, **pozitif aerotaksis**, havadan uzaklaştırma yönünde olursa **negatif aerotaksis** adı verilir.
 - **Suyun** bakterileri pasif harekete geçirmesi olayına **Hidrotaksis** denir. Pasif hareket suya doğru olursa, **pozitif hidrotaksis**, sudan uzaklaştırma yönünde olursa **negatif hidrotaksis** adı verilir.

III.1.4. Bakterilerin Beslenme ve Enerji İstekleri

En iptidai organizmalardan en gelişmiş canlı varlıklara kadar biyolojik sistem içerisinde yer alan bütün canlı yaratıklar yaşantılarını ve nesillerini devam ettirebilmeleri için beslenme ihtiyacı duyarlar.

Bakteriler bulundukları ortamlardaki maddeleri, bir takım salgıladıkları enzimler yardımı ile birçok maddeleri parçalayarak daha basit yapı taşlarına ayırdıktan sonra absorbe ederek alırlar. Bakteriler metabolizma özelliklerine bağlı olarak muhtelif derecede sentez yapabilme özelliklerine sahiptirler. Bir kısım bakteriler;

- Kendilerine gerekli olan organik ve inorganik maddeleri kendileri sentez edebilme özelliğine sahip olan bakterilerin gösterdiği beslenme şekli, **Ototrof Beslenme**'dir. Bu tür beslenme şeklinde bakteriler, karbon istekleri CO₂, CO₃, tan, azot ihtiyaçlarını Amonyum iyonları, NO₂, NO₃ tan, ve serbest azottan sağlarlar.

- Kendilerine gerekli olan organik ve inorganik maddeleri dışardan hazır olarak alma özelliğine sahip olan bakterilerin gösterdiği beslenme şekli **Heterotrof Beslenmedir**.
- Bitki, hayvan ve insanların vücutlarında yaşayarak besinlerini bunlardan sağlayan heterotrofik bakterilere **Parazit bakteriler** adı verilir.

Enerji ihtiyaçları göre bakteriler;

- Enerjilerini güneş ışığından sağlayan Fototrofik **Bakteriler**,
- Enerjilerini, H_2 , CO_2 , FeS , NH_3 , NO_2 lerin oksidasyonundan sağlayan Kemootorofik Bakteriler

olmak üzere iki kısımda incelenirler.

III.1.5. Bakterilerin Oksijen ihtiyaçları

Oksijene ihtiyaç göstermelerine göre bakteriler, farklı özelliklere sahiptirler. Bu farklılıkları;

- 1. Aerop Bakteriler:** Yaşamları için oksijenin zorunlu olan bakterilere denir. Bu tür bakteriler, hücresel faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için mutlaka oksijene ihtiyaç duyarlar.
- 2. Anaerop Bakteriler:** Yaşamları için oksijene kesinlikle ihtiyaç duymayan bakterilere denir. Bu tür bakteriler hücresel faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için kesinlikle oksijene ihtiyaç duymazlar. Hatta oksijen toksik etki özelliği gösterir.
- 3. Fakültatif Bakteriler:** Yaşamlarını hem oksijensiz ortamda hem de oksijenin bulunduğu ortamlarda sürdürebilen bakterilere denir. Bu tür bakteriler hücresel faaliyetlerinin devamı için ortamda oksijen bulursa da bulunmasa da devam ettirir.

Oksijenin bulunmadığı ortamlara göre oksijen bulunduğu ortamlarda hücresel faaliyetleri daha iyi olan bakterilere **Aerop fakültatif bakteriler** ve oksijenin bulunmadığı ortamlarda oksijenin bulunduğu ortamlara göre hücresel faaliyetleri daha iyi olan bakterilere **Anaerop fakültatif bakteriler** adı verilmektedir.

- 4. Mikroaerofil Bakteriler:** Çok az oksijen bulunması halinde yaşamlarını sürdüren bakterilere **Mikroaerofil bakteriler** adı verilir.

III.1.6. Bakterilerin Tabiattaki Görevleri

Bakteriler tabiatta birçok önemli görevleri ifa ederler. Bunların en önemlisi;

- İnsan, hayvan ve bitkilerden kaynaklanan toprak, su ve havadaki atık maddeleri parçalayarak veya kullanarak tekrar kullanılabilir hale getirmeleri,
- Yeryüzünde yaşayan canlılar için tabi seleksiyon görevi ifa etmektir. Bu görevi patojen bakteriler vasıtasıyla gerçekleştirmeleridir.

Bakteriler, doğada yaptıkları işler çok önemli ve emsalsizdir. Hiç bir kimyager, biyolog, laboratuvar veya fabrika bakterilerin yaptığı biyosimik reaksiyonları başarabilme gücüne sahip değildir.

III. 2. Virüsler

Virüsler, 20-300 nm çapında olan en küçük enfeksiyon etkeni olan bilinen en küçük canlı parçacıklarıdır. Virüs sözcüğü, Latince **virus (zehir)** sözcüğünden türemiştir. Virüslerin incelendiği bilim dalına **viroloji** denir. Viroloji bilim dalıyla ilgilenen bilim adamlarına **virolog** adı verilir. Pek çok salgın hastalığa sebep olan bu organizmalar, su ve beslenme yoluyla bulaşır. Ancak, cinsel yaşam ve kana doğrudan doğruya temas ile bulaşan bazı türleri de mevcuttur. Su ile bulaşmaları Çevre Mühendisliği açısından çok önemlidir.

Virüslerin ayrı özel bir yapıları yoktur. Morfolojik olarak bulundukları hücrenin yapı ve şeklini alırlar. Dolayısıyla yuvarlak, kübik, çomak, oval, silindirik, spiral vb. olmak üzere çok çeşitli morfolojik şekillere sahiptirler.

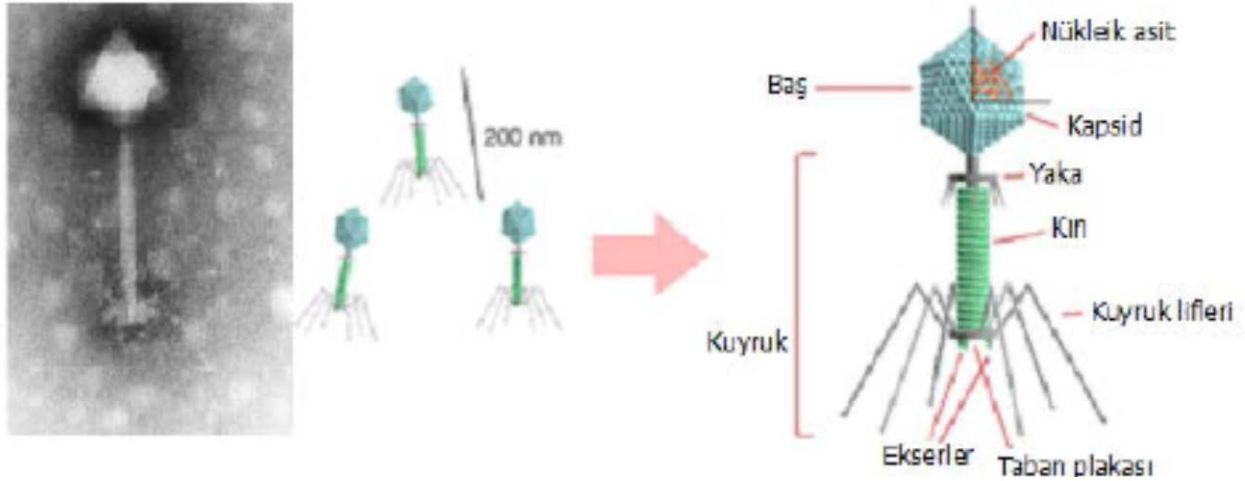
Virüsler normal mikroskop ile görülmezler. Elektron mikroskobu ile görülebilirler. Virüsler, bakteri ve diğer mikroorganizmalar gibi hücresel yapıya sahip değildirler. Yapıları nükleik asit ve protein bir zardan ibarettir. Nükleik asitin de sadece bir tanesi bulunabilen türler de mevcuttur. Diğer hücre organellerini ihtiva etmezler.

Virüsler sadece canlı hücreler içinde çoğalırlar. Virüs, girdiği konakçı hücre de nükleik asidi enfekte ederek, birçok özgül makromoleküllerin sentezi için gerekli bilgiyi aktarır. Üreme döneminin sonuna doğru, hücre içinde birçok protein zarla çevrili nükleik asit oluşur. Virüsteki protein zarların görevi, nükleik asidini hücre-dışı çevreye karşı korumasını sağlamaktır.

Hayati fonksiyonlarını devam ettirmeleri ve çoğalmaları için mutlaka başka bir canlıya ihtiyaç duyarlar. Dolayısıyla parazitlerdir. Hücresel faaliyetlerini konuk oldukları hücrenin organelleri ile devam ettirirler. İçinde bulundukları hücrenin normal metabolizmasını bozarak ölümüne neden olurlar.

Bakterileri enfekte eden virüsler **Bakteriyofaj** veya kısaltılmış olarak **faj** adı da verilir. Bakteriyofaj (bakteri ve Yunanca phagein, 'yemek' fiilinden türetilmiş) bakterileri enfekte eden bir virüs anlamında kullanılır. Terim genelde kısaltılmış hali olan **faj** olarak kullanılır. Bakteriyofajlar genelde 20 ila 200 nm arası büyüklükte olurlar.

Virüslerin ayrı özel bir yapıları yoktur. Morfolojik olarak bulundukları hücrenin yapı ve şeklini alırlar. Dolayısıyla yuvarlak, kübik, çomak, oval, silindirik, spiral vb. olmak üzere çok çeşitli morfolojik şekillere sahiptirler.

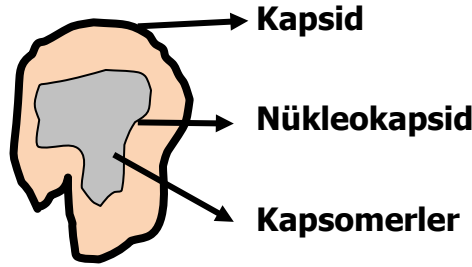


Şekil 23. T4 Bakteriyofajının Şematik Yapısı

Virüsler infekte ettikleri hücre dışında çoğalamadıklarından, zorunlu hücre içi parazitlere benzerler. Fakat parazitlerden farklı olarak virüsler gerçek organizma sayılmazlar. Diğer farklılıkların yanı sıra, virüslerin hücre zarı ve kendi metabolizmaları yoktur. Canlı sayılan bazı organizmalar da virüsler gibi hem canlı hem cansızların özelliklerine sahip olduklarından bu konuda kesin bir cevap bulmak zordur.

Yapısal ve işlevsel olarak hayvan, bitki ve mantarları enfekte eden çeşitli virüsler olduğu gibi fajlarda da büyük bir çeşitlilik vardır. Virüsler normal mikroskop ile görülmezler. Elektron mikroskobu ile görülebilirler. Virüsler, bakteri ve diğer mikroorganizmalar gibi hücresel yapıya sahip değildirler. Dolayısıyla virüslerin yapıları nükleik asit ve protein bir zardan ibarettir. En temel haliyle bir virüs, **kapsit** adlı bir protein kabuk ve içinde yer alan genetik malzemeden oluşur. Genetik malzeme DNA veya RNA olabilir, ama genelde

5-500 nm uzunluğunda çift sarmallı DNA'dan oluşur. Nükleik asitin de sadece bir tanesi bulunabilen türler de mevcuttur. Diğer hücre organellerini ihtiva etmezler.



Kapsid: Virüsteki nükleik asidi saran simetrik protein zara denir. Protein kılıf olarak da bilinir. Çok kez virüs çoğalması esnasında birçok boş kapsid üretilir. Virüslerde çekirdek ve yaşamsal olaylardan sorumlu sitoplâzma olmamasından dolayı, virüslerin yönetici molekülünü (genomunu) oluşturan DNA veya RNA'yı çevreleyerek dış etkilerden korur. Kapsitin ayrıca virüse şeklini verme, virüsün hücreye tutunmasını sağlama (virüslerin hücrelere tutunmasını sağlayan kuyruk uzantıları kapside bağlıdır) ve virüse antijen özelliği kazandırma gibi görevleri vardır.

Nükleokapsid: Nükleik asit ve onu saran kapside verilen isimdir.

Kapsomerler: Elektron mikroskobu ile görülen izometrik virüs parçacığının yüzeyinde görülen morfolojik birimlerdir.

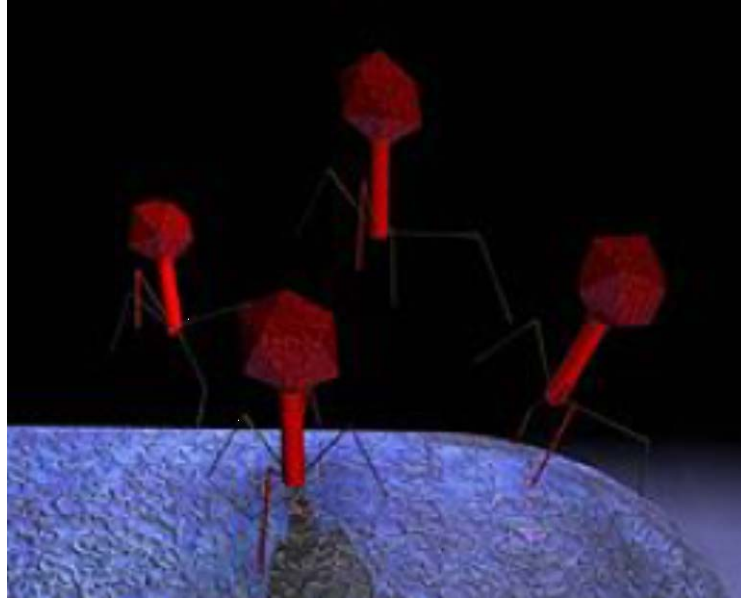
Virüsler sadece canlı hücreler içinde çoğalırlar. Virüs, girdiği konakçı hücre de nükleik asidi enfekte ederek, birçok özgül makromoleküllerin sentezi için gerekli bilgiyi aktarır. Üreme döneminin sonuna doğru, hücre içinde birçok protein zarla çevrili nükleik asit oluşur. Virüsteki protein zarların görevi, nükleik asidini hücre dışı çevreye karşı korumasını sağlamaktır.

Fajlar her yerde mevcutturlar ve bakterilerin yaşadığı ortamlarda, örneğin toprakta veya hayvan bağırsaklarında bulunabilirler. Faj ve diğer virüslerin en yoğun doğal kaynaklarından biri deniz suyudur. Deniz yüzeyinde mililitrede 109 etkin faj taneciği (virion) bulunmuştur. Fajlar denizde yaşayan bakterilerinin %70'ini enfekte edebilme özelliği gösterirler.

Hayati fonksiyonlarını devam ettirmeleri ve çoğalmaları için mutlaka başka bir canlıya ihtiyaç duyarlar. Dolayısıyla parazitirler. Hücresel faaliyetlerini konuk oldukları hücrenin organelleri ile devam ettirirler. İçinde bulundukları hücrenin normal metabolizmasını bozarak ölümüne neden olurlar.

Virüslerde bulunan nükleik asitler türlerin çoğunda DNA şeklindedir. Virüs konuk olduğu hücreye girdiğinde virüsün DNA'sı, hücrenin DNA'sını etkisiz hale getirerek Virüs DNA'sı hücreye hâkim olur. Bundan sonra hücre ve organeller virüsün DNA'sındaki kot ve şifrelere göre hareket etmeye başlarlar.

Virüslerde bulunan nükleik asitler türlerin çoğunda DNA şeklindedir. Virüs konuk olduğu hücreye girdiğinde virüsün DNA'sı, hücrenin DNA'sını etkisiz hale getirerek Virüs DNA'sı hücreye hakim olur. Bundan sonra hücre ve organeller virüsün DNA'sındaki kot ve şifrelere göre hareket etmeye başlarlar. Konak hücreye girmek için bakteriyofajlar konak hücrenin duvarına bağlanırlar. Bağlanmada lipopolisakkaritler, proteinler rol oynarlar. Bu nedenle bir bakteriyofaj ancak bağlanabileceği özellikleri taşıyan hücreleri enfekte edebilirler.



Şekil 24. Bir Hücreyi Enfekte Etmek Üzere Ona Bağlanmakta Olan Bakteriyofajların Şematik Gösterimi

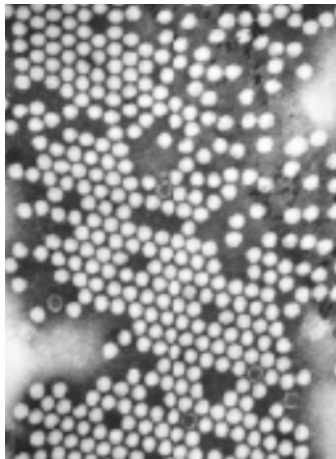
Bakteriyofajlar, genetik malzemelerini konakçı hücrenin içine enjekte etmek için şırınga benzeri bir hareket yaparlar. Uygun reseptörle (lipopolisakkaritler, proteinler) temas kurduktan sonra kuyruk lifleri taban plakasını hücre yüzeyine yaklaştırırlar. İyice bağlandıktan sonra, kuyruk büzülür, bu da genetik malzemenin dışarı itilmesine neden olur. Bazı fajlar nükleik asiti hücre zarından içeri iter, bazıları hücre yüzeyine bırakır. Başka yöntemlerle genetik malzemelerini içeri sokan bakteriyofajlar da vardır.

Kısa sürede (bazen birkaç dakika) konak hücredeki ribozomlar virüslerin mRNA'sındaki kotları kontrol ederek, protein çevirimine başlarlar. Hem erken sentezlenen proteinler

hem de virüslerle gelen bazı proteinler konak hücredeki RNA dizilişini modifiye edip, virüslerin kontrol ettiği RNA haline döndürürler. Konakçı hücrenin kendi protein ve nükleik asit sentezi de bozularak virüs ürünlerinin sentezine yönlendirilir. Bu ürünler ya hücreyi parçalamaya yarayacaklar, ya yeni virüslerin oluşmasına yardımcı olacaklar veya yeni virüsleri oluşturacaklardır. Bütün süreç yaklaşık 15 dakika alır.

Virüsler insanlarda birçok hastalığa neden olurlar. AIDS, grip ve kuduz bu hastalıklara örnek olarak verilebilir. Bu tür hastalıkların tedavisi zordur. Çünkü antibiyotikler virüslere etki etmezler ve az sayıda anti virüs ilacı bilinmektedir. Virüslerin neden olduğu hastalıkları engellemenin en iyi yolu, bağışıklık geliştirmeye yarayan aşıdır.

Virüslerin neden olduğu yaygın hastalıklara örnek olarak **Hepatit B, Hepatit C, CMV, soğuk algınlığı, grip, suçiçeği ve uçuk** gösterilebilir. Virüslerin neden olduğu daha ciddi hastalıklar arasında **Ebola, AIDS, çiçek** örnek verilebilir. Ebola virüsü kanamalı ateşe neden olur. Virüslerin hastalık yapma yeteneğine **virülans** denir.



Polio virüsü



Ebola virüsü



Marburg virüsü

Şekil 25. Bazı Virüslere örnekler

Virüsler, dış etkilere karşı oldukça dayanıklıdırlar. Bilhassa bakterilere nazaran çok daha fazla dayanıklılık gösterirler. Mesela **-60°C** uzun yıllar canlılıklarını devam ettirirler. Örneğin, Virüsler **NaOH, Formalin** gibi bazı dezenfektan maddelere karşı da oldukça hassastırlar. Ancak % 50 lik **gliserin** bakterilerin tümünü öldürdükleri halde virüslere etkilemez. Virüsler düşük pH derecelerine oldukça dayanıklıdır. Buna mukabil pH 11 ve daha yukarı değerlerde ise virüsler tamamen ölmektedirler. Kullanılmış sulara ve içme suyu arıtma tesislerinde virüslerin yok edilmesi için kireç ilavesiyle pH yükseltilmesi işlemi yapılmalıdır.

Genel olarak virüsler kendilerine tesir eden faktörlere gösterdikleri dirence göre üç grupta toplanırlar.

- 1. Grup:** Son derece kararlı fakat dayanıksız olan ve direkt temas vasıtasıyla bulaşabilen virüslerdir. **Örneğin;** Sarı humma virüsü gibi.
- 2. Grup:** Kuruluğa oldukça dayanıklı olan, tüm olumsuz şartlara rağmen (sıfır rutubet ve nem de bile) hastalıklara neden olan virüslerdir. **Örneğin** Hepatitis (sarılık) virüsü gibi.
- 3. Grup:** Birinci gruba göre daha fazla dayanıklı, kuruluğa göre dayanıksız olan virüslerdir. **Örneğin;** Dışkı virüsleri gibi.

Virüsler konakçı oldukları organizmaya göre, Bitki virüsleri, hayvan virüsleri ve insan virüsleri gibi gruplar altında da toplanarak incelenmektedirler. Virüsler ayrıca yaşadıkları ve çoğalabildikleri konak oldukları hücre tipine göre de isimlendirme yapılmaktadır. **Örneğin;**

- ✓ Deri hücrelerini konak olarak kullanan ve etki eden virüslere **Dermotrop,**
 - ✓ Sinir hücrelerini konak olarak kullanan ve etki eden virüslere **Nörotrop,**
 - ✓ Akciğer hücrelerini konak olarak kullanan ve etki eden virüslere **Phömotrop,**
- adı verilmektedir.

Virüsleri çok değişik çevresel faktörler etki etmektedir. Bunlar;

- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| 1. pH | 7. Kimyasal Ayrıştırıcılar |
| 2. Sıcaklık | * Deterjanlar |
| 3. Kuruluk- Nem muhtevası | * Protein solventleri |
| 4. Radyasyon- Güneş ve UV ışınları | * Lipit Solventleri |
| 5. Organik bazı maddeler | * Enzimler |
| 6. Ca ve Mg gibi bazı katyonlar | * Formaldehitler |

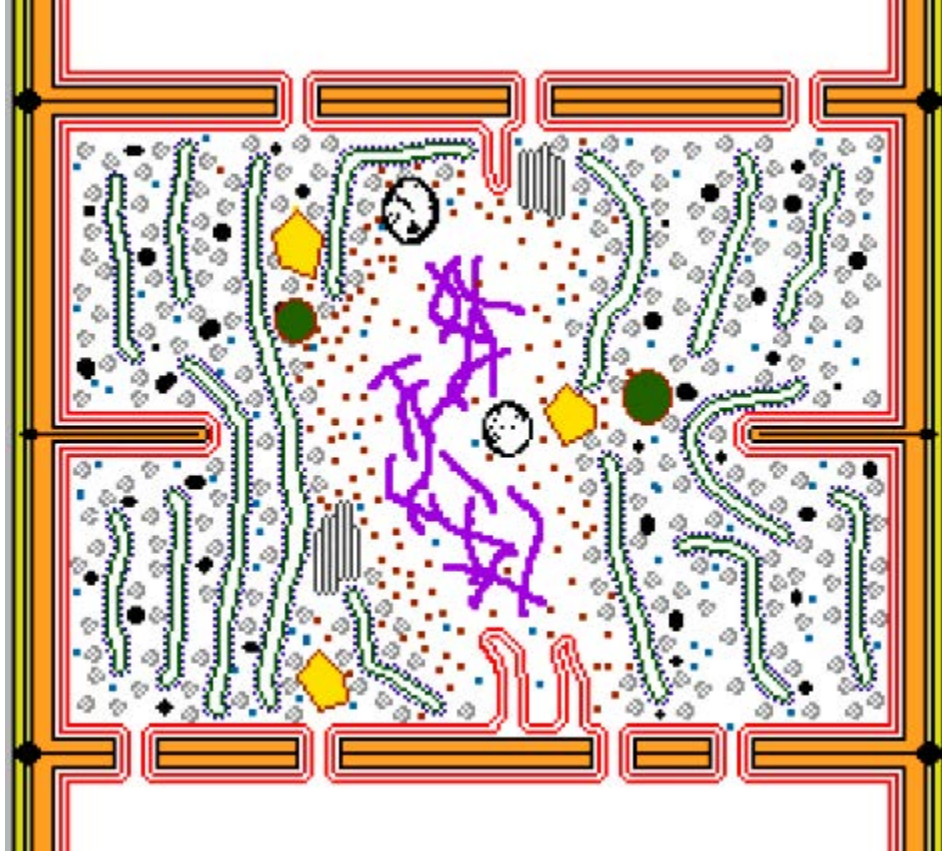
Virüslerin sınıflandırılmasında önem sırasına göre temel olarak kabul edilen özellikleri,;

- (1) Nükleik asit tipi: RNA veya DNA; tek iplikçik veya çift iplikçik.
 - (2) Büyüklük ve morfoloji, ait olduğu simetri tipi, kapsomer sayısı ve zarların bulunuşu.
 - (3) Fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı özellikle etere olan duyarlılığı.
 - (4) Bağışıklık özellikleri.
 - (5) Doğal taşınma yolları.
 - (6) Konakçı ve doku hücrelerine
 - (7) Hastalık etkeni oluşuna göre
- olarak sıralanabilir.

III. 3. Mavi Yeşil Algler

Mavi Yeşil Algler göstermiş oldukları hücre organizasyonları bakımından prokaryot hücre özelliği taşımaktadırlar. Sitoplâzmalarında hem yeşil rengi veren klorofil, hem de mavi renk veren bir renk maddesi vardır. Zarla çevrili organelleri ve zarla çevrili çekirdekleri yoktur. Belirgin bir hücre çekirdekciğinin olmaması ve çok basit olan kromatofor yapısındaki pigmentlerin dağılımı ve prokaryotik hücre özellikleri bakımından diğer alglerden ayrılırlar.

Tatlı sular, deniz suları ve karalarda yayılış gösteren yaklaşık 125 cins ve 2000'in üzerinde tür, Mavi-Yeşil Alg (**Cyanophyta**) bölümü içinde toplanmıştır. Mavi Yeşil Algleri diğer alglerden farklı kılan en önemli özellik, **yapılarının basitliği, nişastalarını kendilerinin sentez etmeleri, heterokist bir yapıya sahip olmalarıdır**. Sahip oldukları pigmentlerle (*klorofil-a*, *betakarotin*, *flavianin*, *Fikosistein*) de karakterize edilirler. Adi ışık mikroskobunda belirgin bir şekilde mavi ve yeşil renkte görülebilirler.



Şekil 26. Mavi Yeşil Alg Hücresi

Mavi Yeşil Algler morfolojik yönden, tek hücreli, koloni ve ipliksi olmak üzere üç grupta toplanırlar. Çoğunlukla ya tek hücreli olarak ya da koloni halinde yaşarlar. Mavi Yeşil Algler de bakteriler kadar küçüktür. Bakterilerden ayırt eden en önemli özellikleri, akuatik ortamda yaşayan türlerinde **gaz vakuollerinin** olmasıdır. Gaz vakuolleri Mavi yeşil alglerin sabit bir şekilde bir yerde kalmayı veya yer değiştirmelerini sağlarlar.

Mavi Yeşil Algler, fotosentez yapabilen canlılardandır. Havadaki moleküler azotu fiske etme yeteneğine sahiptirler. Isıya karşı hoşgöruları oldukça geniştir. Sporla, Eşeyli ve eşeysiz çoğalır. Beslenme istekleri çok basittir. Bir çok ekstrem alanlarda öncü organizma olarak yerleşirler. Hem fotosentez, hem de havadaki azotu fiske etme özelliğine sahip olduklarından, yerleştikleri ekstrem alanları, kendilerinden sonra gelen canlı grupları için yaşanabilir hale getirme özelliği gösterirler.

Geniş bir kılıf içinde tutulan bireysel mavi yeşil alg hücrelerinin bazı türleri koloni veya filamentli yapı oluşturur. Filamentli yapı içinde bazı türlerde hücre duvarındaki gözenekler, hücreler arası madde geçişlerine izin verecek şekilde gelişmiştir. Mavi yeşil alglerin hareketinin nasıl olduğu hala bilinmemektedir. Çok belirgin bir şekilde kamçıları yoktur. Mavi yeşil alglerde hareketin bir türü olan **Kayma** şeklinde hareket görülür.

Mikroskopik incelemede, klorofil içindeki **pikocyanin (mavi)** pigment ile birlikte **fikoeritrin (kırmızı)** vb. diğer pigmentlerin oluşturduğu **mavimsi-yeşil renk** dolayısıyla **Mavi Yeşil Algler** ortak adı ile isimlendirilirler. Mavi yeşil algler bir **"alg patlaması"** sırasında suyun doğal görünümünü büyük ölçüde değiştirilebilir. Alg patlamasında suyun rengi Mavi yeşil alglerin renk pigmentlerinden dolayı her zaman yeşil olarak görülmez. İsviçre Alpleri'ndeki göllerde, *Oscillatoria rubescens* **pikocyanin** yerine aşırı kan kırmızısı **fikoeritrin** ürettiği için **"kırmızı renkli bir alg patlaması"** olduğu da görülmüştür. Benzer nedenlerle de Kızıldenizde de *Trichodesmium erythraceum* periyodik "alg patlaması"na yardımcı olan mavi yeşil alg türüdür. Filamentli mavi yeşil algler, fonksiyon ve yapıları aynı olan hücrelerin bir araya toplandığı ipliksi bir yapı gösterirler.

IV. BÖLÜM: ÖKARYOTİK ORGANİZMALAR

Ökaryotik organizmaları protozoa, mantarlar ve algler oluşturmaktadır. Çekirdeklerinde çekirdek zarı ve diğer bazı organellere sahip olduklarından ötürü bu grup altında toplanmışlardır.

IV.1. Protozoalar

IV.1.1. Genel Özellikleri

Protozoa, Latince kökenli olan **protos= birinci, ilk** ve **zoon= hayvan** anlamı olan ilk **hayvan, 1. Hayvan** manasında olup, ilk başlarda hayvanların en küçük birimi kabul edildikleri için bu isim verilmiştir. Hayvanlar gibi beslenen ve hareket eden mikroskopik organizmaları içerirler. Bitkiler gibi ototrofik olarak da beslenen üyeleri mevcuttur.

Protozoa yapısal olarak çoğunlukla tek hücreli, işlevsel olarak çok hücreli organizmaya benzerler. Çünkü protozoa'da hücrenin kendisi bir organizmadır. Bazı türleri çok basit, bazı türleri ise çok karmaşık bir yapı gösterirler. Dünyada 30.000 den fazla tek hücreli protozoa türü bilinmektedir. Çoğunlukla sulu ortamda (Tatlı ve Tuzlu sularda), nemli topraklarda bir kısmı da diğer canlılarda parazit olarak bulunurlar. Hepsi mikroskopik olmakla beraber büyüklükleri çok farklılık gösterir. **Örneğin, Sporozoa'da Porospoar gigentea** türünde olduğu gibi, 15-16 mm boyunda olan türlere de rastlanmaktadır.

Protozoa'nın sınıflandırılması, vücut içi organelleri ve hareket organellerine göre yapılır. Hemen hemen tüm Protozoa üyeleri hücre duvarına sahip değildirler, aerobik solunum yaparlar ve su olan her yerde bulunabilirler. Kloroplast içeren türler, **fotoototrof** özellik gösterir. Bazıları ise kloroplast içermelerine rağmen organik besinlerle de beslenirler (**Miksotrof**). *Euglena sp.* buna en güzel örnektir. Tatlı sularda yaşayan bir hücrelilerde, **Kontraktil Vakuol** adı verilen boşaltım organeli bulunur. Çevre Mühendisliği uygulamalarında önemli olan bazı protoza üyeleri aşağıda verilmiştir.

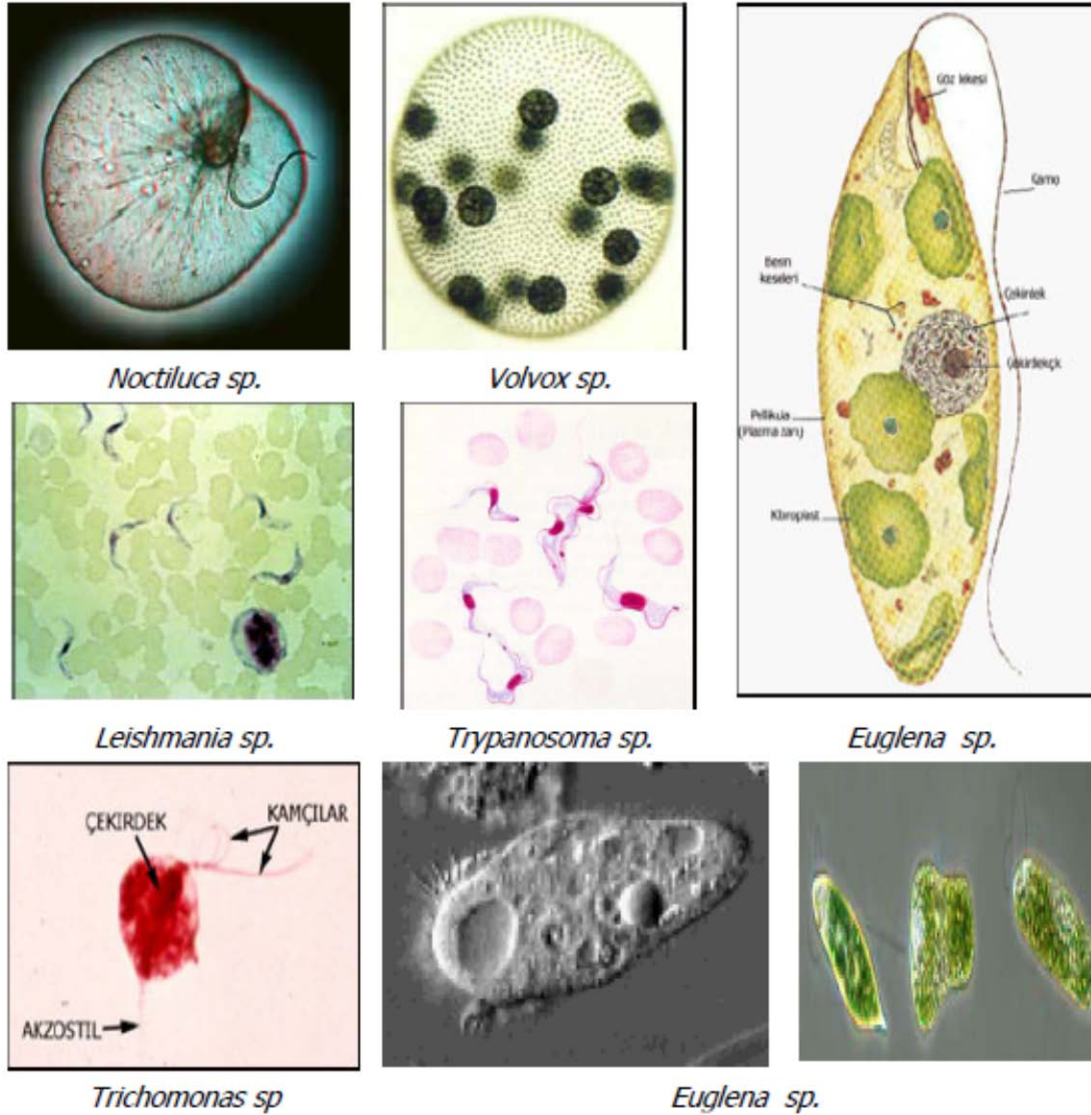
IV.1.2. Sarcomastigophora (Kök Bacak Ve Kamçı Taşıyanlar)

Bu şubenin üyeleri, hareket organeli olarak kök bacak veya kamçı taşırlar. Tümü bir hücreli olan sucul canlılardır. Kamçı veya kök bacak taşımalarına göre, Mastigophora (Kamçılılar) ve Sarcodina (Kök bacaklılar) olmak üzere iki grup altında incelenirler.

IV.1.2.1. Mastigophora (Kamçılılar)

Hareket organeli olarak kamçı taşıyan bir hücreli canlılardır. Bazı türlerde, koloni halinde yaşam da görülebilir. Klorofil taşıyıp taşıyamamalarına göre, 2 sınıfa ayrılırlar. Bu sınıfın üyeleri, kamçı ile hareket ederler ve klorofil taşırlar. Sucul ortamların primer üreticileri bu canlılardır. Boyuna ikiye veya çok parçaya bölünebilmelerinin yanında, eşeyli çoğalan cinsler de bulunur (*Volvox sp.*). Bu sınıfın **Dinoflagellata** takımından *Ceratium* ve *Noctiluca* cinsleri içerdikleri **ksantofil** pigmenti nedeniyle **red-tide** görüntüsüne sebep olur. *Euglena sp.* türü ise, kloroplast taşımasına rağmen, dışarıdan organik besin alarak **heterotrofik** yani **miksotrof** beslenme özelliği de gösterir.

Bu sınıfın takımları ve bu takımlara ait en iyi bilinen cinsleri, *Ceratium*, *Gymnodium*, *Noctiluca*, *Euglena*, *Paranema*, *Volvox*, *Pandorina*, *Chlamydomonas* oluşturur.



Şekil 27. Bazı Protoza Türleri

Dinoflagellata takımı Protozoaların kamçılı üyelerini oluştururlar. Bu takımdaki türlerin vücutları ovalimsi, küresel veya uzun olur. Genellikle türler radyer simetrlili olup, bilateral simetrlili olanlarla, gayri muntazam tiplere de rastlanır. Şekillerini belirleyen vücut yüzeyleri pelikula adı verilen bir örtü ile kaplıdır. Bazı türlerde jelâtin, silisyum dioksit veya selülozdan kabuk, evcik veya zırh meydana getirirler.

Pelikulası tabakası ince olan veya pelikula bulunmayan türler, vücut şekillerini değiştirme özelliğine sahiptirler. Kamçıda, bir eksen kısmı ile bunu saran ince bir sitoplâzma tabakası yer alır. Türlerin tayininde kamçıların çıkış noktaları belirleyici olur.

Bu sınıfının üyeleri **parazit** olarak yaşarlar veya **simbiyont** olabilirler. Bazı türler, böceklerin bağırsaklarında simbiyont yaşayarak, selüloz sindirimine yardımcı olur. Parazit olarak yaşayan bazı önemli protozoa türleri,

Leishmania tropica: Şark çıbanı etkenidir. Sivrisinekler ile taşınır.

L. brucei: Kala-azar hastalığı etkenidir. Sivrisinekler ile taşınır.

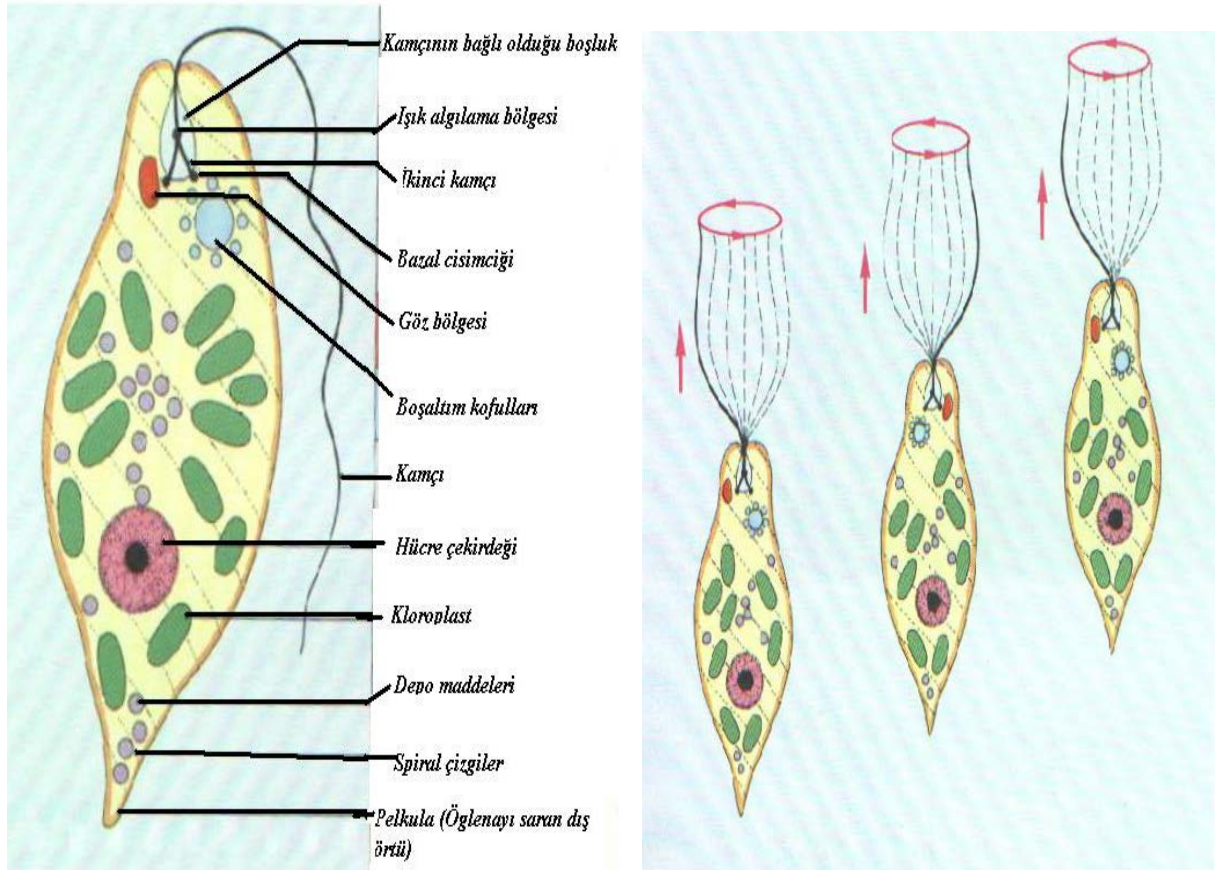
Trypanosoma gambiense: Uyku hastalığı etkenidir. Çeçe sineği ile taşınır.

IV.1.2.2. Sarcodina (Kök bacaklılar)

Sarcodina (Kök bacaklılar) kısmında yer alan canlılar, hareket organeli olarak kök bacaklar taşırlar. Besin, pseudopod_yardımlıyla ve fagositoz yolu ile alınır. İçeriğine ve şekline göre, başlıca 4 kök ayak tipi görülür:

- 1. Lobopod:** Lob şekillidir ve hem ektoplazma hem de endoplazma içerir.
- 2. Filopod:** İplik şeklindedir ve sadece ektoplazma içerir.
- 3. Retikülopod:** Ağ şeklindedir ve sadece ektoplazma içerir.
- 4. Aksopod:** İğne şekillidir ve **mikrotübül** içerir.

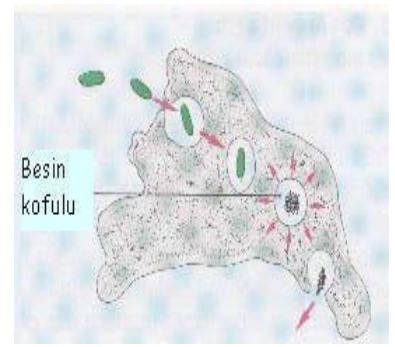
Bu sınıfta yer alan ***Mastigamoeba*** cinsi, kamçılılar ve amipler arası geçiş formu olarak kabul edilir. Hem yalancı ayak (pseudopod) hem de kamçı taşır. Bir kök bacaklı olan ***Entamoeba histolytica***, **ampli dizanteri**, **kanlı ishal** etkenidir. Bu sınıf içinde yer alan **Foraminifera** takımına ait canlıların kabukları **CaCO₃** içerir. Bu tip kabuklar su tuttuğu için, petrol muhafaza eder. Petrol aramalarında, bu canlıların kabuklarının varlığına bakılır. **Radiolaria** takımında ise, kabuk **SiO₂** veya **SrSO₄** içerir ve bu canlıların kabuklarının birikimiyle **Chert-Quartz kayaçları** oluşur.



Amoeba sp.



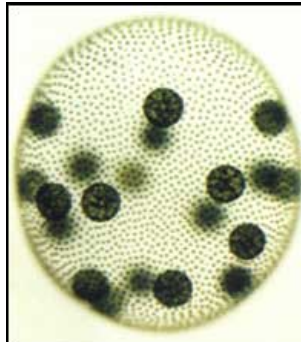
Entamoeba sp.



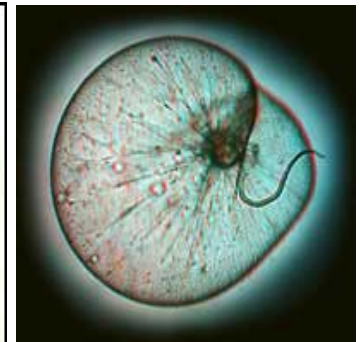
Amoeba sp.



Euglena sp.



Volvox sp.



Noctiluca sp.

Şekil 28. Bazı Protozoa Üyelerine Örnekler

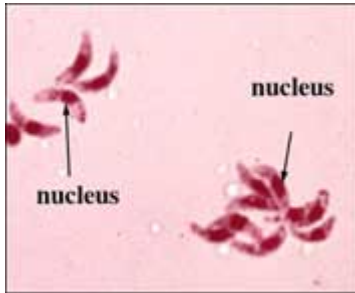
IV.1.2.3. Endoparazitik protozoa üyeleri

Bazı protozoa üyeleri **endoparazitiktir**. Bu canlıların hareket organelleri, sadece bazı hücre arası evrelerde belirgindir. Üremeleri, uzantı taşımayan **sporlar** veya **oocyst** ile gerçekleşir. Bazı önemli **Endoparazitik** protozoa üyeleri, **Örneğin;**

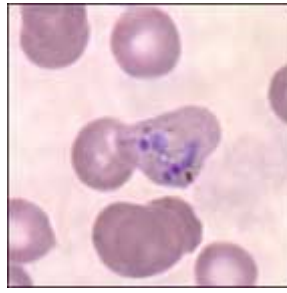
Toxoplasma gondii: Kedilerin bağırsak dokusunda bulunur. İnsana geçmesi halinde, kısırlık veya düşük nedenidir.

Plasmodium vivax: Sıtma etkenidir.

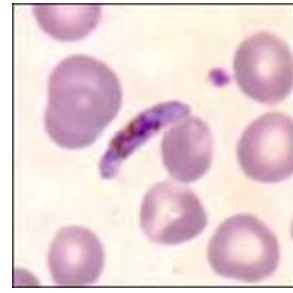
Plasmodium falciparum: En yaygın kötü huylu malarya (sıtma) etkenidir. 48 saatte bir, sıtma nöbetleri görülür.



Toxoplasma gondii



Plasmodium vivax

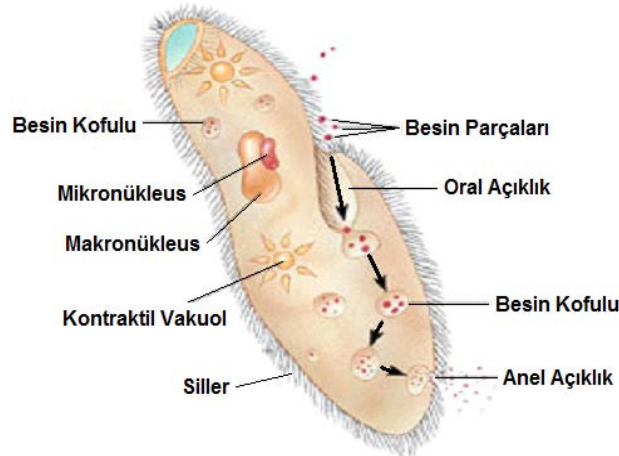


Plasmodium falciparum

Şekil 29. Endoparazitik Protozoa Örnekleri

IV.1.2.4. Ciliophora (Silliler)

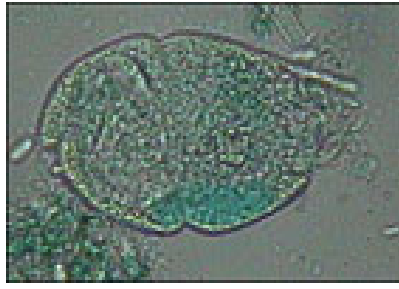
Ciliophora (Silliler) Protista grubunun en gelişmiş üyelerini oluşturur. Hücrelerinde üremeden sorumlu çok sayıda **mikronükleus** (küçük) ve metabolizmadan sorumlu tek bir makronükleus (büyük) bulunur. Mikronükleus mitotik bölünür, makronükleus ise amitotik bölünür. Sillilerde bulunan protein yapıdaki zara "**pelikula**" adı verilir ve pelikulanın kalınlığı, türlere göre değişkenlik gösterir. Boşaltımdan, **kontraktıl vakuol** sorumludur.



Şekil 30. *Paramecium ssp.* Şematik Hücre Yapısı



Paramecium sp.



Entodinium sp.



Vorticella sp.



Euglena sp.



Clathrulina elegans (Amip)

Şekil 31. Bazı Protozoa Üyelerine Örnekler

IV.2. Algler (Chromista)

IV.2.1. Giriş

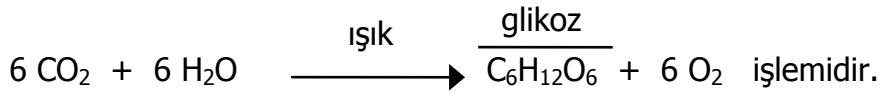
"Chromista" kelimesi, "renkli" anlamına gelmektedir. Ancak, bu grubun içinde bulunan küfler gibi bazı canlılar, renksizdir. Alglerin büyük çoğunluğu fotosentetik olmasına karşın, bitkiler alemiyle yakın akraba değildir. Çünkü bitkilerin aksine klorofil-c taşırlar ve sentez ürünlerini nişasta formunda depolamazlar. Kloroplastları, sitoplâzma içerisinde serbest olarak değil, granüler endoplazmik retikulum üzerinde bulunur. Ayrıca, klorofile ek olarak, bitkilerde bulunmayan başka pigment maddeleri de taşırlar. Çeşitli gruplara özel renkleri de, bu pigment maddeleri verir. Bitkilerdeki gövde elemanlarına benzeyen, ancak damar (vasküler) dokusu taşımayan, özelleşmemiş vücut bölümlerine "tallus" adı verilir.

Fotosentetik algler, sucul ortamların birinci derecedeki üreticileri oldukları için, çok önemlidir. Alglerin bir diğer önemi de, birçok sucul canlıının besin kaynağını

oluşturmalarıdır. Ayrıca, çeşitli endüstri alanlarında kullanılan bazı hammaddeler de, yine alglerden elde edilmektedir. Yaşamı sona eren alglerin dış iskeletleri, dibe çökerek, denizel kayaların yapısına katılır.

IV.2. 2. Genel Özellikleri

- ✓ Ökaryotik canlıların en önemli grubudurlar.
- ✓ En çok su kaynaklarında, bilhassa içme suyu kaynaklarında, su-zemin kesitinde, su kenarında ve nemli yüzeylerinde yaşarlar.
- ✓ Su ortamındaki algler, ya serbest yüzen plankton, veya planktonik organizma, fitoplankton olarak; ya da bir yere tutunmuş şekilde bentik, fitobentik olarak bulunurlar.
- ✓ Bütün algler güneş ışığından enerji alan ve bu enerjiyi absorblayabilen renk pigmentlerine sahiptirler. Bu pigmentler alglerin karakteristik özelliklerini sınıflandırılmalarını sağlar.
- ✓ Diğer prokaryotik ve ökaryotik canlılardan ayıran en önemli özelliği fotosentez yapabilmeleridir.
- ✓ Fotosentez basit olarak;



- ✓ Algler ile Mavi-yeşil algler arasındaki en önemli fark, aglerin nükleus zarına sahip olmalarıdır.
- ✓ Algler su ortamının ilk üreticileridir. Suyun oksijen dengesini ayarlarlar.
- ✓ Bakterilerle ortak yaşam şekilleri vardır.

Algler bentik ortamdaki tutunma şekillerine göre farklı isimler alır.

- * Kayalara tutunmuş olarak yaşayan alglere EPİLİTİK,
- * Bitkilere tutunmuş olarak yaşayan alglere EPİFİTİK,
- * Kumlara tutunmuş olarak yaşayan alglere EPİSAMMİK,
- * Çamurlara tutunmuş olarak yaşayan alglere EPİPETİK

adları verilir.

Üremeleri, ikiye bölünme, tomurcuklanma, ana bitkinin büyümesi, spor hücrelerinin ya da eşey hücrelerinin üretilmesi şeklinde gerçekleşir.

IV.2.3. Morfolojik Özellikleri

Algler, gerek yapısal olarak gerekse de dış görünüşleri bakımından oldukça farklı görünümündedirler. Yapısal olarak gelişmiş hücre tipine sahiptirler Dış görünüşleri bakımından tek hücreli ve iplikli formlardan karışık olarak gelişmiş bireylere kadar değişik biçimlerde gözlenebilmektedirler.

Algler su ortamında 2 µm çaplı basit hücreler şeklinde olabileceği gibi, denizlerde boyları birkaç metreye ulaşan çok hücreli türlere de sahiptirler. Alglerin morfolojik aralığı çok geniş olup, 5 ana grupta toplanırlar. Bunlar;

GRUP ADI	ÖZELLİĞİ	ÖRNEK
Tek Hücreli Algler	Hareket etmeyenler	<i>Ankistrodesmus sp.</i>
	Flagella ile hareket edenler	<i>Navicula sp.</i>
	Müsilaj çıkararak hareket edenler	<i>Diathome sp.</i>
Koloni halindeki Algler	Hareket etmeyenler	<i>Scenedesmus sp.</i>
	Hareketli olanlar	<i>Volvox sp.</i>
Flamentli Algler	Dallanmış olanlar	<i>Zygnema sp.</i>
	Kompleks filamentli olanlar	<i>Lemanea sp.</i>
Koenotik Algler	Filamentsiz dokulu olanlar	<i>Vire sp.</i>
Parankima Algler (filamentsiz dokulu)	Çok hücreli yapı gösterenler	<i>Cladophora sp.</i>

IV.2.4. Alglerin Çevresel İstekleri

Algler çevre faktörlerine karşı çok hassastırlar. Çevre faktörler, ne karşı hemen müspet veya menfi tepkilerini gösterirler. Özellikle, uygun besi maddesi ile yeterli ışık ve sıcaklık olduğunda çok hızlı bir şekilde büyüme gösterirler. Alglerin yaşantısını etkileyen önemli çevresel faktörleri aşağıda verilmiştir.

Işık: Alg yaşantısını etkileyen çevresel faktörlerin ilkidir. Alg büyümesi uygun dalga boyunda (400-700 nm) güneş ışığında gerçekleşir. Uygun dalga boyu ışık olmadan alg büyümesi mümkün değildir. Alg büyümesi için zorunlu olan ışık şiddeti, günlük, mevsimsel ve bölgesel değişiklikler gösterir. Su yüzeyinin mavi veya yeşil görünmesi, ışığın dalga boyuna ve su içerisinde absorblama kapasitesine bağlıdır.

Su ortamı, fotosentez olayının devam ettiği fôtik ve fotosentez olayının devam etmediği öfôtik bölge olmak üzere iki kısma ayrılır. Bu iki bölgenin ara derinliği ışık dengeleme seviyesi olarak bilinir. Bu derinlikte fotosentez solunuma eşittir. Su derinliği ışığın nüfuz derecesine göre alg yaşantısı için çok önemlidir.

Algler ışık şiddetine ve ışık rengine göre reaksiyon gösterirler. Her bir alg türünün kendisine özgü optimum bir ışık şiddeti ve dalga boyu vardır.

Besi Maddesi: Algler, ototrof organizmalar olduklarından inorganik elementlerin yanında, esas itibarı ile karbon, azot ve fosfora ihtiyaç duyarlar. Karbon ihtiyaçları karbonat, karbondioksit, bikarbonatlar ve organik bileşiklerden karşılanır. Karbon su ortamında çevre şartlarına bağlı olarak CO_2 , HCO_3 ve CO_3 halinde bulunur. Algler fotosentez için genellikle serbest CO_2 tercih etmekle beraber bikarbonatları kullanabilen birçok alg türü de mevcuttur. Karbonun değişik formlarda bulunması, suyun pH na da bağlı bir olaydır.

Genel olarak alglerin büyük bir çoğunluğu azotu, nitrat, amonyum tuzları ve nitrit olarak alırlar. Serbest azotu Prokaryotik Mavi Yeşil Algler hariç kullanabilen alg türleri çok azdır. Diğer şartlara da bağlı olmakla beraber, Alg büyümesi için **0,2 mg/l azot** yeterli olabilmektedir. Alglerin çözünmüş fosfor veya fosfat olarak kullandıkları fosfor, alg büyümesi için sınırlayıcı bir besi maddesidir. Algler **20 µg** hatta bunun altında da **fosfor** bulunduğu anda büyüme özelliklerini faaliyete geçirebilmektedirler.

Silis ve diğer mineral maddeler, Örneğin, kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, demir vb. maddeler) algler için çok önemli elementlerdir. Silis bazı alg türleri (örneğin diatomlar için) esas elementtir. Kalsiyum hücre duvarları ve stoplazma zarları yapımı için vazgeçilmez bir elementtir. Magnezyum ise, klorofilin yapısında yer alan bir madde olması dolayısıyla renk pigmentleri için çok önemlidir. Potasyum ve sodyum alg hücresinde belli bir oranda mutlaka yer alan elementlerdendir. Keza demir de, fotosentez ve solunum olayında rol oynayan diğer önemli bir iz elementtir.

Algler fotosentez esnasında su ortamına oksijen kazandırılırsa da su ortamındaki mevcut oksijen konsantrasyonuna karşı algler çok hassasiyet gösterirler.

Sıcaklık: Sıcaklık etkisi Algler üzerinde; alg büyümesini ya doğrudan veya dolaylı olarak gösterir. Doğrudan etki alg hücreesindeki enzimler ve diğer organik maddeler vasıtasıyla görülür. Sıcaklığın dolaylı olarak meydana getirdikleri etki ise, suda sıcaklık tabalaşması meydana getirerek besi çevrimine engel olması şeklinde görülür.

pH: Algler üzerinde büyük etkiye sahip diğer önemli çevresel faktörlerin başında pH gelmektedir. pH su ortamında CO₂-Bikarbonat-Karbonat dengesi üzerine tesir etmektedir. Bu da alg türlerinin dağılımı ve tür farklılığını belirler.

IV.2.5. Alglerin Ekolojik Ve Ekonomik Önemleri

Algleri bulundukları sistem içerisindeki etkilerini bu şekilde belirttikten sonra insanlar için ekonomik anlamda sağladıkları katkılara kısaca değinmek gereklidir.

- a) Besin maddesi olarak:** Çoğunluğu Phaeophyceae ve Rhodophyceae olan 100'den fazla tür içerdikleri protein, karbonhidrat, vitamin ve minerallerin varlığından dolayı dünyanın çeşitli yerlerinde insanlar tarafından besin kaynağı olarak kullanılırlar.
- b) Agar:** Kırmızı alglerin hücre duvarlarında bulunan, jelimsi bir özelliğe sahip olan bir polisakkarittir. Bazı algler ve bakterilerle ve birçok fungus'un kültürü için laboratuarda hazırlanan farklı kültür ortamlarında temel olarak kullanılır. Ayrıca önceden hazırlanmış yiyeceklerin paketlenmesi, kabızlığın tedavisi, kozmetik, deri, tekstil ve kâğıt endüstrilerinde kullanılmaktadır (Sharma, 1986).
- c) Carrageenin:** Kırmızı alglerin hücre duvarlarından elde edilen başka bir polisakkarittir. Bu madde mayalama, kozmetik, tekstil, boya, endüstrilerinde ve tıp alanında kan pıhtılayıcısı olarak kullanılmaktadır.
- d) Alginatlar:** Alginat türevleri ve alginik asit, kahverengi alglerin hücre duvarlarından elde edilen bir karbonhidrattır. Alginatlar kauçuk endüstrisi, boyalar, dondurma, plastik dondurucularda kullanılıyorlar. Ayrıca kanamaları durdurmak için alginik asit kullanılıyor.
- e) Funori:** Kırmızı alglerden elde edilir. Kağıt ve elbiseler için yapıştırıcı olarak kullanılır. Kimyasal olarak sülfat ester grubu'nun içermesi dışında agar-agar'a benzerler.
- f) Mineral Kaynağı Olarak:** Bazı yosunlar demir, bakır, manganez, çinko bakımından zengin kaynaklardır.
- g) Hayvan Yemi Olarak:** Phaeophyceae, Rhodophyceae ve bazı yeşil algler besin kaynağı olarak birçok hayvan yemi için kullanılır. Bunun yanı sıra Protozoa, Crustacea'ler, balıklar ve diğer sucul canlıların en büyük besin kaynağı planktonik alglerdir.

- h) Diatomite:** Diatomite, diatomların hücre duvarı materyalidir. Diatom kabuklarının üst üste birikmesiyle geniş yüzey alanları oluştururlar. Diatomite'ler, şeker rafinerisi ve bira sanayisi, ısı yalıtımı, temizleme sanayi, cam bardak fabrikaları'nda kullanılırlar.
- i) Gübre Olarak:** Dünyanın birçok sahil yöresindeki yosunlar, fosfor, potasyum ve bazı iz elementlerin varlığından dolayı gübre olarak kullanılırlar.
- j) Antibiyotikler:** Chlorellin adındaki bir antibiyotik, yeşil alglerden olan Chlorella'dan elde edilir. Ayrıca gram negatif ve gram pozitif bakterileri karşı efektif olan bazı antibakterial maddeler *Ascophyllum nodosum*, *Rhodomela larix*, *Laminaria digitata*, *Pelvetia* ve *Polysiphonia*'nın bazı türlerinden elde edilmektedir. Bunların yanısıra kahverengi ve diğer alglerden elde edilen bir çok ilaç tıp alanında kullanılmaktadır.
- k) Atıksuların Arıtılmasında:** Evsel ve endüstriyel kaynaklardan gelen atıksular, çözünmüş yada askıdaki organik ve inorganik bileşikleri içerir. Bu tip atıksular havuzlarda algler yardımıyla arıtma işlemine tabi tutulur. Bu arıtma esnasında gerekli oksijen bazı algler tarafından sağlanır. Ayrıca, azot ve fosforlu bileşiklerin arıtılmasında algler önemli bir rol oynarlar.

IV.2.6. Alglerin Sınıflandırılmaları

Ökaryotik algler, taşıdıkları renk maddeleri (pigmentler) temel alınarak yapılan sınıflandırmalara göre 9 farklı Phylum (Şube) altında toplanmaktadır.

1. Phylum (Şube): Pyrrophyta (=Dinophyta) (Ateş rengi Algler)
2. Phylum (Şube): Chrysophyta (=Chromophyta) (Altın rengi Algler)
3. Phylum (Şube): Silicoflagellata
4. Phylum (Şube): Sagenista (Balçık Algleri)
5. Phylum (Şube): Chlorophyta (Yeşil Algler)
6. Phylum (Şube): Phaeophyta (Kahverengi Algler)
7. Phylum (Şube): Rhodophyta (Kırmızı Algler)
8. Phylum (Şube): Oomycota (=Mycophyta) (Su Küfleri, Algsi Mantarlar)
9. Phylum (Şube): Haptophyta (=Prymnesiophyta)

IV.2.6.1. Pyrrophyta (=Dinophyta) Ateş Rengi Algler

Bazı kaynaklarda, Protozoa altında, **Phytomastigophora** sınıfı altında da incelenen **Dinoflagellata** takımı, yapılarında 2 adet kamçı taşıyan, bir hücreli organizmalardır. Bu kamçılardan birisi hücrenin merkezinde, diğeryse arka ucunda konumlanmıştır. Türlerin yaklaşık yarısı, plazma zarının hemen altında **selüloz** yapıda bir kalkana sahiptir. Çoğu

türler yapılarında **klorofil-a** ya da **klorofil-c** bulundurmaları nedeniyle fotosentetik özelliktedir. Fotosentez ürünleri, yağlar ya da nişasta formunda depolanır. Renksiz olan türler, **heterotrof** ya da **parazit** olarak beslenirler. **Karotenoid** taşıyan bazı türlerin sularda aşırı derecede çoğalması, "**Red Tide-Kırmızı Kuşak**" adı verilen oluşumlara neden olur. Diğer alg gruplarından farklı olarak, hücrelerin dışında "**theca**" adı verilen bir koruyucu yapı bulunur. Sularda serbest halde yüzebilen bu canlıların kloroplast, mitokondri ve Golgi gibi yapılara sahip olmaları nedeniyle, Protozoa altında sınıflandırılmaları, çoğu yerde daha uygun görülmektedir.

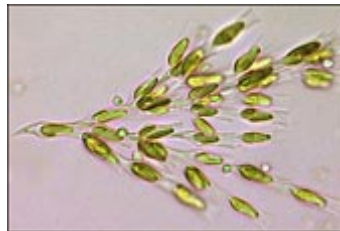
Üreme genellikle eşeysizdir. Çoğu tür, sucul canlılara besin sağlayan planktonlardır. Bazı türler de, deniz suyu yüzeyinde yakamoz görüntüsüne neden olurlar.

IV.2.6.2. Chrysophyta (=Chromophyta) Altın Sarısı Algler

Bu grubun en iyi bilinen üyeleri, diatomlardır (**Bacillariophyceae**). Tatlı suların en yaygın türlerini içeren bu şubenin üyelerinin büyük çoğunluğu fotosentetiktir. Zooplanktonların birinci dereceden besinleri olmaları nedeniyle, sucul sistemlerin önemli bileşenleri sayılırlar. Çoğu bir hücreli ve serbest yüzücüdür, ancak ipliksi (**filamentöz**) ve farklı şekillerde koloni formları da bulunur. Sıklıkla tatlı sularda, ender olarak da denizlerde yaşarlar. Yapılarında **klorofil-a** ve **klorofil-c**, **fukoksantin** pigmenti ve birbirinin benzeri olmayan iki adet de kamçı bulunur. Fotosentez ürünleri, kahverengi alglerde olduğu gibi **laminarin** ya da **chrysolaminarin** halinde depolanır. Kamçılı yada kamçısız sporlarla, eşeysiz ürerler. Bu sporlar, "**kist**" adı verilen, silis içerikli ve sert ortam koşullarına dayanıklı hücreler içerisinde oluşur.

Çoğu bilim adamı tarafından karışık bir şube olarak nitelendirilen altın sarısı alglerin alt grupları da, sıklıkla ayrı şubeler olarak incelenmektedir. Burada, bu grupların tamamı da altın sarısı algler altında verilecektir.

1. Sınıf: Chrysophyceae: Bazı türlerinde göz noktası bulunur.



Dinobryon spp.

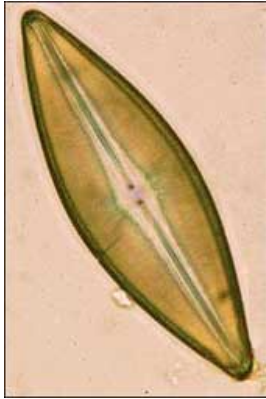


Uroglena spp.

Şekil 32. Bazı Altın Sarısı Alg Türleri

2. Sınıf: Bacillariophyceae (Diatomlar) : Silis içerikli hücre duvarlarının 2 kapaklı bir kutuya benzemesi karakteristiktir. Eşeyli ürerler ve erkek üreme hücreleri dışında kamçı taşımazlar

3. Sınıf: Xanthophyceae (Sarı-Yeşil Algler): Bu şubenin üyeleri, sıklıkla tatlı sularda yaşayan, **karotin** ve **heteroksantin** pigmentleriyle, **klorofil-a** ve **klorofil-c** taşıyan fotosentetik canlılardır. Denizlerde, nemli topraklarda ya da ağaç gövdelerinde yaşayan türleri de vardır. Canlının içinde üretilerek, eski hücre duvarının yırtılmasıyla dışarı bırakılan sporlar, kamçılı ve yüzen tipte (**zoospor**) ya da kamçısız (**aplanospor**) tipte olabilir. Bitkiler aleminde bulunan köklere benzer yapılar, ilk defa bu grupta, Botrydium cinsinde görülür.



Navicula spp.



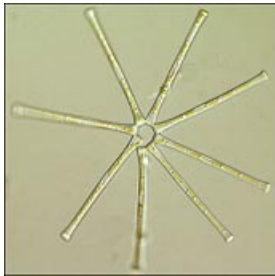
Pinnularia spp.



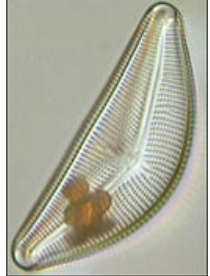
Tabellaria spp.



Amphora spp.



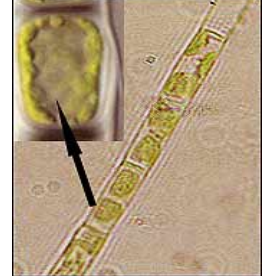
Asterionella spp.



Cymbella spp.



Vaucheria spp.



Tribonema spp.

Şekil 33. Bazı Alg Türleri

IV.2.6.3. Silicoflagellata

Bu şubenin üyeleri, hem fotosentetik hem de **heterotrofik** olabilen, denizel alglerdir. Bazı kaynaklarda, **Chrysophyta** şubesi altında incelenirler. Silis yapıdaki iç iskeletleri, radyolaryalara benzemekle birlikte, onlardan çok daha basit yapılıdır. Denizel tortularda bulunan silis kayaçlarının oldukça küçük bir bölümü, bu canlıların iskelet kalıntılarından oluşur. Okyanuslarda geniş bir dağılıma sahiptirler (**Örnek; Dictyocha spp.**).

Ökaryot yapıdaki kamçıları (**undulipodium**), hareket organelleridir. İskeletlerinde ayrıca, batmalarını engelleyen dikenler bulunur. Üremeleri eşeysiz tiptedir.

IV.2.6.4. Sagenista (Balçık Algleri)

Bazı kaynaklarda, Chrysophyta şubesi altında incelenirler. Tamamı heterotroftur. Temelde hepsi bir hücrelidir, ancak bir kısmı koloniler halinde yaşarlar. En önemli ortak özellikleri, birbirinden farklı iki adet kamçı içerdikleri bir yaşam evresi geçirmeleridir. Şubenin üyeleri, 2 ana grup altında incelenir.

- 1. Sınıf: Bicoecia:** Yakın zamanda tanımlanan ve henüz çok detaylı olarak çalışılmamış, küçük bir gruptur. Parazitik olarak yaşayan bir hücrelilerden oluşur. (Örnek, *Cafeteria roenbergensis*).
- 2. Sınıf: Labyrinthulomycota:** Önceleri mantarlar alemi altında incelenmiş, daha sonra Chromista altına alınmıştır. Yosunlar üzerinde öldürücü etki yapan bir hastalığa neden olurlar. Yapılarında yer alan ve "**bothrozo**" adı verilen organel, hücrelerin dışına bir zar salgılar. Bu zarlar, üzerinde hücrelerin hareket edebileceği bir iplikçi ağ oluşturur.



Şekil 34. *Zostera spp.* Alg Türleri

IV.2.6.5. Şube: Chlorophyta (Yeşil Algler)

Hem tatlı hem de tuzlu sularda yaşayabilen, bir ya da çok hücreli organizmalardır. Birçok bilim adamı tarafından, bitkiler âlemindeki türlerin atası kabul edilirler. Farklı şekillerde kloroplastları, **klorofil-a** ve **klorofil-b** taşır. Fotosentez ürünleri, yağlar ve nişasta şeklinde depolanır. Doku düzeyinde farklılaşma kazanmamışlardır. **Karotenoid** ve **ksantofil** pigmentlerine sahiptirler.

Yaşama ortamları ve yaşam şekilleri, büyük çeşitlilik gösterir. Büyük çoğunluğu sucul olmasına karşın, kar üzerinde, ağaç gövdelerinde ya da toprakta **simbiyotik** yaşayan

türleri de vardır. Mantarlar âleminin üyeleriyle birleşerek likenleri meydana getirirler. Yaşam evrelerinde, **döl almaşı** görülür. (**Döl değişimi**: Eşeyli ve eşeysiz üremenin birbirini takip ettiği üreme sistemi, döl almaşı, metagenez.)

- 1. Sınıf: Chlorophyceae:** Çok sayıda tür içeren, kalabalık bir sınıftır. Koloni halinde yaşayan bazı üyeler, protozoa altında Phytomastigophora grubu dâhilinde de incelenen kamçılılardır. Bazı türlerinin hücre duvarlarının yapısında bulunan kalsiyum bileşikler, denizel kayaların yapısına katılır.
- 2. Sınıf: Conjugatophyceae (Kavuşur algler):** Sıklıkla tatlı sularda, nadiren de denizlerde yaşayan, bir hücreli ya da iplikli yapıdaki alglerdir. Her hücrede en az bir kloroplast bulunur. Kloroplastlar farklı şekillerde olabilir. Eşey hücresi görevindeki hücrelerin, karşılıklı geçerek sitoplâzmalarını birbirlerine aktarmaları (kavuşma) yoluyla, eşeyli üreme görülür. Hücre bölünmesiyle eşeysiz üreme de görülür.
- 3. Sınıf: Charophyceae (Su şamdanları):** Katlı şamdanları andıran görüntüleri nedeniyle bu adı almışlardır. Tatlı ve acı sularda yaşarlar. Hücreleri küre şeklindedir ve bol kloroplast içerir. Selüloz yapıdaki hücre duvarlarına, bazı türlerde kireç toplanmıştır. Ana gövdenin "nod" adı verilen bölümlerinde oluşan yumruların çimlenmesiyle ürerler.



Gonium spp.



Pandorina spp.



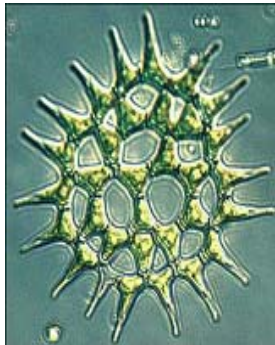
Ulothrix spp.



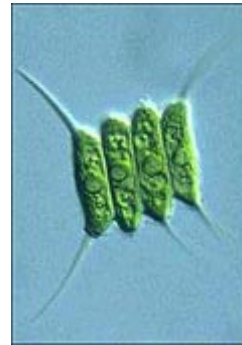
Acetabularia spp.



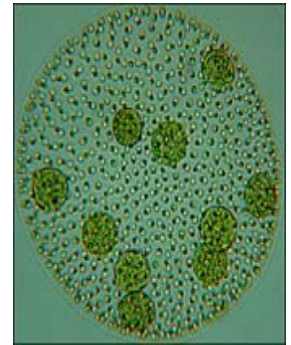
Ulva lactuca (deniz marulu)



Pediastrum spp.



Scenedesmus spp.



Volvox spp.

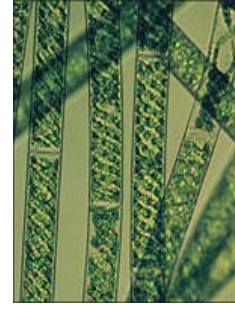
Şekil 35. Bazı Yeşil Alg Türleri



Cosmarium spp.



Closterium spp.



Spyrogyra spp.

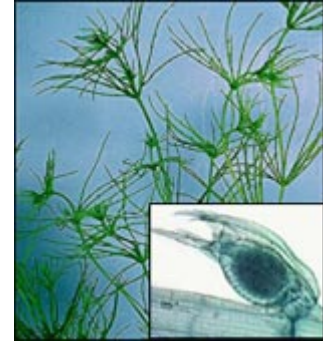
Şekil 36. Bazı Kavuşur Alg Türleri



Halimeda spp.



Nitella spp.



Chara spp.

Şekil 37. Bazı Su Şamdanı Alg Türleri

IV.2.6.6. Phaeophyta (Kahverengi Algler)

Kahverengi algler ya da esmer su yosunları, 30 metreye ulaşabilen boylarıyla, en iri yapılı alglerdir. Ancak tropik denizlerde bulunan türlerinden bazıları, mikroskobik boylarda da olabilir. Neredeyse tamamı denizeldir. Kayalık sahillerde, sıklıkla soğuk ve ılıman sularda yaşarlar. Tropik bölgelerde yaşayan kahverengi alg sayısı azdır. Yaşam döngülerinde, eşeyli ve eşeysiz üremenin birbirini takip ettiği bir "**döl almaşı**" görülür.

Fotosentez yapan kara bitkilerinde bulunan *klorofil-a*'ya ek olarak "*klorofil -c*", kloroplasta ek olarak da "**fukoksantin**" pigmentini taşırlar. Kendilerine özgü olan renkleri, fukoksantin pigmenti tarafından oluşturulur. Bitkilerden bir diğer önemli fark, kahverengi alglerin fotosentez ürünlerinin nişasta olarak değil, **manitol** (manik asit alkolü), **laminarin** (bir polisakkarit), **algin** (musilajlı bir madde) ve yağ olarak depolanmasıdır. Kök, gövde ve yaprak gibi yapıların oluşumuna ek olarak, ileri yapılı bazı türlerde meristem benzeri dokulaşma ve özelleşmiş bazı hücreler görülür. Birçok deniz

canlısına besin ve yumurtaları için korunak sağlarlar. Besin değeri açısından zengin olmaları nedeniyle, besin endüstrisinde de kullanılırlar.



Fucus spp.



Ectocarpus spp.



Dictyota spp.



Sargassum spp.



Macrocystis pyrifera



Turbinaria spp.

Şekil 38. Bazı Kahverengi Alg Türleri

IV.2. 6.7. Rhodophyta (Kırmızı Algler)

Büyük çoğunluğu denizlerde yaşayan ve kırmızı renkli fikoeritrin pigmentiyle karakterize olan alglerdir. Tatlı sularda ve toprakta yaşayan az sayıda türü vardır. Pigment yapıları ve zar tipleri bakımından, mavi-yeşil alglerle yakın akraba kabul edilirler. Kırmızı alglerin en önemli özelliklerinden birisi, hiçbir hücrenin kamçı taşımamasıdır.

Yaprak şeklinde gelişmiş **tallusları** bulunur. Bazı türlerinde, hücre duvarlarında kalsiyum karbonat depolanır. Bu türlerden oluşan resifler, dalgaları keserek, içlerinde yaşayan canlılara korunak sağlar. Bazılarının pektin yapılı hücre çeperlerinden "**agar agar**" adı verilen polimer yapılı musilaj elde edilir. Besin ve ilaç endüstrisinde kullanılan türleri de vardır. Karmaşık yaşam döngüleri, 3 evre içerir ve döl almaşı görülür.



Porphyra spp.



Chondrus spp.



Gracilaria spp.



Gelidium spp.

Şekil 39. Bazı Kahverengi Alg Türleri

IV.2. 6.8. Oomycota (=Mycophyta) (Su Küfleri, Algsi Mantarlar)

Oldukça kalabalık bir gruptur. Klorofil taşıyamaları nedeniyle besinlerini dışarıdan almak, ya da başka bir canlı (bitki ya da hayvan) üzerinden asalak şekilde beslenmek zorun da olan, kamçılı tek hücrelilerdir. Bu nedenle bu canlılar, çürüyen organizmaların ayrıştırılmasında önemli rol oynar. Şubenin ismi, dişi eşey hücrelerinin içinde bulunduğu "**oogonia**" adı verilen yapılardan gelir. Eşeyli ve eşeysiz üreme görülür. Misellerden oluşan tallusları, esas yapı elemanlarıdır.

İpliksi yapıları, **hif** adı verilen yapıları taşımaları ve ayrıştırıcı özellikleri nedeniyle, daha önce mantarlar aleminde yer alan bu grup, selülozik maddeler ve glikan içeren hücre duvarlarının yapısı nedeniyle, mantarlar aleminden ayrılmıştır. Mantarlardan bir diğer farkları da, kamçı hücrelerinin çekirdeklerinin, mantarlarda olduğu gibi haploid değil, diploid yapıda olmasıdır. Yüzücü yapıdaki sporların taşıdığı birbirinin aynısı olan iki kamçının varlığı ve **mycolaminarin** adı verilen enerji molekülünün varlığı, bu grubun alglere daha yakın akraba olduğunun bir göstergesi sayılmaktadır.



Phytophthora infestans



Saprolegnia spp.



Plasmopara viticola

Şekil 40. Bazı Algsi Mantar Türleri

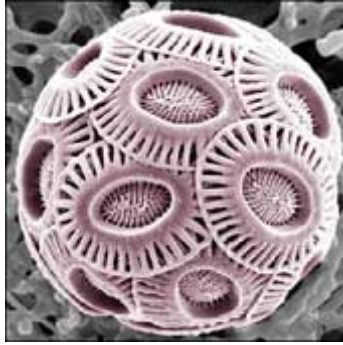
IV.2.6.9. Haptophyta (=Prymnesiophyta)

Çoğunlukla bir hücreli ve fotosentetik olup, sucul ortamların önemli besin kaynakları sayılırlar. Sıklıkla tropik denizlerde, ender olarak da tatlı sularda ve toprakta yayılış gösterirler. Bazı türleri, alg patlamalarına neden olabilir. Yapılarında bulunan **diadinoksan** ve **fukoksantin** pigmentleri nedeniyle, sarımsı kahverengi renktedirler.

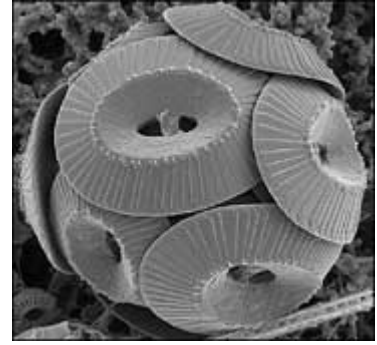
Kamçıların çıktıkları noktanın yakınında, hücreden dışarıya uzanan bir kancayı andıran ve "**haptonema**" adı verilen organel, bu şubeye özgüdür. Bu organelin, önceleri üçüncü bir kamçı olduğu sanılmış, ancak daha sonra yapısının kamçıdan farklı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Hareketli ve hareketsiz formların birbirini izlediği, gelişmiş bir yaşam döngüleri bulunur. Golgi organeli tarafından salgılanan kalsiyum ya da silis yapılı plaklarla örtülü olan bu canlılar, olağanüstü çeşitlilikte şekillere sahiptir. Öldükleri zaman, bu plaklar dibe çökerek, okyanus kayaçlarının yapısına katılır.



Arkhangelskiella spp.



Emiliana huxleyi



Coccolithus pelagicus

Şekil 41. Bazı Haptophyta Alg Türleri

Kamçıların çıktıkları noktanın yakınında, hücreden dışarıya uzanan bir kancayı andıran ve "**haptonema**" adı verilen organel, bu şubeye özgüdür. Bu organelin, önceleri üçüncü bir kamçı olduğu sanılmış, ancak daha sonra yapısının kamçıdan farklı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Hareketli ve hareketsiz formların birbirini izlediği, gelişmiş bir yaşam döngüleri bulunur. Golgi organeli tarafından salgılanan kalsiyum ya da silis yapılı plaklarla örtülü olan bu canlılar, olağanüstü çeşitlilikte şekillere sahiptir. Öldükleri zaman, bu plaklar dibe çökerek, okyanus kayaçlarının yapısına katılır.

IV.3. Mantarlar

Ökaryotik organizmaların diğer bir grubunu insanlar için hem faydaları hem de zararları olan mantarlar oluşturmaktadır.

IV.3.1. Mantarların Faydalı Faaliyetleri;

- 1. Organik maddenin parçalanması:** Organik maddenin parçalanmasında mantarlar ile bakteriler önemli bir rol oynarlar. Bu parçalanmanın birçok faydaları vardır. Bunlar,
 - Tabiatta bulunan organik atıklar temizlenmiş olur. Çünkü organik atıklar büyük bir yer işgal edeceğinden yeryüzünde denge sağlanmış olmaktadır.
 - Organik maddenin parçalanması ile mikroorganizma faaliyeti artmakta ve tabiattaki madde dengesi sağlanmaktadır.
 - Humus teşkil edilmesini sağlar. Toprağın verimini artırır.
- 2. Çevre Mühendisliği uygulamalarında:** Kompost yapımında ve katı atık depolarında atıkların parçalanmasında mantarların önemli rolleri vardır.
- 3. Endüstride kullanımları:** Endüstriyel uygulamada mantarlar, peynir, yoğurt, ekmek, meşrubat, vb. alanlarda kullanılırlar. Ayrıca asit üretiminde kullanılırlar. **Örneğin;** Sitrik asit gibi.
- 4. Besin olarak kullanımı:** İnsanlar beslenmede besin olarak kullanılırlar. Burada zehirli olup olmadıklarını dikkat etmek gerekmektedir.
- 5. Tıp Endüstrisinde:** Çeşitli antibiyotik elde edilmesinde, kalp ilaçları, hormon, vitamin ilaçları ve kanser, aids tedavisinde faydalanılmaktadır.

IV.3.2. Mantarların Zararları

- 1. Hastalık etkeni:** İnsan, hayvan ve bitkilerde çeşitli hastalıklara neden olabilirler.
 - 2. Zehirleyici Etkisi olması:** Besin olarak alınan bazı mantarların zehirleyici etkisi olabilmektedir.
 - 3. Eşyaların Çürümesi**
 - 4. Besin Maddelerinin bozulması**
- olarak sayılabilir.

Mantarların hareket özellikleri yoktur. Hücre çevresinde belli bir hücre çeperine sahiptirler. Sporla çoğalmaları en önemli özelliklerindendir. Klorofil ihtiva etmezler ve besin maddelerini dışardan hazır olarak alırlar.

Çevresel isteklerinde, ortamın ısısı, nem durumu ve asiditesi çok önemlidir. Mantarlar genel olarak asidik ortamı severler. Işık ihtiyaçları yoktur. 20-30 °C Sıcaklıkta optimum yaşarlar. -195 °C de yaşayabilen türler mevcuttur. Sıcaklık isteklerine göre mantarlar;

- Psikrofiller → soğuk ortamı sevenler < 10 °C
- Mezofiller → orta sıcaklığı sevenler, 10 -40 °C
- Termofiller → yüksek sıcaklığı sevenler > 40 °C

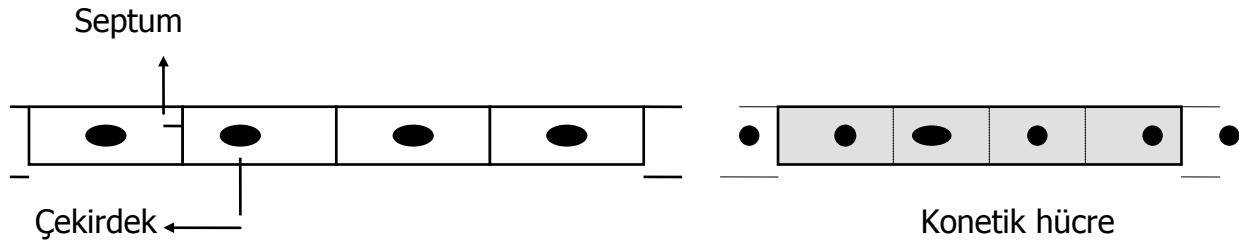
üç grupta toplanırlar. Mantarlar kuru ortamda faaliyet gösteremezler, suyu ve nemli ortamı severler.

IV.3.3. Hücre Yapıları

Çoğunlukla hareketsiz, çok çekirdekli bir yapıya sahip hücre veya hücreler grubudurlar. Vejetatif yapıları silindir şeklinde tüpsü iplikçiklerden meydana gelmiştir.

- * Bu iplikçiklerden bir tanesine **hif (hypha)** adı verilir.
- * Hiflerin bir araya gelmesiyle oluşan esas vejetatif yapıya ise, **thallus** denir.
- * Thallusların bir araya gelerek oluşturdukları yapıya da **misel (mycellium)** adı verilir.
- * Hücre arası bölmelere septum denir.

Mantarların büyümesi hiflerin ucundan dallanma şeklinde olur. Hücre çeperlerinin ortasında çekirdek ve çekirdekcik yer alır. Hücreler arası duvarlar septumlar kalkınca çok hücreli bir yapı (**koenositik**) gösterirler.



Organik atıklar mantarların besin kaynağını oluştururlar. Mantarlar Eşeyli çoğalmanın bütün tipleri görülür. Eşeyli çoğalma tipine de rastlanır.

Mantarlar 6 sınıfta toplanmışlardır. Bu sınıflar;

- * **Myxomycetes**
- * **Pycomycetes**
- * **Ascomycetes**
- * **Basidiomycetes**
- * **Zygomytes**
- * **Fungi imparcekti**

dir. Endüstride kullanılan mantar hücrelerine **maya** adı verilir.

V. BÖLÜM: MİKROORGANİZMALARIN ÇOĞALMASI

Canlıların en önemli özelliklerinde birisi de çoğalmaları yani üremeleridir. Bütün canlılar dolayısıyla mikroorganizmalar da çevrelerinden temin ettikleri maddelerle büyüyüp gelişerek kendilerine fonksiyon ve şekil bakımından benzeyen yeni fertler oluşturma yeteneğine sahiptirler. Canlıların bu özelliğine **çoğalma** denir. Bir canlıdan yeni bir canlının oluşması olayına **biogenesis** denir.

Mikroorganizmaların çoğalması,

1. Eşeysiz çoğalma= Aseksüel çoğalma
2. Eşeyli çoğalma = Seksüel çoğalma

üzere iki şekilde gerçekleşir

V.1. Eşeysiz Çoğalma

Yeni birey, tek bir canlıdan oluşur. Bu tip canlılarda özel bir çoğalma organeline rastlanmaz. Bu üreme şeklinde hücreden ayrılan canlı parçaları birbirleri ile birleşmeksizin gelişerek yeni fertler hasıl ederler. Eşeysiz üremenin iki ana kısımda görülür.

V.1.1. Sporla Üreme

Ana hücreden ayrılarak gelişip, doğrudan doğruya yeni bir fert oluşturma yeteneğinde olan sporlar vasıtasıyla meydana gelen çoğalmaya, sporla çoğalma adı verilir. Sporlar mikroorganizmalarda oluşum durumlarına göre ikiye ayrılırlar.

a) Ekzospor: Özel bir spor yapısı organeline ihtiyaç göstermeden, doğrudan doğruya canlının bazı hücrelerinin dışarıya doğru oluşturdıkları yapıya denir. Şekil ve fonksiyonlarına göre muhtelif kısımlara ayrılırlar.

b) Endospor: Gelişimlerini bulundukları canlı üzerinde özel bir spor kesesi içinde gerçekleştirerek oluşan sporla üreme şekline denir. **Endosporlar da** şekil ve fonksiyonlarına göre muhtelif kısımlara ayrılırlar.

V.1.2. Vejetatif Çoğalma

Basit hücre bölünmeleri ile veya canlıdan ayrılan bağımsız fertler halinde gelişen vejetatif kısımlarla olan çoğalma şeklidir. Vejetatif çoğalma 4 kısımda meydana gelir.

- a) İkiye Bölünme:** Tek hücreli organizmaların basit olarak iki ayrı fert oluşturmaları şeklindeki çoğalmadır.
- b) Çok Hücreye Bölünme:** Birbirini takip eden çekirdek ve hücre bölünmeleri sonucunda ana hücreden birçok yavru hücre oluşması ve bunların serbest hale geçerek bağımsız fertler oluşturmaları olayına denir.
- c) Tomurcuklanma:** Aynı hücrede bir veya birden fazla çıkıntı meydana getirerek bunların yavru hücreler halinde gelişmesi ve bunların bağımsız hale geçmesi sonucunda oluşan eşeysiz çoğalma tipidir.
- d) Üretken Çoğalma:** Ana hücre üzerinde oluşan çok hücreli thallusun parçalara ayrılarak yeni fertler oluşması şeklindeki eşeysiz çoğalma şeklidir.

V.2. Eşeyli Çoğalma

Eşeyli çoğalma, iki ayrı ferttin veya aynı fertten meydana gelen eşey (cinsiyet) bakımından farklı iki üreme hücresinin veya çekirdeğinin birleşip gelişmesi ile oluşan çoğalma şeklidir. Canlılar âleminde çok değişik şekillerde gözlenebilir. En basit şekli mikroorganizmalarda görülür.

Eşeyli çoğalma hücrelerine **Gamet**, iki gametin birleşmesi olayına **döllenme**, döllenme sonucu oluşan yeni hücreye **zigot** denir. Gametleri meydana getiren fert veya döllere **Gametofit**, gametofitlerin oluşturduğu yapıya da **gametangium** adı verilir.

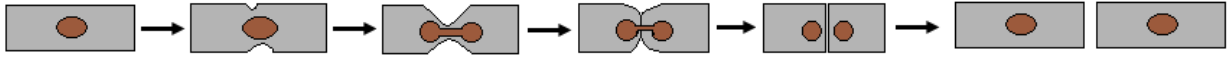
Eşeyli Çoğalma ile Eşeysiz Çoğalma Arasındaki Fark

- * Eşeyli çoğalmada gametler tek başına yeni bir fert meydana getiremez. Yeni fert oluşabilmesi için mutlaka cinsiyet farkı olan başka bir gamete ihtiyaç vardır.
- * Eşeysiz çoğalmada her fert tek başına kendi benzerini meydana getirebilir.

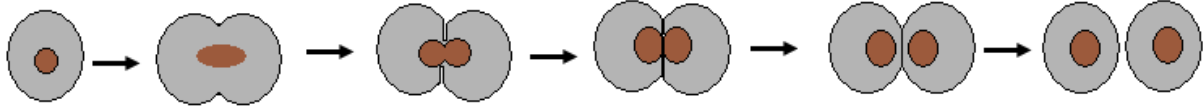
V.3. Bakterilerde Çoğalma

Bakteriler bölünme ile çoğalırlar. Şartlar uygun olduğu zaman çok hızlı bir şekilde bölünerek çoğalırlar. Bölünme olayından hemen sonra yeni hücrenin de gelişmesi ve büyümesi başlar.

Çubuk şeklindeki bakteriler de, çekirdek bölünme başladıktan sonra içeriye doğru bir girinti oluşur. Bir müddet sonra hücre ikiye bölünür.



Kok şeklindeki bakteriler, önce biraz uzamakta, sonra herhangi bir çap yönünde ikiye bölünmektedir.



Bakterilerin bölünmeleri için geçen süre bakteri türüne göre farklılık gösterir. Bakteri topluluklarında her bir bölünmeye **jenerasyon**, bölünme için geçen süreye de **jenerasyon süresi** denir.

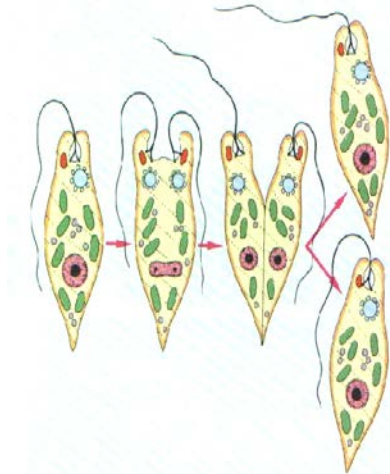
Bakteriler, geometrik tarzda çoğalarak (1. 2. 4. 8. 16. 32. 64. 128. 256 2^n) katlı bir büyüme gösterirler.

Bakterilerde sporla çoğalma özelliği gösteren türler de vardır. Bakterilerde oluşan spor şekli endospordur.

V.4. Protozoalarda Çoğalma

Protozolarla eşeysiz çoğalma üç şekilde görülür.

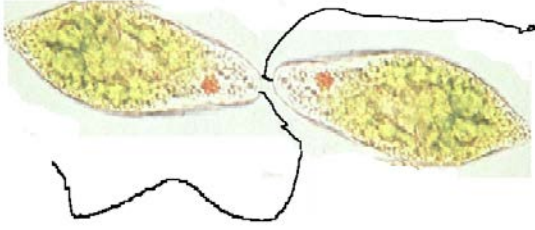
a) İkiye Bölünme: En çok görülen çoğalma şeklidir. Bu çoğalma şekli *Paramecium sp.* ortadan ikiye bölünme, *Euglena sp.* de uzunlamasına ikiye bölünme şeklindedir.



b) Tomurcuklanma: Amiplerde görülür. Mantarlardaki tomurcuklanma şekline benzer.

c) Sporla Çoğalma: Sporozoa sınıfındaki türlerde görülür.

Protozoalarda eşeyli çoğalma konjugasyon(birleşme) şeklinde olur.



V.5. Alglerde Çoğalma

Alglerde genel olarak eşeyli ve eşeysiz çoğalma gösterirler. Eşeysiz çoğalma basit olarak algin ortadan ikiye bölünmesi ile olur.

Bazı alglerde hücrenin bir parçası yeni bir fert oluşumu için yeterlidir. Alg hücresinin kopan herhangi bir kısmından yeni alg hücresi oluşur.

Bazı alg hücrelerinde sporangiumlar gelişmiş olup, sporla üreme şekli de görülür.

Eşeyli çoğalma değişik şekillerde gerçekleşir. En çok görüleni ve basit olanı konjugasyondur. Aynı özellikte iki farklı seks hücresinin birleşmesiyle olur. Alglerde eşeysiz üreme aynı hücre üzerinde de meydana gelebilir. Yani aynı hücrede iki farklı eşey hücresinin bir arada görülmesi ve bu şekildeki eşeyli çoğalma olayına döl **almaşı** adı verilir.

V.6. Mantarlarda Çoğalma

Mantarlarda eşeyli ve eşeysiz olmak üzere her iki türlü çoğalma şekli görülür. Eşeysiz çoğalma da; bölünerek çoğalma bakterilerde olduğu gibi gerçekleşir. Diğer eşeysiz çoğalma şekli ise, tomurcuklanmadır. Tomurcuklanmada önce ana hücrenin iç kısmında bir şişkinlik meydana gelir. Bu şişkinlik büyüyerek tomurcuk şeklinde çıkıntı meydana getirir. Tomurcuk büyüyerek ana hücreden ayrılarak yeni bir mantar hücresi oluşturur.

Mantarlarda en çok görülen diğer eşeysiz çoğalma şekli de sporla çoğalmadır. Mantarlara has diğer bir eşeysiz çoğalma şeklide üretken çoğalma şeklidir. Bu çoğalmada hif parçacıkları hiçbir özel işleme gerek duymadan yeni bir hücre meydana getirebilir.

Eşeysiz çoğalma ise, iki farklı gamet hücresinin birleşmesi ile olur. Bu birleşme bazen aynı mantar hücresi üzerinde iki farklı gamet oluşması nedeniyle de gerçekleşebilir.

BÖLÜM VI: MİKROORGANİZMALARIN BÜYÜMELERİ VE ÖLÜMLERİ

VI.1. Giriş

Her canlı doğar, büyür ve belli bir zaman sonra ölür. Bu yeryüzünde değiştirilemez bir ilahi kanundur. Canlıların büyümeleri ve ölmeleri bir takım olaylara ve bu olayların neticelerine bağlıdır. Bu kısaca sebep-netice kuralına bağlı bir olay olarak düşünülebilir.

Mikroorganizmalar açısından en geniş anlamda büyüme; mikroorganizmanın yapısını oluşturan maddelerdeki oransal artış olarak tanımlanabilir. Büyüme için başka bir tanım ise; mikroorganizmaların belirli bir boya ve olgunluğa geldikten sonra parçalanma olayına denir. Mikroorganizma topluluğundaki fertlerin sayısının artması olayı da çoğalma olarak kabul edilir. Büyümeyi bilmemizdeki amaç;

1. Arıtma tesislerindeki mikroorganizmaların büyümelerini belirli bir sayıda kontrol altında tutmak,
2. Zararlı mikroorganizmaları ortadan kaldırmak veya faaliyetlerini sona erdirmek, içindir.

Mikroorganizmaların ölümü ile diğer canlıların ölümü arasında fark vardır, yani aynı şekilde değerlendiremiyoruz. Büyük canlılarda ölüm olayı sonunda geri dönüşüm yoktur. Oysa bazı mikroorganizmalar spor oluşturarak zararlı ortamdan kendilerini korurlar. Mikroorganizmalar çoğalmıyorsa veya çoğalma faaliyetini durdurmuşsa o mikroorganizmayı ölü kabul edebiliriz.

Mikroorganizmaların ölümü ile ilgili iki görüş vardır.

1. Mikroorganizmaların çoğalma özelliğinin durması veya durdurulması
2. Mikroorganizmaların hayati faaliyetlerinin durdurulması

VI.2. Mikroorganizma Büyümesinin Ölçüm Metotları

Mikroorganizmaların büyümesinin ölçümü, mikroorganizmaların artışını ya doğrudan ya da dolaylı olarak ölçebiliriz.

VI.2.1. Ağırlık Ölçüm Metodu

Birçok mahzuru olmasına karşın en çok kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde büyüme, kuru ağırlık esasına göre tayin edilir. Ancak mikroorganizmalar çok küçük olduklarından

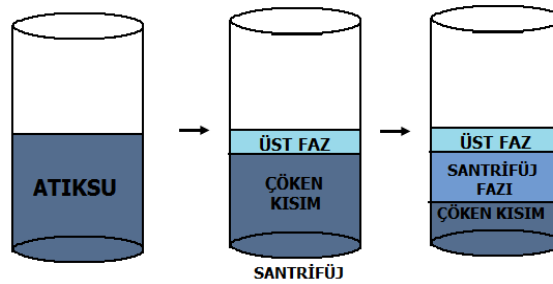
kuru ağırlıklarını tayin etmek çok güç ve zor olduğundan tayin edilecek mikroorganizmanın bir sıvı içinde olması gerekir.

Bu metodun mahzuru uygulama esnasında sıvı içindeki askıdaki katı madde parçacıklarının da canlı mikroorganizma olarak kabul edilmesidir. Mikroorganizmaların ağırlıkları çok farklılık gösterir. Bakterilerin ağırlıkları mikron mertebesindedir. Protozoa'nın ağırlıkları bakterilerin ağırlıklarından 10 kat daha fazladır. **Mesela;** *Echerichia coli* bakteri hücresinin ağırlığı 2×10^{-13} gramdır.

Çevre Mühendisliği açısından olaya baktığımızda, bu durumu daha büyük boyutlarda inceliyoruz. Bir miligram kuru ağırlık bakteri topluluğunu ölçtüğümüz zaman, 1-5 milyar adet bakteri olduğunu kabul ediyoruz. Dolayısıyla ortamda çok bakteri mevcutsa, Ağırlık ölçüm metodunu kullanıyoruz. Ölçüm yaparken, ilk adımda numunedeki mikroorganizma ile suyu birbirinden ayırırız. Bu işlemi filtreden geçirerek veya buharlaştırarak yaparız. İkinci adımda 103°C de kurutulur. Üçüncü adımda 550°C de yakılarak organik madde uçurulur. Kalan inorganik madde tespit edilir. Buharlaştırarak ölçmenin bir dezavantajı, Na, Ca gibi inorganik maddeleri de mikroorganizma olarak kabul etmiş oluyoruz. Diğer de ölçtüğümüz ağırlığın ne kadarının mikroorganizma ne kadarının askıda katı madde olduğunun bilinmemesidir.

VI.2.2. Hacim Ölçüm Metodu

Ağırlığı ölçülecek atıksu numunesi belli bir hacimde alınır. Çökelme işlemine tabi tutulur. Çökelen hacim miktarı ölçülerek, numunedeki çamur belirlenir. Daha sonra atıksu santrifüj ederek çökelen miktar tespit edilebilir. Aktif çamur tesislerin işletilmesinde arıtma verimi ve çamur miktarını tespit etmek için yaygın olarak kullanılan metottur.



Ne kadar hacimde ne kadar mikroorganizma var, bunu bilmemiz mümkün değildir. Santrifüjde çökelen kısmı, ağırlık olarak kabul edebilmek için, ağırlığı belli bir mikroorganizmaların çökelme ve santrifüj hacimlerinden oluşturulmuş korelasyon eğrisine ihtiyaç vardır. Bu metodun mahzurları atıksu içindeki askıda katı maddelerin tümünün de mikroorganizma olarak kabul edilmesidir.

VI.2.3. Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ölçümü

Bu metot, mikroorganizmayı oluşturan çeşitli kimyasal maddelerin biyokimyasal olarak ölçülmesi şeklinde yürütülür. Atık sudaki demir, azot, fosfor, protein, ATP ve DNA ölçümleri yapılabilir. Çevre mühendisliği uygulamalarında bu metottan azot ve fosfor ölçümleri yapılarak faydalanılmaktadır. Diğer kimyasal maddelerin ölçümü fazla yaygın olarak kullanılmamaktadır.

VI.2.4. Bulanıklık Ölçümü

Mikrobiyoloji laboratuvarlarında, sıvı bakteri kültürlerinin büyüme hızları tayini ve mikroorganizma ağırlıklarını tespit etmek için çok sık kullanılan metottur. **Bu metodun esası**, bulanıklık ölçümüne, yani askıda kolloidal maddelerin ışık geçirgenliğinden yararlanılarak ölçülmesi esasına dayanır.

Bu metotla ölçüm esnasında mikroorganizmaları kolloidal madde kabul ediyoruz. Mikroorganizmalar ölçülecek sıvı içinde homojen dağılmış halde bulunmalı, yumaklar halinde bulunmamalıdır. Bulanıklık ölçümü ile mikroorganizmaların ağırlıklarının tespit edilmesinde bazı belirsizlikler de vardır. Bunların başında, bulanıklık değerlerinin ağırlığa, sayıya dönüştürecek bir korelasyona ihtiyaç duyulması gelmektedir. Ayrıca bulanıklık değerleri belli bir limitin üstünde olmamalıdır. Bu değer **300 mg/l** askıda katı madde miktarıdır. Bu değer üstünde mikroorganizma konsantrasyonuna sahip atık sularda bu yöntem kullanılması hatalı sonuçlar vermektedir.

VI.2.5. Mikroskop Sayımı

Hacmi belli lameller kullanılması süratiyle mikroskopta mikroorganizmaların sayımı yapılabilmektedir. Bu ölçüm tekniğine göre mikroorganizma sayısının çok yoğun olmaması gerekir. Sayım lamellerinde hacmi belli bir alan karelere bölünmüştür. Kareler içindeki mikroorganizmalar sayılarak miktar tespit edilmektedir.

VI.2.6. Koloni Sayımı

Belli bir hacimdeki numunenin ya süzülerek ya da katı vasatta ekimi yapılarak, o numune içindeki bakterilerin sayısını bulmak mümkündür. Organizmalar katı vasatta çoğunlukla her biri bağımsız bir koloni oluşturmaktadır. Çok az bir ihtimal de olsa, iki bakterinin üst üste gelme durumu söz konusu olabilmektedir.

VI.2.7. Oksijen Kullanımının (Gideriminin) Ölçülmesi

Çevre mühendisliği uygulamalarında çok sık kullanılan önemli bir tekniktir. Bu yöntem mikroorganizmaların oksijen tüketim hızlarının tespit edilmesi esasına dayanmaktadır. Çok kolay ve hızlı bir tekniktir. Bu yöntemde BOİ şişeleri ve oksijen metre kullanılır. Ölçümü yapılacak numune BOİ şişesine konur ve bir oksijen metre ile 1- 30 dakika arasında oksijen tüketimi izlenir. Bu yöntemin ilginç olan tarafı, sadece canlı organizmaların oksijen kullanacak olmasıdır. Dezavantajı ise, bulunan değerleri kontrol edebilmek için başka değerler ile korelasyon etme zarureti olmasıdır.

Mikroorganizmaların ağırlık ve sayılarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan metotların her birinin, avantaj ve dezavantajları vardır. Bu metotları kendi sınırları içinde kullanıldığı zaman sağlıklı sonuçlar vermektedir.

VI.3. Büyümeyi Etkileyen Faktörler

Biyolojik arıtma sistemlerinde mikroorganizmaların kontrollü olarak büyümeleri istenir. Dolayısıyla mikroorganizmaların büyümesinde hangi faktörlerden etkileniyorsa, bu faktörlerin belirlenmesi gerekir. Bu faktörler, arıtma verimi ve arıtma sistemlerinin çalışma prensipleri üzerinde önemli etkiye sahiptirler. Büyümeyi etkileyen çevre şartları aşağıda verilmiştir.

VI.3.1. Sıcaklık

Mikroorganizmaların vücut ısılarını kontrol mekanizmaları yoktur. Yani kendi hücre ısılarını kontrol etmeleri veya kontrol altında tutmaları mümkün değildir. Mikroorganizmaların bulundukları ortamın ısısı ne derece ise, hücre ısıları da aynı derecede olur. Dolayısıyla mikroorganizmaların bulundukları ortamın ısısı, mikroorganizma üzerinde rol oynayan en önemli faktörlerin başında gelir. Mikroorganizmaların dayanabildikleri sıcaklık aralıkları türlere göre farklılıklar gösterir.

Mikroorganizmaların bazılarının dayanabildikleri sıcaklık aralığı değişimi çok az (0-10 °C), bazılarının ise, çok fazla (10-50 °C) olabilir. Sıcaklık aralığı değişimi az olan mikroorganizmalara, **Stenotermal Mikroorganizmalar** (↓10°C) denir. Sıcaklık aralığı değişimi çok olan mikroorganizmalara ise, **Eurytermal Mikroorganizmalar** (↑ 30-40 °C) adı verilir.

Tabiattaki mikroorganizmaların çoğu, eurytermal grubuna, patojen organizmaların çoğunluğu ise, stenotermal mikroorganizmalar grubuna girer. Patojen mikroorganizmalar insan sıcaklığın 5 °C üstünde ve altında yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Bu yüzden hasta olan insanlarda sıcaklık yükselmesinde ateşi çıkma, düşüklüğünde ise, titreme şeklinde görülmektedir.

Her mikroorganizmanın sevdiği ve yaşadığı belli bir sıcaklık aralığı vardır. Mikroorganizmaların yaşadıkları (sevdikleri) sıcaklık aralıkları türlere göre de değişebilmektedir. Bu durumu mikroorganizmanın Eurytermal veya Stenotermal olması değiştirmez. Mikroorganizmaları yaşamayı sevdikleri sıcaklık aralıklarına göre 3 grupta toplamak mümkündür.

- ✓ **Pisikofilik Mikroorganizmalar:** 20 °C'nin altında yaşamayı seven mikroorganizmalara yani Düşük sıcaklığı seven mikroorganizmalara denir.
- ✓ **Mezofilik Mikroorganizmalar:** 20-45 °C arasında yaşamayı seven mikroorganizmalara yani orta sıcaklığı seven mikroorganizmalara denir.
- ✓ **Termofilik Mikroorganizmalar:** 45 °C'nin üstünde yaşamayı seven mikroorganizmalara yani yüksek sıcaklığı seven mikroorganizmalara denir.

Mikroorganizmaların sıcaklık istekleri Örneğin;

- ✓ **Protozoa** türlerinde çoğunlukla termofiliktir. Bilhassa hastalık yapan protozoa türleri vücut sıcaklığını severler. Protozoa türlerinin dayandığı maksimum sıcaklık, 45-50 °C arasında değişmektedir.
- ✓ **Alglerin** büyük çoğunluğu mezofilik sıcaklık şartlarını severler. Algler aynı zamanda eurytermal mikroorganizma grubundandır. Alg türlerinin dayandığı maksimum sıcaklık, ≈ 56 °C civarındadır.
- ✓ **Fungusların** büyük çoğunluğu termofilik sıcaklık şartlarını severler. Fungus türlerinin dayandığı maksimum sıcaklık, ≈ 60 °C civarındadır.
- ✓ **Bakteriler** her türlü sıcaklık şartlarını severler. Piskofilik, mezofilik veya termofilik şartlarda hayatlarını idame ettirebilen bakteri türleri pek çoktur. Bakteri türlerinin dayandığı maksimum sıcaklık, > 99 °C dir.
- ✓ Gelişmiş hücrelerde 60 °C nin üstündeki sıcaklığa dayanma özellikleri yoktur.

Düşük sıcaklıklarda mikroorganizmalarda ölümden ziyade faaliyetleri durdurma veya azaltma etkisi söz konusudur. Maksimum sıcaklığın üstündeki yüksek sıcaklıklarda ise, mikroorganizmalar üzerinde kesin olarak ölüm olayına neden olmaktadır.

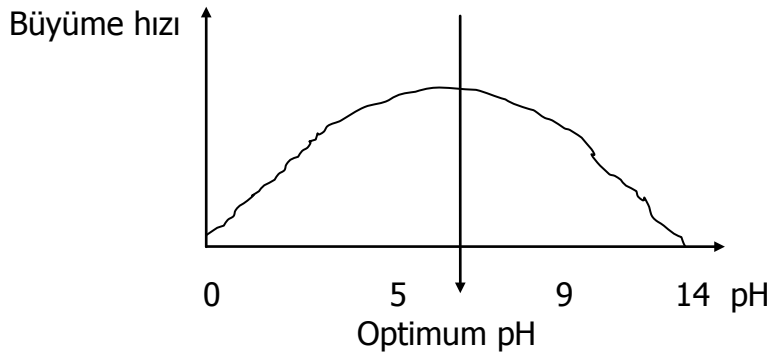
Mikroorganizmaların hücre zarlarının temel maddesi, lipit + protein'dir.

- ✓ Lipitlerin doygunluk değeri, sıcaklığa bağlı olarak değişiyor. Düşük sıcaklıklarda membranlardaki lipitlerin özelliği değişir ve geçirgenliği azalıyor. Yüksek sıcaklıklarda ise, lipitin dağılmasına neden oluyor, membran çözülüyor ve bakteri dağılıyor.
- ✓ Protein, membrandan başka hücrede olmadığı yer hemen hemen yoktur. Proteinler üç boyutlu yapıya sahiptirler. Yüksek sıcaklık bu üç boyutlu yapıyı değiştirerek hücrenin bozulmasını sağlamaktadır. Proteindeki bu değişim belli sıcaklık aralıklarında geri dönüşümlü olabiliyor. Hücrenin dayanma sıcaklığını aşınca proteinin bu yapısı geri dönüşsüz olarak değişiyor. Bu değişim sonucu membran bozuluyor enzimler kullanılamıyor. Bu olaya **Denatürasyon** adı verilir.

Sıcaklıktaki artış hızı da hücre yaşamı için önemlidir. Hızlı ani sıcaklık artışları olduğu zaman, hücrenin tepkisi ve etkilenmesi de daha fazla olmaktadır. Sıcaklık artışları yavaş yavaş olduğu zaman, hücrelerin sıcaklıktan etkilenmesi daha uzun olmaktadır.

VI.3.2. pH

pH da mikroorganizmalar üzerinde ve büyümelerinde sıcaklık gibi bir etkiye sahiptir. Her mikroorganizmanın sevdiği ve yaşadığı belli bir pH aralığı vardır. Bu pH aralıklarında mikroorganizmalar maksimum hızla büyüme göstermektedir. Mikroorganizmaların çoğunluğu pH 5-9 aralığında en uygun şekilde büyürler.



Mikroorganizmaların pH büyüme aralıkları Tablo VI.1.de gösterilmiştir. Tablo VI.1.de verilen pH aralıkları genel özellikleri göstermektedir. Bu değerlerin dışında, ekstrem özellikler gösteren mikroorganizma türleri de mevcuttur.

- ✓ Fungusların dayanabileceği aralık asidik tarafa doğru olup, yaşıntılarını asidik olarak da sürdürüyorlar. pH =1,0 de bile yaşayabilen fungus türleri mevcuttur.

- ✓ Alglerin dayanabileceği aralık bazik tarafa doğru olup, yaşantılarını bazik olarak da sürdürüyorlar. pH, 9,0 un üstünde bile büyüeyebilen alg türleri mevcuttur.

Tablo 2. Mikroorganizmaların pH Büyüme Aralıkları

MİKROORGANİZMA TÜRÜ	pH ARALIĞI	OPTİMUM pH
BAKTERİ	5-9	7
PROTOZOA	5-8	7
ALG	6-11	8.5
FUNGİ	1-9	5

Mikroorganizmaların optimum ve maksimum büyüdükleri pH aralıkları, **biyolojik artıma** tesislerinde arıtmada önemli bir faktördür. Biyolojik arıtma tesislerinde arıtılacak atıksuların pH değerleri, mikroorganizmaların büyüdükleri optimum pH aralığında olması gerekmektedir.

Mikroorganizmaların büyüdükleri veya yaşadıkları optimum pH değerinin altında veya üstündeki pH değerlerinde büyüme hızı azalmaktadır. pH değerleri 5-9 aralıklarının dışına doğru olunca, ilk önce mikroorganizmanın metabolizma faaliyetleri yavaşlar daha sonra ise, **ölüm olayı** gerçekleşiyor.

Mikroorganizmaların optimum pH aralığının hem üstünde hem de altındaki değerlerde mikroorganizma büyüme hızı durur ve sonuçta ölüm olayı meydana gelmektedir. pH değiştiğinde proteinin yapısını oluşturan amino asitlerdeki peptit bağlarının yapılarındaki hidrojen bağları koparak protein yapıları bozulur. Hücre zarındaki ve hücredeki diğer proteinlerin yapısının bozulması hücrede ölüm meydana getirmektedir.

Enzimlerin faaliyet gösterdiği optimum bir pH aralığı mevcuttur. Optimum pH aralığının alt sınırlarının aşılması durumunda enzimin etkisi azalmaktadır. Enzimlerin aktivitesinin azalması ise, büyüme mekanizmasını etkilemekte, nihayetinde ise, hücre de ölüm meydana gelmektedir. Optimum pH aralığının üst sınırlarının aşılması durumunda enzim bir daha geri dönüşmeksizin değişmektedir. Yani denatüre olmaktadır.

pH değişiklikleri mikroorganizmaların bulundukları ortamın ve hücrenin **çözünürlük** ve **iyonlaşma** olaylarını etkilemektedir. Bundan dolayı da mikroorganizmalarda yaşam faaliyetleri yavaşlamakta ya da durmaktadır.

Mikroorganizmalar kendi faaliyetleri sonucu da bulundukları ortamın pH değerini değiştirebilmektedir. Mikroorganizmaların bu özellikleri bilhassa havasız arıtma tesislerinde olmak üzere, diğer biyolojik arıtma tesislerinde çok sık görülür.

- ✓ Laktik asit bakterileri, normal faaliyetleri sonucu asit ürettiklerinden bulundukları ortamın pH'sını bozarak değiştirirler. Bulundukları ortamın pH'ı 4.0 civarında Laktik asit bakterilerinin faaliyetleri durmakta ve pH 4,0 ün altına düştüğü anda yaşamlarını yitirmektedirler.
- ✓ Algler, arıtma tesislerindeki CO₃ dengesini bozdukları için pH yükselmesine sebep olurlar.
- ✓ Bakteriler, NH₄⁺ iyonunu NH₄OH çevirince ortamın pH değeri yükselmektedirler. Aynı şekilde ortaya çıkan amonyak da pH değerini yükseltmektedir.

VI.3.3. Oksijenin Etkisi

Mikroorganizmalar bir seri reaksiyon sonucu besinleri parçalayarak enerji sağlamaktadırlar. Mikroorganizmalar besinleri yani besi maddelerini sonuç olarak CO₂ ve H₂O ya indirgiyorlar. Bu bağlamda Oksijenin hücredeki görevi iki noktada toplanır.

1. Oksijen, ortamda açığa çıkan elektronu alıyor.

Bazı mikroorganizma türleri bu iş için başka maddeleri kullanabiliyorlar. Bundan dolayı farklı ortamlarda yaşayan mikroorganizma türleri ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda oksijen, elektron alıcısı olarak görev yapar.

2. Bazı hidrokarbonlu malzemelerin parçalanması işinde reaksiyona giren bir madde olarak görev alıyor.

Anaerobik canlılar; yağları, hidrokarbonları parçalayamamalarının nedeni, oksijen olmadığından bu reaksiyonu tamamlayamamalarıdır. Oksijenin element olarak kullanılması gerekiyor. Ama bu canlılar oksijen olduğu için yaşayamıyorlar. Bu reaksiyonları da gerçekleştiremiyor. Yeraltındaki petrolün oluşumunun temel nedeni budur.

Soru: Oksijenin bulunduğu zaman anaerobik canlılar niçin ölüyorlar?

Oksijen bazı amino asitlerle peroksitleri oluşturabiliyor. Bu da anstabil bir maddedir ve hemen organik maddelerle reaksiyona girip parçalanıyor.

Oksijen Gerilimi

Bazı mikroorganizmalar ortamdaki mevcut oksijen miktarına göre faaliyet gösteriyorlar ve ortamdaki oksijen miktarına göre de faaliyeti değişiyor. Bu canlılar fakültatif mikroorganizmalardır. Eğer ortamda oksijen az ise, asetik asit, oksijen çok ise, CO₂ ve H₂O oluşumu meydana getirebiliyorlar.

*Ortamdaki oksijen dengesinin azalıp çoğalmasıyla mikroorganizma faaliyet sahasının değişmesi olayına oksijen **gerilimi** adı verilir.*

Oksijen, ortamdaki mikroorganizma faaliyetlerini;

- ✓ Durdurabilir,
- ✓ Azaltabilir,
- ✓ Arttırabilir,
- ✓ Tamamen durdurabilir,
- ✓ Üretime geçme faaliyetlerini arttırabilir.

VI.3.4. Nütrientler

Karbonlu maddelerin dışında kalan yardımcı bes maddelerine nütrient, karbonlu maddelere ise, substrat adı verilir. Hücrenin kullandığı C, H, O gibi organik maddelere esas maddeler denir. Nütrientler ise, N, P, S, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, cO, Cu, Zn, Bor Mo, ve Silis dir. Bunlardan N ve P çok önemlidir.

Azot: Bütün proteinlerde bulunur. Nükleik asit ve benzeri maddelerin yapılarında yer alır. Önemli bir hücresel yapı elemanıdır. Azot hücrede;

- ✓ Nitrifikasyon olayında e^- vericisi olarak
- Denitrifikasyon olayında e^- alıcısı olarak, olarak kullanılır.

Fosfor: Nükleik asitler, Co-enzimler ve fosfolipitlerde yapı taşı olarak yer alır. Enerji reaksiyonlarda ortaya çıkan enerjiyi almak veya ortama enerji vermek için kullanılır.

Sülfür: Protein ve Co-enzimlerin yapı taşı olarak bulunurlar. -SH olarak da belli protein ve enzimlerin yapısında yer alırlar. Sülfür, sülfür bakterileri tarafından e^- alıcısı, Anaerobik H₂S bakterileri de bunu parçalayarak e^- vericisi olarak kullanırlar.

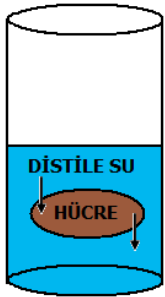
K, Na, Ca, Mg, Fe: Enzimler için Co-faktör özellikleri oldukları için çok fazla kullanılmaktadır.

VI.3.5. Osmotik Basınc

Hücre duvarlarında, hücrenin yapısal özelliklerine bağlı olarak bir koruyuculuk görevi vardır. Bu koruyucu görevlerinden birisi de hücrenin hücre duvarlarına basınç uygulamasıdır. Hücre içinde çok sayıda çözünmüş madde yer alır.

Hücre su ortamında veya sulu bir faz içinde ise, hücredeki çözünmüş maddelerin hücreden dışarı çıkmasına ve su ortamındaki maddelerin ve suyun hücrenin içine girmesini engel için, hücrenin hücre duvarlarına uyguladığı basınca **osmotik basınç** denir. Bu basınç hücreyi dış ortamda dengede tutar. Doğadaki tüm canlılar kendilerine özgü, belli bir osmotik basınç mekanizmasına sahiptir. **Örneğin;** Tuzlu suda yaşayan balığın, tatlı suda, Tatlı suda yaşayan balığın tuzlu suda yaşayamadığı gibi.

Su içindeki iyonizasyon, çözünmüş madde fazla olduğu zaman, hücreden su kaybı olur. Hücre büzülür. Eğer ortamdaki şartlarda ani değişiklik olursa, osmotik basınç değişmesi de ani olur. Ortam şartlarındaki değişiklik yavaş yavaş olursa canlı hücre hemen adaptasyon sağlayabilir.



Hücreyi distile suyun içine koyarsak;

- Hücre şişer ve patlar.

Neden?

- Çünkü hücre su alır. Distile suda çözünmüş maddeler olmadığı için, hücre ile distile su dengeye gelinceye kadar su almaya devam eder.

Adaptasyon nereye kadar olabilir?

- Hücrenin dayanma limitlerine kadar. Bu dayanma limitini de hücre osmotik basıncı ile ayarlar.

Hücrelerin su geçişleri yalnızca osmotik basınçla olur. Yani canlı su geçişlerini osmotik basınçla ayarlar.

VI.3.6. Hidrostatik Basınç

Her canlının dayandığı belli bir hidrostatik basınç düzeyi mevcuttur. Bu düzeyin altında veya üstündeki hidrostatik basınç değerlerinde canlı yaşayamaz. Havalandırma havuzlarında basınç daha fazla olduğu zaman oksijen daha rahat bir şekilde çözünüyor. Havalandırma havuzlarında basınç az olduğu zaman hava habbecikler halinde yukarı çıkar. Basınç arttırıldığı takdirde oksijen çözülür.

VI.3.7. Radyasyon Etkisi

Canlılar ışıktaki radyasyon enerjisini kullanarak kendileri için gerekli enerjiyi sağlıyorlar. Aynı zamanda ışığın bazı canlılar için de öldürücü etkisi vardır. Radyasyonun en büyük

kaynağı güneştir. Güneşten gelen radyasyon atmosferden geçerken tutulmaktadır. Ozon tabakasındaki bu tutulma esnasında radyasyonun öldürücü etkisi (ultraviole gibi) yok ediliyor. Güneşten gelen radyasyon enerjisi (X Işınları, Beta Işınları, Kozmik Işınları, Gama Işınları gibi) moleküllerin yani proteinlerin parçalanmasında etkili oluyor.

VI.4. Çevre Mühendisliği Açısından Büyüme

Büyüme olayı çevre mühendisliği açısından ne gibi bir anlam ifade eder? Çevre Mühendisliği açısından büyüme olayını nasıl yorumlamamız gerekir? Bu suallerin cevabını bulmaya çalışalım.

Büyüme olayı, mikroorganizmaların yapısını oluşturan maddelerin oransal olarak artış olması hali olarak tanımlıyoruz. Burada büyüme olayını etkileyen faktörler söz konusudur. Bu faktörleri; Mikroorganizmaların kendisinden kaynaklanan ve çevreden kaynaklanan faktörler olmak üzere iki ana grupta toplamak mümkündür.

1. Mikroorganizmaların kendisinden kaynaklanan faktörler: Mikroorganizma kültürünün özellikleri büyüme için çok önemlidir. Büyümenin gerçekleşebilmesi için Mikroorganizma kültüründen kaynaklanan özelliklerin ön planda tutulması gerekir. Bu özellikler;

- a. Mikroorganizmanın türü,
- b. Mikroorganizmanın kimyasal yapısı;
- c. Mikroorganizmanın üreme özellikleri,
- d. Mikroorganizmanın üreme dönemleri,
- e. Mikroorganizmaların bulunduğu ortamla ilişkileri, dir.

2. Çevreden Kaynaklanan Faktörler: Mikroorganizmanın çevresindeki ortam şartları da büyüme için çok önemlidir. Bu faktörler geniş olarak yukarıda izah edildi. Bunlara ilave olarak;

- a) Organik madde muhtevası
- b) Etkileşme süresi, önem arz eder.

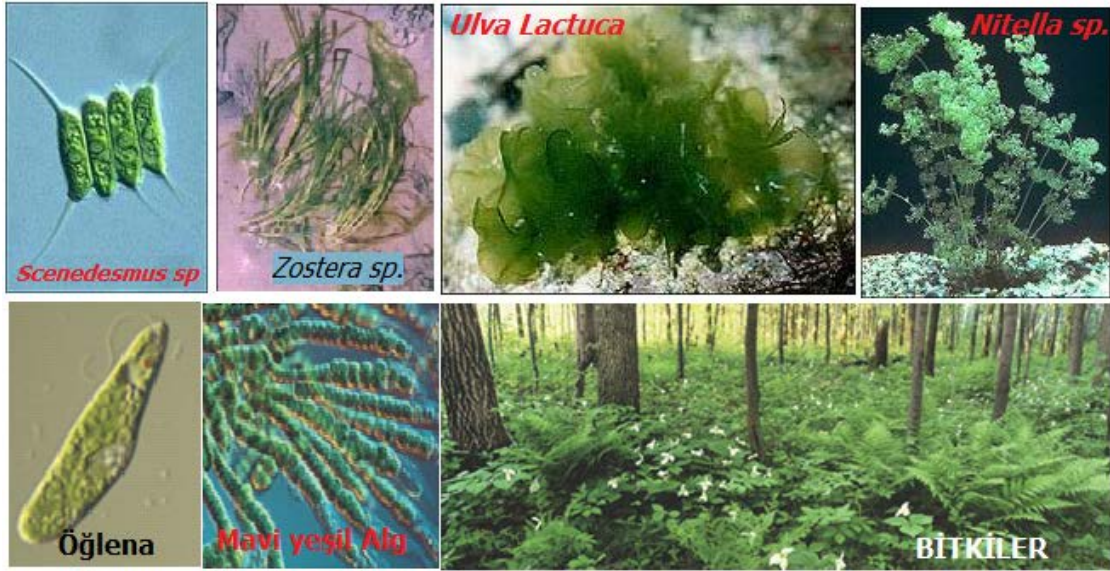
Biyolojik arıtma sistemlerinde arıtılacak atık sulardaki organik madde muhtevası mikroorganizmalarla etkileşim süresi arıtma verimi açısından son derece önemlidir. İyi bir arıtma verimi için mikroorganizma türleri ile organik madde muhtevası ile etkileşim süresinin tam bir uyum içinde olması gerekmektedir. Çevre mühendisleri, Biyolojik arıtma sistemlerinin dizaynında ve arıtma sistemlerinin işletme esnasında iyi bir verim elde edebilmek için mikroorganizmaların büyümelerini, ölümlerini ve bunların büyümesine etki eden faktörleri çok iyi bilmeleri gerekir.

BÖLÜM VII: ENERJİ ÜRETEN SÜREÇLER

VII.1. Fotosentez

Enerji üreten süreçlerin başında fotosentez gelmektedir. Fotosentez olayının oluşumu, gelişimi ve tamamlanması insan iradesinin dışında gelişmektedir. Ekolojik Dünya nizamının vazgeçilmez bir parçası olarak bu olay sürekli devam etmektedir. Fotosentezin esas kaynağı güneş enerjisidir. Fotosentez, klorofil ihtiva eden mikroorganizmaların bulundukları ortamdan aldıkları karbon dioksidi güneş enerjisi yardımı ile indirgeyerek (redükte etme) beslenmeleri için gerekli organik maddeyi yapmaları olayıdır. Başka bir ifade ile **Fotosentez** yeşil bitkilerin; Klorofilleriyle, Işık enerjisini kullanarak, Su ve karbondioksitten, (inorganik madde) Glikoz (organik madde) sentezlemesidir.

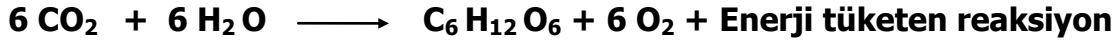
Bitkiler fitoplanktonlar, fitobentos ve algler gibi su ortamı canlıları ve bazı tek hücreliler de fotosentez olayını gerçekleştirirler ve enerji elde ederler. Fotosentez ile her yıl 160 milyar ton karbonhidrat üretilir. Kısaca Fotosentez; inorganik maddelerden ışık enerjisini kullanarak organik madde yapılması ve enerji elde edilmesidir. Fotosentez yapabilen canlılar Şekil 42. de gösterilmiştir.



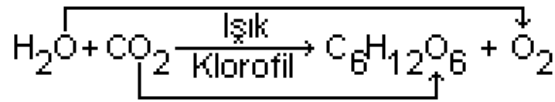
Şekil 42. Fotosentezin Gerçekleştiği Canlılara Örnekler

Fotosentez olayı kloroplastlarda gerçekleşir. Bir bitki hücresinde yaklaşık 30-40 kloroplast vardır. Kloroplastlar **stroma** ve **grana** adı verilen iki kısımdan oluşmuştur. Grana fotosentezin **ışık reaksiyonları**, stromada ise **enzimatik reaksiyonlar** gerçekleşir.

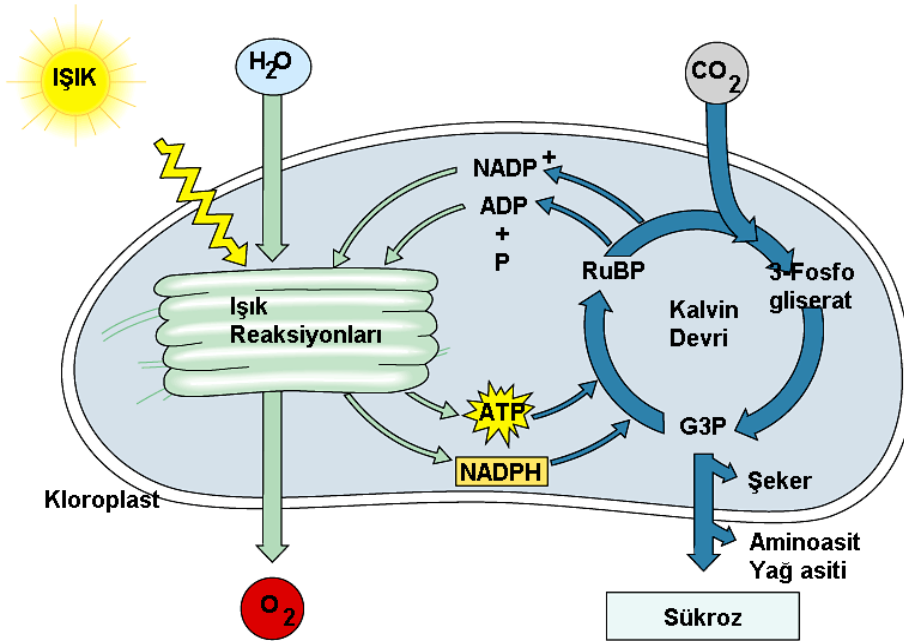
Fotosentez **ışık reaksiyonları** ve **Kalvin devri reaksiyonlarından** oluşur. Işık enerjisiyle hareketlenen elektronlar, NADP tarafından yakalanır ve ayrıca ATP sentezlenir. Kalvin devrinde ATP'ler endotermik reaksiyonun enerji ihtiyacını, NADPH ise, Glikoz sentezi için Hidrojen ihtiyacını karşılar. Fotosentez olayının cereyan ediş tarzı kısaca aşağıdaki gibidir.



Fotosentezde oluşan glikozun oksijeni, kullanılan karbondioksitin oksijenidir. Fotosentez sonucu oluşan oksijen, kullanılan suyun oksijenidir. **Fotosentez oksijenli solunumun tersidir.**

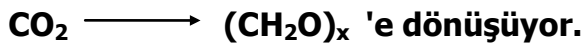


Fotosentez mekanizması Şekil 43. de gösterilmiştir.

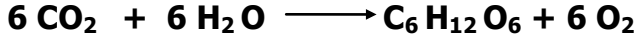


Şekil 43. Fotosentez Mekanizması

Yapısal özellikleri tam olarak bilinmeyen enerji üretimi ile kullanılmayan enerji kullanılır hale getiriliyor. Yani;



Dönüşümün $\Delta H = + 686 \text{ kcal/mol}$ 'dir.



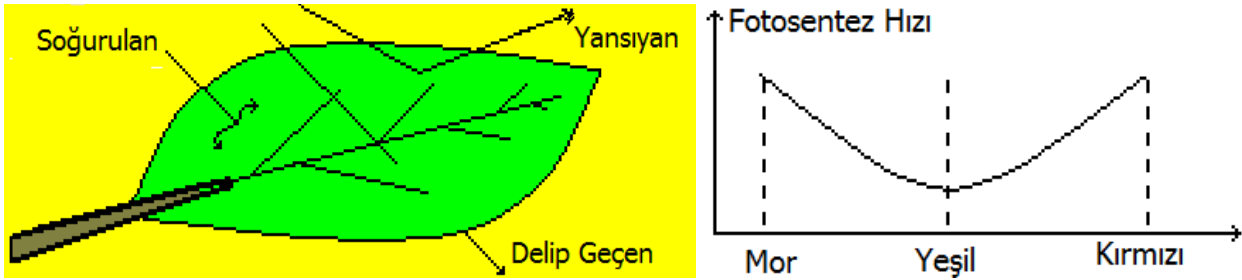
Enerjiyi de reaksiyona ilave edersek;



Bu reaksiyon enerji tüketen bir reaksiyondur. Bunun neticesinde oluşan ürün de ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) hücre yapısı olarak düşünülüyor. **Fotosentezin olabilmesi için mutlaka ışık ve klorofil gereklidir.**

VII.1.1. Işık

Fotosentezin olabilmesi için mutlaka ışık gereklidir. Fotosentez sadece görünen (Mor ve kırmızı ışık arası) ışıktaki meydana gelir. En iyi fotosentez mor ve kırmızı ışıktaki olur. En az yeşil ışıktaki olur. Çünkü mor ve kırmızı ışık klorofil tarafından yakalanırken (soğurma), yeşil ışığı yansıtır. Görünmeyen ışıktaki fotosentez olmaz. (Mor ötesi, kızıl ötesi, X, alfa, beta, U.V vs.) Çünkü ya yansıtılır ya da delip geçer (Bkz. Şekil 44).



Şekil 44. Işık Ve fotosentez ilişkisi

Elektromanyetik dalgaların tepe noktaları arasındaki uzaklık dalga boyu olarak isimlendirilir. Dalga boyları bir nanometreden küçük olabileceği gibi (Gama ışınları) bir kilometreden daha uzun olabilir (Radyo dalgaları). İnsan gözü 400 ile 700 nm arasındaki dalga boyuna sahip ışınları algılayarak çeşitli renklerde görür. Bir ışığın dalga boyu ne kadar uzunsa enerji dalgası ya da fotondan taşınan enerji o derece az olur.

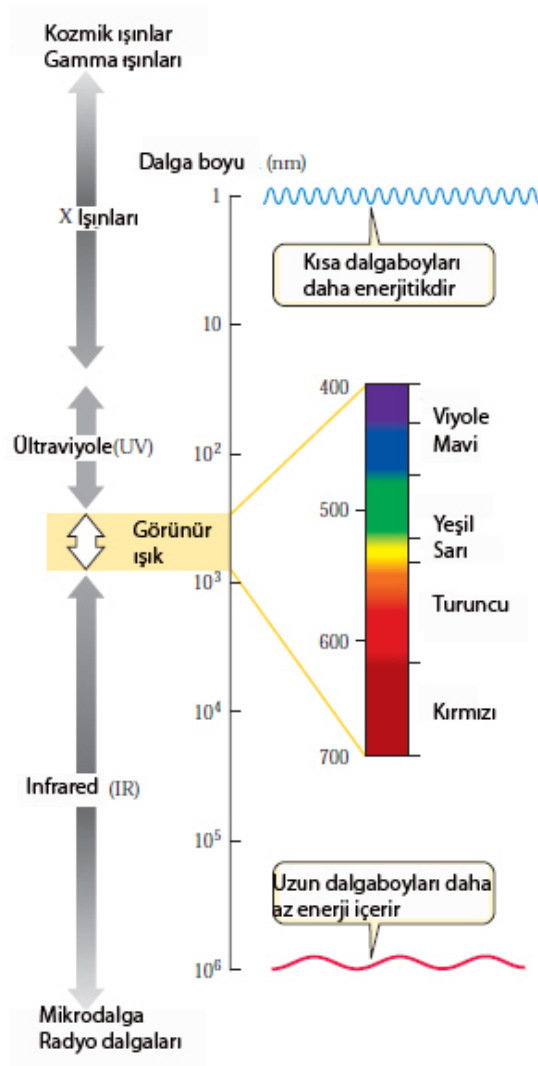
Örneğin; görünür ışık spektrumu içerisinde mor ışınlar en kısa dalga boyuna ve en yüksek enerjiye sahiptir. UV ve X ışınları da kimyasal bağları kırabilecek ve karmaşık yapıları organik molekülleri bozabilecek kadar bir enerji bulundurur.

Güneş enerjisi, güneşteki hidrojen iyonlarının Helyum atomuna dönüşmesiyle oluşur. Bir kütle kaybı söz konusudur.



Burada; h : Planck sabiti
 v : Radyasyon dalga boyu
 hv: Enerji

Bu dönüşüm esnasında bir nükleer enerji oluşur. Bu reaksiyon çok yüksek ısıda (6000 °C) de oluyor. Yapısal özellikleri tam olarak bilinmeyen enerji üretimi ile kullanılmayan enerji kullanılır hale getiriliyor. Elektromanyetik spektrum Şekil 45. de gösterilmiştir.



Şekil 45. Elektromanyetik Spektrum

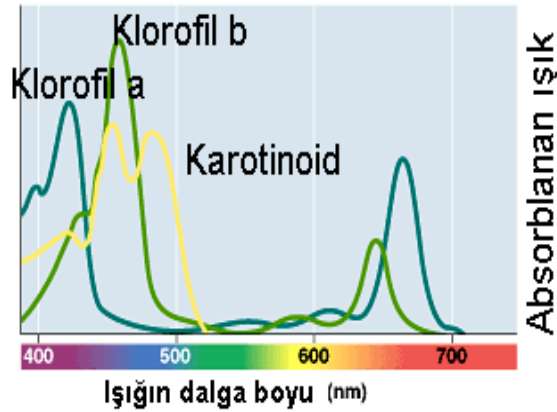
VII.1.2. Klorofil

Fotosentez sadece klorofil ihtiva eden canlılarda meydana gelir. Klorofiller çok kolay elektron alır ve verir. Yani kolaylıkla indirgenir ve yükseltgenir. Yeşil renklidir. Prokaryot canlıların

sitoplâzmasındadır. Ökaryot canlıların kloroplastında (grana) bulunur. Yapısında C, H, O, N ve Mg bulunur. Klorofiller, bitkiler, mavi- yeşil algler, bakteriler vs. bulunur.

Kloroplastların yapısında yer alan klorofilin değişik çeşitleri olup, en önemlilerini **Klorofil-a ($C_{55} H_{72} O_5 N_4 Mg$)** ve **Klorofil-b ($C_{55} H_{70} O_6 N_4 Mg$)** oluşturur. Klorofil-a ve Klorofil-b farklı spektrumdaki ışıkları emer ve bunların eriyebilme ortamları da farklılık gösterir. Klorofil-a da bir oksijen atomu Klorofil-b 'ye göre eksik, 2 hidrojen atomu fazladır.

Bir pigment ışığı soğurabilen herhangi bir maddedir. Klorofil-a siyanobakteriler ile fotosentetik protistaların ve bitkilerin kloroplastlarında bol miktarda bulunan ışık soğurucu bir pigmenttir. **Bitkilerin yeşil renkli görünmelerinin sebebi yeşil ışığı geri yansıtmaıdır.** Klorofil-a'nın absorbsiyon spektrumuna bakıldığında en çok görünür ışığın kırmızı ile mavi mor bölgelerde ışığı daha çok soğurduğu görölmektedir (Bkz. Şekil 46.).



Şekil 46. Renk Maddelerinin Elektromanyetik Spektrumundaki durumu

VII.2. Fotosentezin Reaksiyonları

Fotosentez, birbirini izleyen **İşıkly Devre** ve **Karanlık Devre** olmak üzere iki reaksiyon basamağından oluşur.

a) İşıkly Devre

Fotosistem merkezi yüzlerce klorofil-a, klorofil-b ve karotinoidlerden meydana gelen anten kompleksidir. Bir foton klorofil molekülüne çarptığında fotonun enerjisiyle elektron daha yüksek enerjili bir düzeye çıkar, bu elektron tekrar eski kararlı durumuna dönerken aldığı kadar bir enerjiyi çevreye ısı ve floresans ışık şeklinde etrafa yansıtır.

Fotosistem merkezlerinde ise, uyarılmış elektronlar elektron taşıyıcı sistemlere aktararak elektronların tekrar eski durumlarına aniden dönmelerine izin verilmeyerek ATP ve NADPH yapımı sağlanır.

Işık reaksiyonları sonucu gerçekleşen elektron akışı sayesinde, H iyonları Tilakoit boşluklarda birikir. H iyonları iç bölgeden stromaya ATP sentez molekülü sayesinde aktarılırken, ATP sentezi gerçekleşmiş olur. Bir molekül CO₂ için 2 molekül NADPH ve 3 molekül ATP ye ihtiyaç vardır.

Mitokondri ve kloroplastın her ikisi de yüksek H iyonu konsantrasyonundan düşük H iyonu konsantrasyonuna doğru gerçekleşen difüzyon sayesinde ATP yapımı gerçekleştirirler.

Reaksiyonlar için mutlaka ışık gereklidir. Yapılan iş suyun parçalanmasıdır. Reaksiyonlarda su ışık enerjisi ile parçalanma sonucunda;

- ✓ Oksijen üretilerek atmosfere veya su ortamına verilir,
- ✓ Enerji (3 ATP) üretilerek karanlık devreye,
- ✓ Hidrojen (2 NADPH₂) üretilerek karanlık devreye verilir.

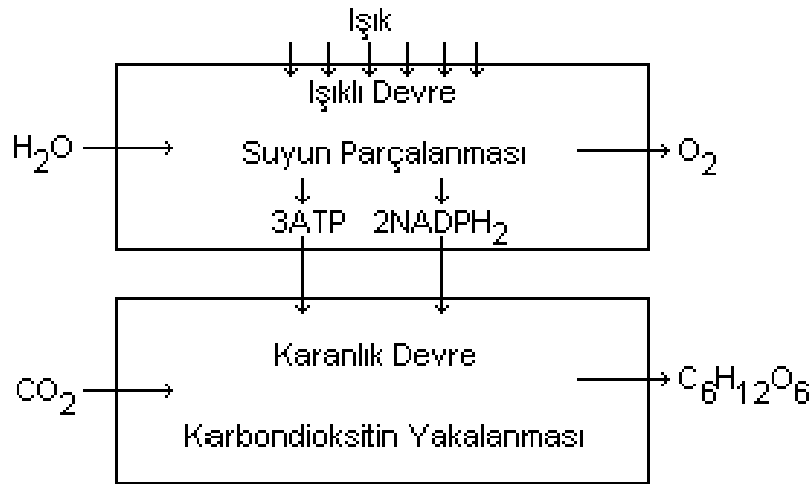
b) Karanlık Devre

Fotosentezin karanlık devresinde yapılan iş, karbondioksitin reaksiyonlara katılmasıdır. Karanlık devredeki reaksiyonlar oksijenli solunumdaki glikoliz evresinin tersidir. Reaksiyonlarla amino asitler, yağ asitleri ve gliserol üretilir. Dolayısıyla ışık gerekli değildir. Fakat ışık olmayınca ışıklı devreden ATP gelmeyeceğinden reaksiyonlar karanlıkta olmaz.

Gerekli enerji ışıklı devrede üretilen ATP'lerden ve gerekli hidrojenler de ışıklı devrede üretilmiş olan 2 NADPH₂ lerden sağlanır. Karanlık devredeki reaksiyonlarda enzimler de kullanıldığından, sıcaklık değişimlerinden etkilenirler. Karbondioksit, beş karbonlu **ribuloz di fosfat** tarafından yakalanır. Bir karbondioksitin yakalanması için 3 ATP ve 2 NADPH₂ kullanılır. Bir glikozun yapılabilmesi için altı karbondioksit'e ihtiyaç duyulur. Bu işlemler Calvin döngüsünde gerçekleştirirler. Calvin döngüsünde tepkimeler oldukça karmaşıktır. Karbondioksitin tek bir molekülü, rubisco enziminin yardımıyla RuBP'a (Rubiloz 1,5 difosfat karboksilaz) bağlanır. Meydana gelen 6 Karbonlu şeker, hemen iki adet 3 Karbonlu bir molekül olan 3 fosfogliserata (PGA) bağlanır.

Kalvin döngüsünün ilk tanımlanabilir ürünü, 3 karbonlu PGA olduğu için bu metabolik yol C3 yolu olarak bilinir. Bilinen bitki türlerinin % 85'i yalnızca bu metabolik yolu kullanır. Bitkilerin geri kalanı % 15 'i karbondioksitin bağlanması ve asimilasyonu için ilave bir yola sahiptir. CO_2 , 5 C'lu RuBP tarafından alınır ve **rubisko** denen bir enzim yardımıyla 12 mol 3 fosfogliserata dönüşür.

Kalvin döngüsü sırasında ışıklı devrede üretilen ATP ve NADPH kullanılır. Calvin döngüsü sonucunda bir molekül heksoz şekeri sentezlenmesi evresinde 6 CO_2 ile 18 ATP ve 12 NADPH dan yararlanır. Fosfo gliseraldehitin fazlası (1 tane) kloroplastan dışarı aktarılır ve glikoz, sakkaroz ve fruktoz gibi maddeleri oluşturur. 1 molekül 3 PGAL'ın oluşabilmesi için kalvin döngüsünün 3 kez tamamlanması gerekir. Döngü 3 kez tamamlandığında 6 molekül 3 PGAL oluşur. Bu moleküllerden 5 tanesi 3 molekül RiDP oluşmasını sağlar. Geri kalan bir molekül 3 PGAL ise heksozların oluşmasında kullanılır. Fotosentezin evreleri özet olarak Şekil 47. de şematize gösterilmiştir.



Şekil 47. Fotosentezin Evreleri

VII.3. Fotosentezi Etkileyen Faktörler

- 1) Sıcaklık:** Sıcaklık arttıkça ışık şiddeti azda olsa çokta olsa fotosentez önce hızlanır. Sonra sabit gider ve belli bir sıcaklıktan sonra yavaşlar ve durur. Çünkü yüksek sıcaklık enzimlerin yapısındaki proteinleri bozar. En iyi fotosentez olayı optimum sıcaklık aralığında ($25 - 35^{\circ}\text{C}$) olur.
- 2) Karbondioksit Miktarı:** Karbondioksit miktarı arttıkça ışık şiddeti az, orta veya çokta olsa fotosentez başlangıçta hızlanır ve belli bir hıza ulaştıktan sonra sabit hızla devam eder. Çünkü hücrenin klorofil miktarı, enzim miktarı sabittir. Su miktarının değiştirilmesi de aynı etkiyi yapar.

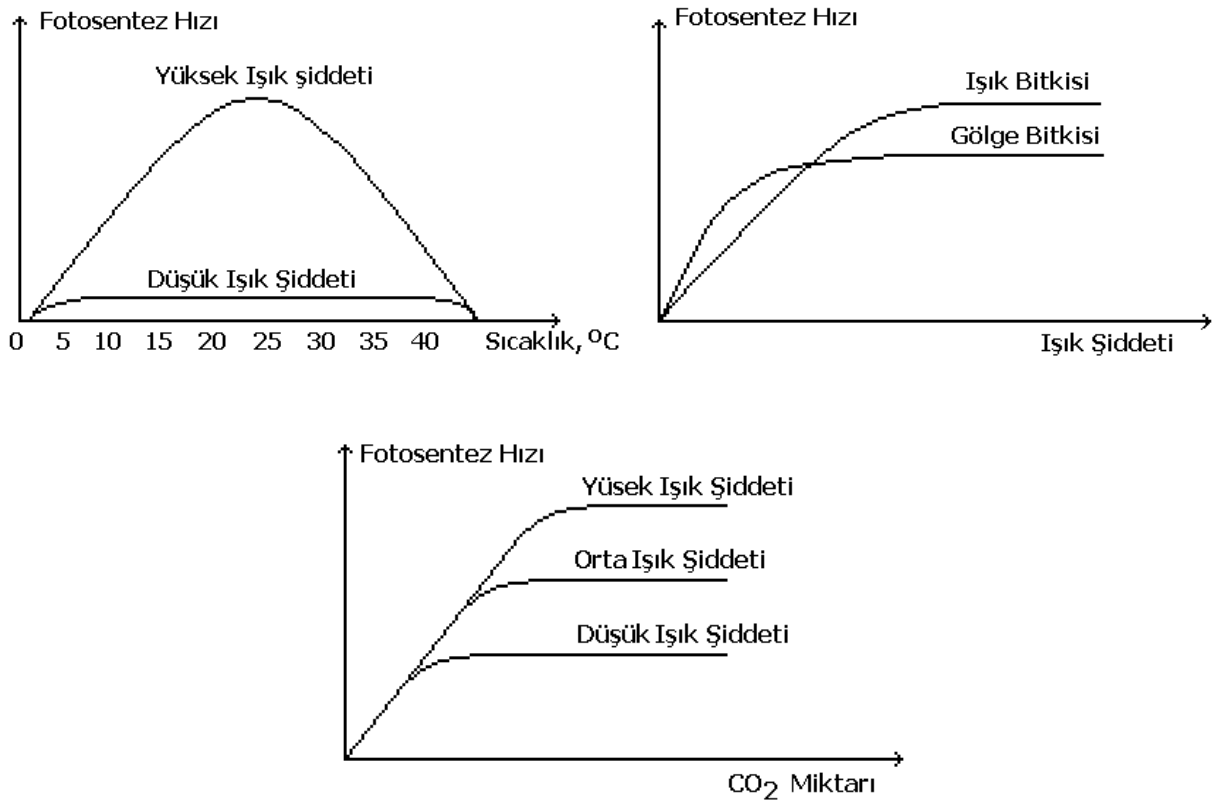
3) Işık Şiddeti: Işık şiddeti arttıkça fotosentez hızlanır ve belli bir hızdan sonra sabit devam eder. Çünkü Fotosentez olayı, gerçekleşen hücrenin kapasitesi ile bağlantılıdır.

4) Mineraller: Mikroorganizmaların ve yeşil bitkilerin düzenli büyümesi ve fotosentez için bütün mineraller gereklidir. Mikroorganizmalar ortamda bulunan en az minerallere göre büyüme özelliği gösterirler (Minimum kuralı). Mikroorganizmalarda; azot enzimlerin yapısına, fosfat ATP ve NADP'nin yapısına, Mg da klorofilin yapısına katılır.

5) Genetik Faktörler: Mikroorganizmaların kendi genetik yapısıyla ilgili olarak,

- ✓ Renk pigmentlerinin dizilişi ve şekli,
- ✓ Stoma sayısı ve durumu,
- ✓ Klorofil miktarı, kloroplast sayısı
- ✓ Enzim miktarı

fotosentez hızını etkileyen genetik faktörlerdendir. Şekil 48. de fotosentez hızına etkileyen faktörler gösterilmiştir.



Şekil 48. Fotosentez Hızına Etkileyen Faktörler

VII.4. Kemosentez

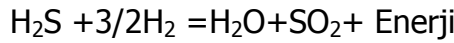
Bazı tek hücreli canlılar kendi besinlerini sentezlerken enerji ihtiyaçlarını güneş enerjisinden değil de inorganik maddelerin oksitlenmesinden sağlarlar. Kimyasal enerji hidrojen sülfür,

amonyak, demir iyonları gibi maddelerin oksitlenmesinden elde edilir. Karbon kaynakları ise karbondioksittir. Bu tip enerji elde edilmesi, bazı prokaryotlar için tipiktir.

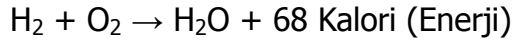
Topraktaki N (azot); organik azot bileşikleri, nitratlar ve amonyum tuzları halinde bulunurlar. Azotlu bileşikler, bakterilerin aracılığı ile okside edilir ki, bu olaya nitrifikasyon denir. Nitrifikasyon ile azot, bitkilerin kullanabileceği birleşikler haline gelirken, oluşan reaksiyon sonucu serbest kalan enerji de nitrifikasyon bakterileri tarafından kemosentez için kullanılır. Bu olayın mekanizmaları aşağıda özetlenmiştir.

1. Demir Bakterileri: Demir Bakterileri, FeCO_3 (Demir karbonat)ı oksitleyerek enerji sağlarlar. Bu enerjiyle de şeker, yağ ve protein gibi maddeleri sentezlerler.

2. Sülfür Bakterileri: Sülfür bakterileri, H_2S 'yi oksitler ve çıkan kimyasal enerjiyle de kendilerine glikoz sentezlerler.

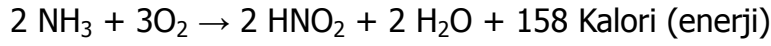


3. Hidrojen Bakterileri: Hidrojen bakterileri H_2 'yi oksitleyerek enerji sağlarlar.

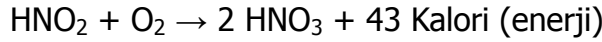


4. Azot Bakterileri: Azot bakterileri, N bileşiklerini oksitlerler.

Nitrosomanos bakterileri,



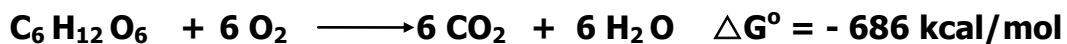
Nitrosococcus bakterileri,



VII.5. Solunum

Solunum, bir yanma olayıdır. Daha açık bir ifade ile ya inorganik maddelerin ya da organik maddelerin biyokimyasal olarak yakılması olayıdır. Çevre mikrobiyolojisi açısından solunum olayı, enerji üreten bir süreç bütünü içinde değerlendirilir. Elektron veren (e^-) yani enerji kaynağı olabilecek maddeler arasında inorganik ve organik maddeler bulunuyor. Biyolojik artıma yapılacak kirleticiler içinde organik maddeler elektron kaynağı olarak önemlidir. Solunum öyle bir enerji süreci ki, ya molekül oksijen, ya da okside olmuş inorganik bileşenin elektron alıcısı olarak görev yaptığı biyokimyasal bir olaydır.

Fotosentez sonucu oluşan glikoz ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ = hücre temel taşı), solunumla biyokimyasal olarak yakıldığı zaman;

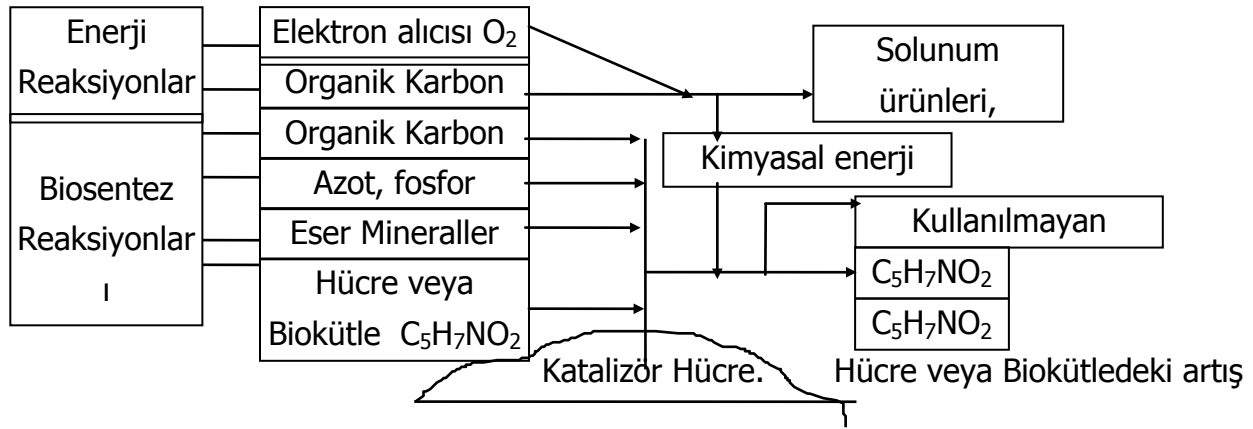


bir enerji elde edilir. Solunumla başlayan ve ortaya çıkan kimyasal enerji üç yolla kullanılır.

1. Kimyasal iş için kullanılan enerji, **Biosentez**.
2. Transport işi için kullanılan enerji, **Taşıma**
3. Mekanik iş için kullanılan enerji. **Hareket**.

VII.5.1. Kimyasal İş Nedir?

Ortamda karbon kaynakları varsa, bu kaynaklar N, P, S vb. ile birleşip bazı mineralleri oluşturacak ve biosenteze kadar devam edecektir. Bu iş, basit bir şekilde CO₂ ile başlar ve organik karbona kadar gider. Şekil 49. da Heteretrof Aerob canlılarda enerji akışı gösterilmiştir.



Şekil 49. Heteretrof Aerob Canlılarda Enerji Akışı

Enerjinin Akışı

Hücre yapısı (Örneğin, lipoproteinler, nükleik asitler, polisakkaritler gibi) bir takım makro moleküllerden oluşur. Makro molekül oluşmasında yapı taşları adı verilen daha ufak moleküllerden oluşmaktadır. Protein, örneğini ele alırsak;

Amino asitler → **Peptidler** → **Proteinler**

şeklinde. Bu işlem esnasında **bir enerji** oluşacaktır. Oluşan bu enerji yapısı Tablo 3. de verilmiştir.

Tablo 3. Makromolekül Yapısında Enerji Durumu

Makromolekül	Yapı Taşları	Bağ Şekli	ΔG° lı Bağ	Makromolekülde Bağ
Protein	Amino asit	Peptid	~ + 4000	120 - 10 000
Nükleik asit	Mononükleotid	Fosfo di ester	~ 5000	3 000 - 1 000 000
Polisakkarit	Monosakkarit	poliasidik	~ + 4000	2 000 - 10 0000

Kimyasal enerji, küçük moleküllerden daha büyük moleküller yaparken, bu enerji burada bağların oluşması için harcanıyor. Bu iş ne zaman oluyor?

Bu kimyasal enerji işi, enerji tüketen süreç, yeni bir hücrenin oluşması için oluşuyor. Ayrıca bu iş hücrenin bakım ve tamiri içinde kullanılıyor (üretilen iş, kimyasal enerji işi).

VII.5.2. Transport İş

Kimyasal enerjinin taşıma işinde kullanılması olayıdır. Besi maddesi ya da enerji üreten maddelerin taşınması, bu maddelerin hücre içine girmesi ve kalması gerekir. Hücreyi bir fabrika kabul edersek, bu elemanların fabrika içine girmeleri ve fabrika içinde uygun yerlere yerleştirilmesi anlamındadır. Örnek olarak, **K⁺ iyonunu** ele alırsak, Hücrede bu iyon (**K⁺**) belli konsantrasyonlarda olması gerekiyor. **K⁺** iyonu ise, çoğu ortamlarda istenen konsantrasyonlarda bulunmaz. Bu durum için iki önemli husus vardır.

- a) Dışarıdaki konsantrasyon hücre içindeki konsantrasyondan yüksektir. O zaman hücre, dışındaki istemediği konsantrasyonların içeri girmesini önlemeye çalışacaktır.
- b) Dışarıdaki konsantrasyon içerideki konsantrasyondan azdır. O zaman hücre içerideki konsantrasyonundan dışarıya vermemeye çalışacaktır.

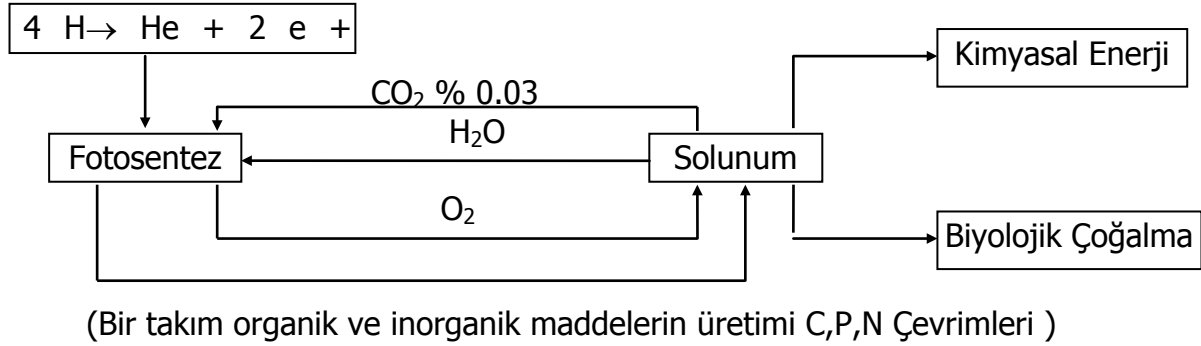
Her iki halde de termodinamiğin bir durumuna (kanununa) karşı geliyoruz. Bu her şeyin rast geleliğinin dağılması olayı olan **entropi kanunudur**. Hücrenin bu kanununa karşı gelmesi, bunu yenmesi lazımdır. Yani, hücrenin **entropiye karşı bir enerji** ile karşı gelmesi lazımdır. Bu enerjiye, **aktif transport** enerjisi denir. Aktif transport mekanizmasında kullanılmayan maddelerin de hücreden dışarı atılması gerekir. Bunun için de hücre bir enerji sarf eder. Dolayısıyla hücrede sarf edilen enerji **üç gaye** için kullanılır. Bunlar;

- a) Hücrenin ihtiyacı olan maddelerin içeri alınması gayesi için enerji sarf edilir.
- b) Hücrenin istemediği maddeleri konsantrasyon gradyanına (dış ortamın basıncından daha yüksek bir basınçlı olarak dışarı atma) rağmen dışarı atma gayesi için enerji kullanılıyor.
- c) Hücre dışında hücreye giremeyen büyük moleküllü organik karbon kaynaklarının parçalanması için gerekli olan enzimatik salgıların taşınması için enerji kullanılır.

VII.5.3. Mekanik İş

Hücre bütün işleri yaparken flagella vs. ile hareket ediyor. Hareket için de bir enerjiye ihtiyaç vardır. Dolayısıyla biosentezde üretilen enerji bu işler (hareket) için de

kullanılıyor. Bütün bunlar enerjinin kullandığımız kısımlarıdır. Birde isteyip de kullanılamayan enerji kısımları vardır. Bu enerji, kaybolan enerji şeklinde, Mesela ısıya dönüştürdüğümüz enerjidir. Şekil 50.'de enerji dönüşümleri gösterilmiştir.



Şekil 50. Enerji Dönüşüm ve Kullanım Şekilleri

Fotosentezde organik madde ve oksijen üretiyoruz. Solunumda bunları kullanıyoruz. Bu kullanım sonunda kimyasal enerji elde ediyoruz. Biyolojik çoğalma oluyor. Tekrar CO₂ ve H₂O üretiyoruz. Tekrar fotosentez, solunum Hem de milyonlarca yıldan beri devam etmektedir. Dolayısıyla İnsanlığın faydasına çok güzel bir düzen mevcuttur Fotosentez ile solunum arasındaki farklar Tablo 4. de özetlenmiştir.

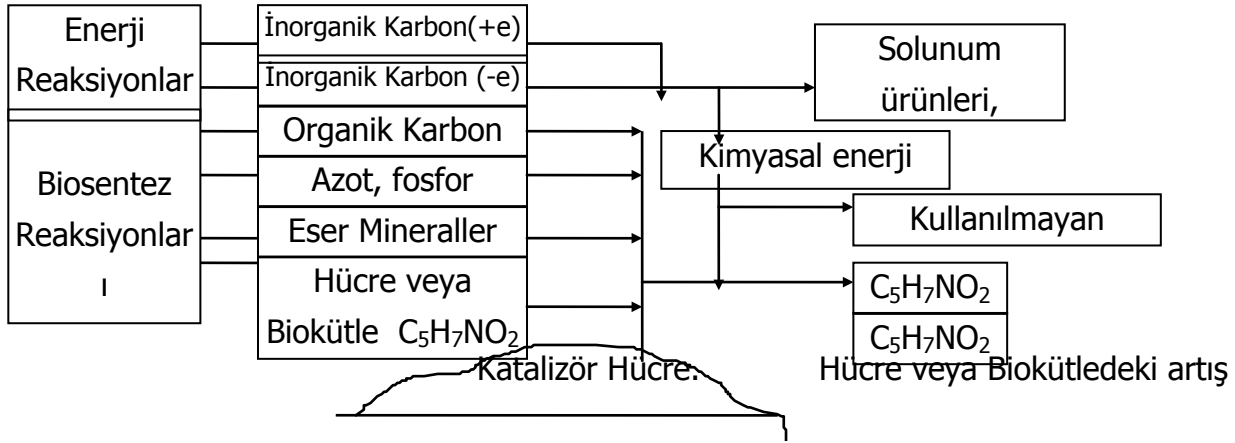
Tablo 4. Fotosentez İle Solunum Arasındaki Farklar

Fotosentez	Solunum
Fotosentezde ışık kullanılır (Yalnız gündüz gerçekleşir)	Gece ve gündüz sürekli devam eder.
Giren Madde su ve karbondioksittir.	Giren Madde oksijen ve besin (glikoz)dir.
Yalnız klorofil taşıyan hücrelerde gerçekleşir.	Bütün canlı hücrelerde gerçekleşir.
Işık enerjisi kimyasal enerji şeklinde depolanır.	Depolanan enerji serbest hale geçer.
Çıkan maddeler (üretilen organik madde ve oksijendir.	Çıkan maddeler (üretilen) karbondioksit ve sudur.
Canlıda madde artışı olur.	Canlının yapısında madde tüketimi meydana gelir.

VII.6. Fermantasyon (Mayalaşma)

Proses içinde oksijen kullanımı yoktur. Yani oksijen elektron alıcısı olarak kullanılamıyor. Oksijenin bulunmadığı ortamlarda fermantasyon oluyor. İnorganik unsurlar (SO₄, NO₃, PO₄ vb.) elektron alıcısı olarak görev yapacaklar, aynı zamanda elektron vericisi olarak da hücrede bulunurlar. *"İnorganik unsurların hem enerji kaynağı, hem de elektron vericisi olarak görev yaptığı metabolik süreçlerin bütününe **Fermantasyon**" adı verilir.*

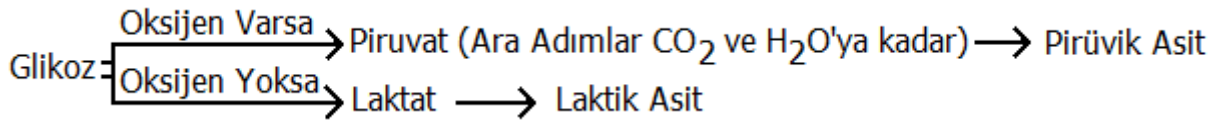
Şekil 51. de fermentasyon mekanizmasında enerji akışına örnek olarak heteretrof anaeroblar verilmiştir.



Şekil 51. Heteretrof Anaerob Canlılarda Enerji Akışı

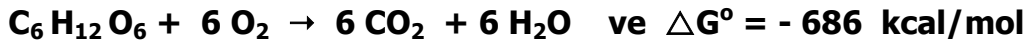
VII.6.1.Fermantasyonla Solunum Olayının Temel Farkı

Organik karbonun elektron alıcısı ve vericisi olarak kullanılmasıdır. Bu olayın da bilinen adı **glikoliz**'dir. Glikoliz olayı şekerin erimesidir. Glikoz biyokimyasal yollardan enzimatik olarak parçalanırsa;



ürünleri elde edilir.

Glikoz **kimyasal olarak** yakılırsa;



CO₂, su ve 686 kcal/mol enerji ortaya çıkar.

Glikozdan, Oksijensiz ortamda parçalanma olursa; $\Delta G^\circ = -14,6 \text{ kcal/mol}$,
Oksijenli ortamda parçalanma olursa; $\Delta G^\circ = - 236,6 \text{ kcal/mol}$,
enerji elde edilir.

Glikozdan anaerobik ve aerobik olarak elde ettiğimiz enerji, glikozdaki toplam enerji içindeki paylarını hesaplırsak;

Anaerobik sistemlerde $(-14,6 \text{ kcal/mol}) / (-686 \text{ kcal/mol}) = 0,02 = \% 2$ dir.

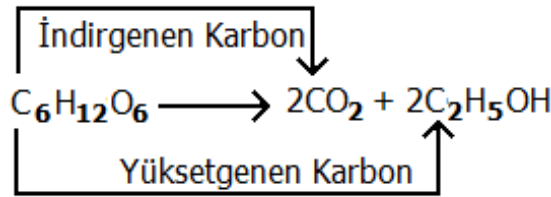
Aerobik sistemlerde, $(-236,6 \text{ kcal/mol}) / (-686 \text{ kcal/mol}) = 0,34 = \% 34$ tür.

Dolayısıyla anaerobik sistemlerde enerjinin % 98'i saklanıyor. Başka bir ifade ile aerobik sistemle elde edeceğimiz enerji, anaerobik sistemle elde edeceğimiz enerjiden çok daha fazladır.

Aerobik sistemde (ortamda oksijen varsa), tüm enerjinin ancak % 34'ünü kullanabiliyoruz. Şayet ortamda oksijen yoksa mikroorganizmalar tüm enerjinin sadece % 2'sini kullanarak üreme yapabiliyorlar. Anaerobik hücreler, glikozun laktata dönüşmesinden dolayı ortaya çıkan enerjiyi kullanırlar. Sonradan oluşan laktat, hücreden atık olarak dışarı çıkar.

VII.7. Oksidasyon-Redüksiyon Prosesleri

Anaerobik proseslerde **oksidasyon** ↔ **redüksiyon** (yani karbonların yer değiştirme) işlemi çok farklıdır. Çünkü Anaerobik proseslerde, *elektron alıcısı da organik karbon, elektron vericisi de organik karbondur*. Örnek olarak glikozu verirsek;



Oksidasyon-Redüksiyon Prosesinde glikoz, öyle bir dengeye ulaşır ki, karbonların bazıları elektron kazanırken, bazıları da kayber. Anaerobik fermentasyonda, ürünlerle reaksiyona giren maddeler arasında elektron dengesi vardır. Dolayısıyla elektron kaybı söz konusu değildir.

VII.8. Enerji Üreten Süreçler

Mikroorganizmalar hangi tür olursa olsun, metabolizma faaliyetlerini sürekli devam ettirirler. Bu metabolizma süreçleri;

- ✓ Kendi kendine oluşan süreçler,
- ✓ Zorlanarak oluşan süreçler

dir. Veya başka bir ifade ile;

- ✓ Enerji üreten süreçler,
- ✓ Enerji tüketen süreçler

olarak iki grupta toplanır.

Bu iki olayı bütün mikroorganizmalarda görmek mümkündür. Basit bir örnekte bu iki olayı da görmek veya birleştirmek mümkündür. *Suyun aşağıya doğru akması tabii bir olaydır ve enerji üretilir. Suyun yukarıya doğru akması ise, bir enerji ile meydana gelir.*

Yani ilave enerji (elektrik+mekanik) vermemiz gerekir. Bu misalde olduğu gibi mikroorganizmaların biyokimyasal süreçlerdeki olaylar da aynıdır.

Mikroorganizmalarda bünyelerinde,

✓ Enerji üreten yolları (Katabolizma=Dissimilasyon)

✓ Enerji tüketen yolları (Anabolizma=Assimilasyon)

aynı anda oluşturabilirler. Bu oluşumlara yani, *hücre içinde meydana gelen kimyasal dönüşüm proseslerinin tümüne birden **Metabolizma** denir.*

Mikroorganizmalar tarafından tüketilen besinin bir kısmı enerji oluşumuna ve atık ürünlere yol açan katabolizma da kullanırken, kalan kısmı da anabolizma faaliyetleri için kullanılmaktadır. Canlı hücrelerin türleri ve yaptıkları faaliyetleri ne olursa olsun, kullandıkları enerji ve biyokimyasal reaksiyonları birbirine çok benzer. Mikroorganizmalar da enerjilerini uzun reaksiyonlar sonucu elde ederler. Yani, **aniden enerji üretemezler**. Enerji oluşum mekanizmalarını gerçekleştirebilmek için de, kendi içlerinde bir takım reaksiyonları yapmak zorundadırlar. Mikroorganizmaların bu reaksiyonlar gerçekleşmeden enerji elde etmeleri mümkün değildir.

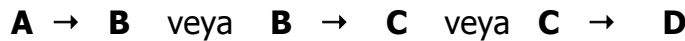
Eğer bir mikroorganizma hücresi, enerji elde etmek istediği zaman,



reaksiyonlar zinciri oluşmak zorundadır. Bu reaksiyon zincirinin her bir adımında meydana gelen enerji de fosfor bağları içinde depolanır.



Reaksiyonu termodinamik olarak gerçekleşse bile ara reaksiyonlar yani;



Reaksiyonların gidişi termodinamik açıdan mümkün olmayabilir. O halde hücrelerde meydana gelen bütün reaksiyonlar birleşik olarak meydana gelirler.



A → B, Reaksiyonunda meydan çıkan enerjiyi ikinci bir reaksiyon alır ve absorbe eder. Eğer bu reaksiyon ısı alan bir reaksiyon ise, **X → Y** reaksiyonu enerji verir. Bu iki reaksiyonun toplam enerjisi negatif ise, reaksiyon termodinamik olarak oluşur.

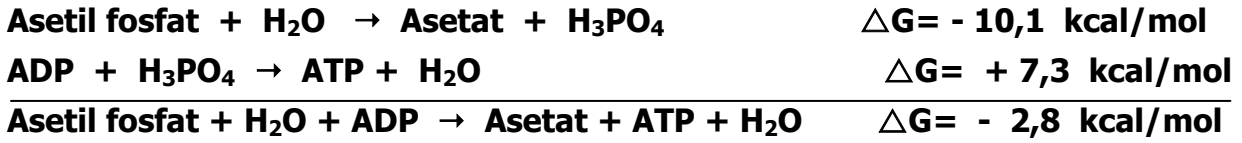
1. ÖRNEK: Hücre içinde,



böyle bir reaksiyon cerayan ediyorsa, bu olay kendiliğinden oluşur. Bu sırada hemen bu reaksiyonun yanında hemen,

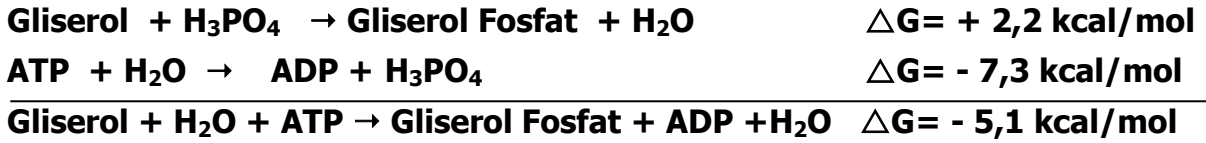


Reaksiyonu meydana gelir. Bu reaksiyonun toplamı;



Oluşan reaksiyonların enerjileri **ΔG=-2,8 kcal/mol** olduğundan, bu reaksiyon kendiliğinden olur.

2. ÖRNEK:



Sonuç olarak;

Asetil fosfat → Asetat, ADP ~ ATP, Gliserol → Gliserol Fosfat'a dönüştürülüyor.

Bu dönüşüm esnasında ADP ~ ATP 'ye sürekli çevriliyor ve bu çevrim esnasında da enerji elde ediliyor veya kullanılıyor. **Yukarıdaki misallerde de görüldüğü üzere, biyokimyasal reaksiyonlarda büyük bir enerji kaybı vardır. Bu kayıp, ısı enerjisi olarak ortaya çıkar.**

Glikoz **kimyasal olarak** yakılırsa; karbondioksit, su ve 686 kcal/mol enerji ortaya çıkar.



Glikozu **aerobik olarak** parçalarsak, yaklaşık 10 ≈ 15 reaksiyon sonucunda CO₂, H₂O ve 32 ATP (-233 kcal/mol) lik enerji ortaya çıkmaktadır.



Glikozun aerobik parçalanmasında, toplam enerjinin ($-233 / -686 = 0,34$) yaklaşık % 34'lük kısmı tutulur. Geri kalan % 66 lik kısmı kaybolur. Bu kayıp ise ısı enerjisi şeklinde olur. Glikoz en kolay ayrışabilen madde olmasına rağmen ancak **% 34'lük** kısmı tutulabilmektedir. Eğer Glikoz **anaerobik olarak** (fermantrasyonla) ayrıştırırsak; 9 reaksiyondan sonra laktik asit ve 2 ATP ($-14,6 \text{ kcal/mol}$) lik enerji ortaya çıkmaktadır.



Glikozun anaerobik parçalanmasında, toplam enerjinin ($-14,6 / -686 = 0,02$) yaklaşık % 2'lik kısmı tutulur. Geri kalan % 98'lik kısmı kaybolur. Bu kayıp ise, ısı enerjisi şeklinde olur. Dolayısıyla anaerobik fermentasyon yapabilen canlı hücreler enerjilerinin **% 98** sini kaybeder.

Anaerobik reaksiyonlarda ortama çok ısı verilir. Buna karşılık oluşabilecek biyokütle miktarı ise çok azdır. Yaklaşık % 2 mertebesinde. Aerobik reaksiyonlarda ise oluşan biyokütle miktarı fazladır. Dolayısıyla Aerobik proseslerde oluşan çamur miktarı ise, daha fazladır. Canlılar bu enerjilerinin % 100 ünü elde etselerdi, o zaman oluşan biyokütle çok daha fazla olurdu. Hâlbuki hücreler ancak % 34 ünü kullanabilme özelliğine sahiptir. **Bu durum biyolojik arıtma sistemlerinde önemlidir.** Bununla beraber hücre, istediği zaman istediğini yapma yeteneğine sahiptir. Yani reaksiyonları istediği basamakta durdurup, istediği yöne çekebilir.

Hücre içinde cereyan eden biyokimyasal olayların tümü belirli basamaklardan geçer. Bu işlemlerin ilki, parçalanma reaksiyonları (katabolizma) dır. Diğerisi ise, parçalanma reaksiyonunu takip eden sentez reaksiyonları (anabolizma) dır. Bu olay aşağıdaki gibi şematize edilebilir.

KATABOLİZMA	ANABOLİZMA
Hazırlık Reaksiyonları Δ Esas Çevrimler	Δ Sentez Reaksiyonları

Bu olay tüm mikroorganizmalar için (aerobik, anaerobik olsun) geçerlidir. Esas çevrimler hücre içinde sürekli olurlar. Mikroorganizmalar aldıkları maddeleri ya parçayıp enerji depolarlar yahut da sentez için gerekli ara maddeleri yaparlar. Mikroorganizmalar sentez reaksiyonlarında ise, hem çoğalma, hem de hayati faaliyetleri için kendilerine gerekli maddeleri hazırlar.

Mesela, bir hücrenin A proteine ihtiyacı var. Bu proteini hücreye hazır olarak versek bile, hücre önce bu proteini parçalar, esas çevrimlere sokar ve sonra sentez yapar.

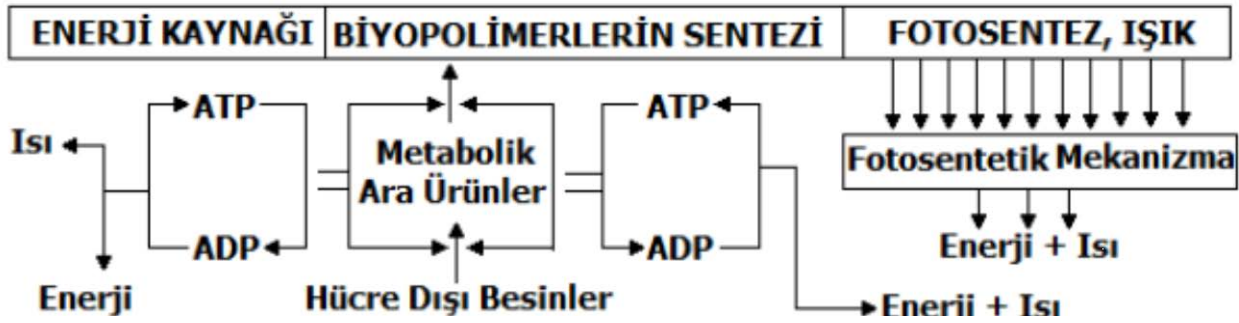
Hücre dışarıdan aldığı tüm maddeleri bu işlemlerden geçirir. Hazır olarak verilmiş veya parçalanmış olarak verilmesi bu işlemlerin yapılmasını engellemez. Ancak bu işlemlerin süresini kısaltabilir. *Bunun tek istisnası vardırki, o madde de dir.*

VII.9. Mikroorganizmaların Enerji Kaynakları

Mikroorganizmalar enerji ihtiyaçlarını uygun şekilde iki farklı kaynaktan elde ederler. Bu enerjiler;

- ✓ Fotosentetik pigmentler tarafından tutulan ışık enerjisi
- ✓ Biyolojik oksidasyon-redüksiyon ile üretilen kimyasal enerji

dir. Her iki durumda da enerji, gerektiğinde kullanılmak üzere enerji taşıyıcısı olarak görev yapan ATP' de depolanır. Mikroorganizmaların enerji mekanizmaları Şekil 52. de gösterilmiştir.

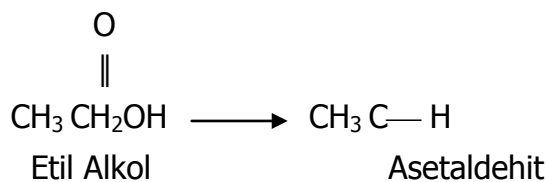


Şekil 52. Mikroorganizmaların Enerji Mekanizmaları

VII.10. Oksidasyon

Oksidasyon, oksitlenen maddeden oksitleyiciye elektron transferidir. Biyolojik sistemlerin çoğunda substratın oksidasyonunun her adımında $2e^-$ ve aynı anda $2H^+$ atomunun kaybedilmesine eşdeğerdir. Bu nedenle oksidasyon yerine iki hidrojen kaybı anlamında **"Dehidrogenerasyon"** da denir. Aynı zamanda hidrojen kaynağı olarak da isimlendirilmektedir.

Biyolojik oksidasyon, adım adım hidrojen atomlarının ayrılması ile gerçekleşir. Ayrılan hidrojen atomları, hücre içinde ilk hidrojen alıcıları olarak görev yapan koenzimlere (NAD, FAD) transfer olur.



Koenzimler hücre içinde sınırlı sayıda bulunurlar. Hücre koenzime ihtiyaç duyduğu zaman hidrojen atomları, ilk alıcıdan “ **nihai elektron alıcısı** ” na transfer olarak yeniden oksitlenmiş halinde geri döner. Mikroorganizmalar ise, hidrojen alıcısı ve vericisi açısından çok farklılık gösterirler. *Organik ve indirgenmiş inorganik bileşikleri hidrojen vericisi olarak* kullanılabilirler. Aynı zamanda moleküler oksijen ve nitrat, sülfat gibi diğer inorganik maddelerin elektron alıcısı olarak bulunması durumunda, organik maddenin CO₂’e kadar tamamen yükseltgenmesi mümkündür.

Moleküler oksijen **e⁻ alıcısı** olduğu zaman, “**aerobik solunum**”, diğer inorganik maddelerin **e⁻ alıcısı** olduğu zaman, “**anaerobik solunum**” tabiri kullanılır. Oksijen ya da diğer inorganik elektron alıcıları olmadığı zaman, *elektron alıcıları organik maddenin kendisi tarafından üretilir.*

VII.11. ATP Üreten Sistemler

ATP üreten sistemler en genel anlamda, **Fotosentez ile fosforilizasyon** ve **Biyolojik Oksidasyon-Redüksiyon** olmak üzere iki grup altında toplanmışlardır.

1. Fotosentez ile fosforilizasyon



2. Biyolojik Oksidasyon-Redüksiyon

a) Oksidatif Fosforilizasyon

Aerobik Solunum: Elektron alıcısı ve vericisi olarak O₂ kullanılması durumunda elektron alıcısı oksijen ve oksitleyici de oksijen’dir. **O₂ → H₂O**

Anaerobik Solunum:

1. Elektron alıcısı ve vericisi olarak NO₃⁻ kullanılması durumuna nitrat indirgenmesi



2. Elektron alıcısı ve vericisi olarak SO₄⁼ kullanılması durumuna sülfat indirgenmesi, (zorunlu aerobikler) **SO₄⁼ → H₂S**

3. Elektron alıcısı ve vericisi olarak CO₃⁼ kullanılması durumuna karbonat indirgenmesi, (zorunlu aerobikler) **CO₃⁼ → CH₄**

gibi isimler verilmektedir.

b) Substrat Seviyesinde Fosforilizasyon:

Bu yolla ATP üretim mekanizması yalnızca fermantasyon işleminde vardır. Organik maddenin, elektron alıcısı ve oksitleyicisini kendisinin oluşturması ile meydana gelen ATP üretim mekanizmasına denir.

VII.12. Mikroorganizmaların Metabolik Sınıflandırılması

Mikrobiyal hücrelerin yapısını oluşturan temel elementler karbon, oksijen, azot, fosfor, hidrojen ve sülfürdür. Hücre bileşenlerinin biyosentezi için zorunlu olan diğer nütrientler, Katyonlar (**Örneğin**, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{++}), Anyonlar (**Örneğin**, Cl^- , SO_4^{2-}) ve Eser elementler (**Örneğin**, Co, Cu, Mn, Mo, Zn, Ni, Se)'dir. Bunlarla beraber farklı enzimlerin kofaktörleri veya bileşikleri olarak hizmet gören vitaminler (**Örneğin**, Riboflavin, Tiamin, Niakin, Vitamin B₁₂, Folik asit, Biotin ve B₆) gibi büyüme faktörlerinin de olması gereklidir. **Örneğin**;

Tipik bir *E. coli* hücresi, takriben % 70 ini su, % 3 ünü karbonhidratlar, % 3 ünü Amino asitler, Nükleotidler ve lipidler, % 22 sini makro moleküller (çoğunlukla RNA ve DNA gibi proteinler) ve % 1 ini ise inorganik tuzlar ihtiva eder.

Mikroorganizmalar karbon kaynağına (CO₂ veya organik karbon) ve enerji kaynağına (inorganik veya organik kimyasalların oksidasyonunu veya ışık) ihtiyaç duyarlar. Mikroorganizmaların metabolik sınıflandırılmalarında başlangıçta **enerji ve karbon** kaynağı olmak üzere başlıca iki kriter esas alınır.

Fototrofikler

Enerji kaynağı olarak ışığı kullanan mikroorganizmalara **fototrofik organizma** adı verilir. Fototrofik organizmalar, kendi içlerinde fototrofik ve fotoheterotrofik olarak iki kısma ayrılırlar.

- 1. Fototrofikler:** Besinlerini kendileri hazırlayan organizmalar grubu olup; Algler, Mavi yeşil algler ve Fototrofik bakteriler olarak da isimlendirilen fotosentetik bakterileri içerir. Fototrofik organizmalar karbon kaynağı olarak CO₂'i ve elektron vericisi olarak da H₂O, H₂ veya H₂S kullanırlar.
- 2. Fotoheterotrofikler:** Organik bileşikleri hem karbon kaynağı hem de elektron alıcısı olarak kullanarak ışıktan enerji elde eden fakültatif heteeotrofik organizmalara denir.

Kemotrofikler

Organik veya inorganik bileşiklerin oksidasyonu vasıtasıyla enerjilerini temin eden organizmalara kemotrofik organizmalar denir. Kemotrofikler, Litotrofikler (kemotorofikler) ve heterotrofikler (organotrofikler) olarak iki kısma ayrılırlar.

- 1. Litotrofikler (Kemotrofikler):**Çoğunlukla aerobik olan, karbon kaynağı olarak CO₂'i kullanan (karbon fiksasyonu) ve enerjilerini (NH₄, NO₂, H₂S, Fe²⁺, veya H₂ gibi) inorganik bileşiklerin oksidasyonu vasıtasıyla temin eden organizmalara denir. Azot fikse eden bakteriler, sülfür okside eden bakteriler ve hidrojen bakterileri en önemli bakteri gruplarını oluşturur.

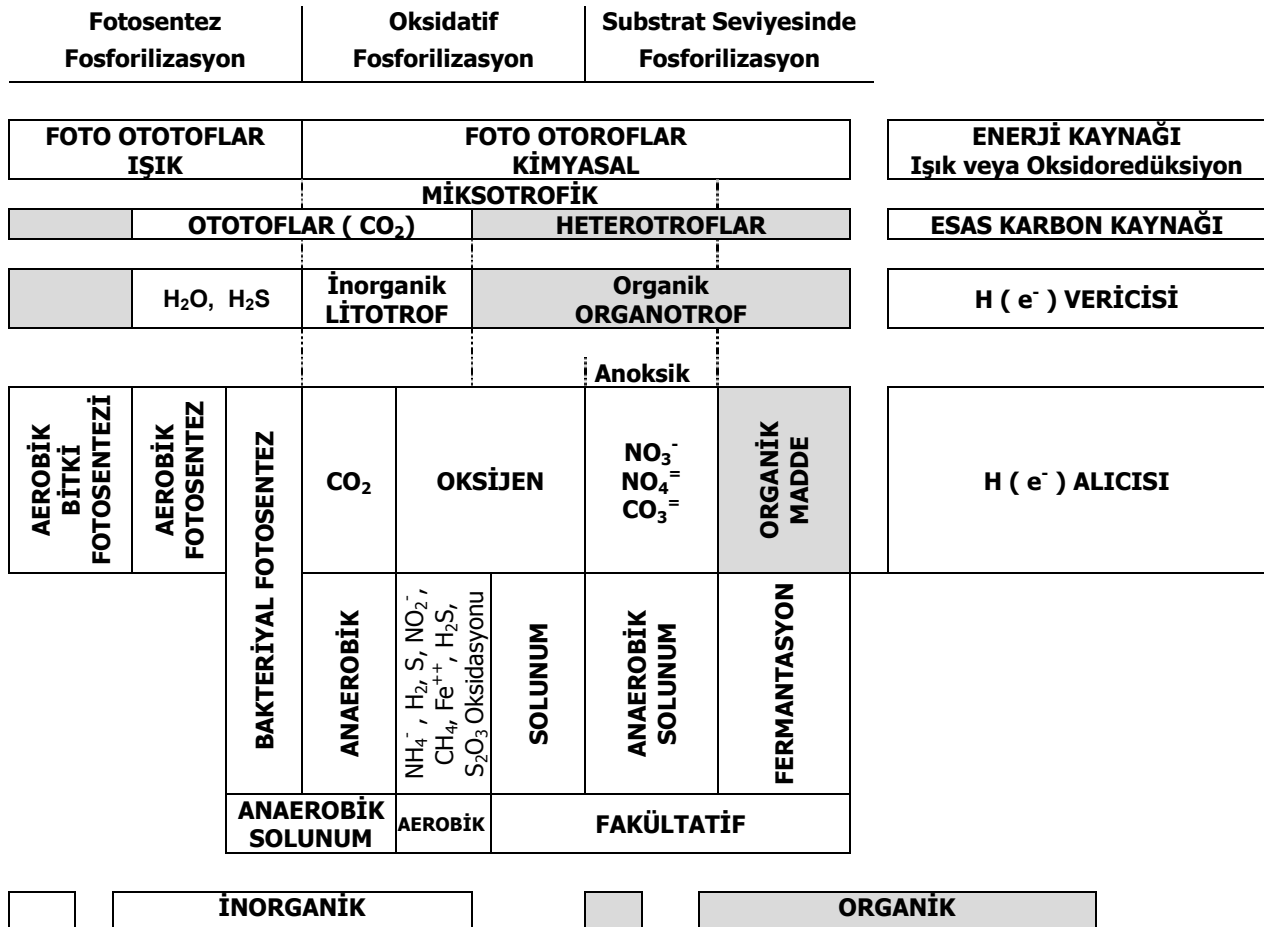
2. Heterotrofikler (Organotrofikler) : Bu gruba giren mikroorganizmalar Organik bileşikleri hem karbon kaynağı, hem de enerji kaynağı olarak kullanırlar.

Çevre Mikrobiyolojisi açısından bu ayırım yetersizdir. Çevre mühendisliği açısından mikroorganizmaların metabolik sınıflandırılması, besi maddesi ihtiyaçları ile birlikte karbon kaynağı, enerji kaynağı ve **elektron verisi** de çok önem arz eder. Tablo 5. de mikroorganizmaların metabolik gruplandırma isimleri verilmiştir.

Tablo 5. Mikroorganizmaların Metabolik Gruplandırılması

KARBON KAYNAĞI		ENERJİ KAYNAĞI		ELEKTRON VERİCİSİ	
İnorganik	Organik	Kimyasal	Işık	İnorganik	Organik
Ototrofik	Heterotrofik	Kemotrofik	Fototrofik	Litotrofik	Organotrofik

Bu ayırım biyolojik arıtma açısından önemlidir. Bu ayırma dayanarak biyolojik arıtma sistemlerinde rastlanan enerji, karbon kaynağı ve elektron vericisi ve alıcısı açısından incelenmesi Şekil 53. de şematize edilmiştir.

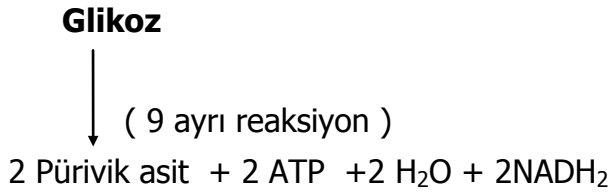


Şekil 53. Mikroorganizmaların Metabolik Gruplandırılması

VII.13. Çevrimler

Bütün canlılarda esas çevrimler görülür. Çevrimler kabaca 4'e ayrılır.

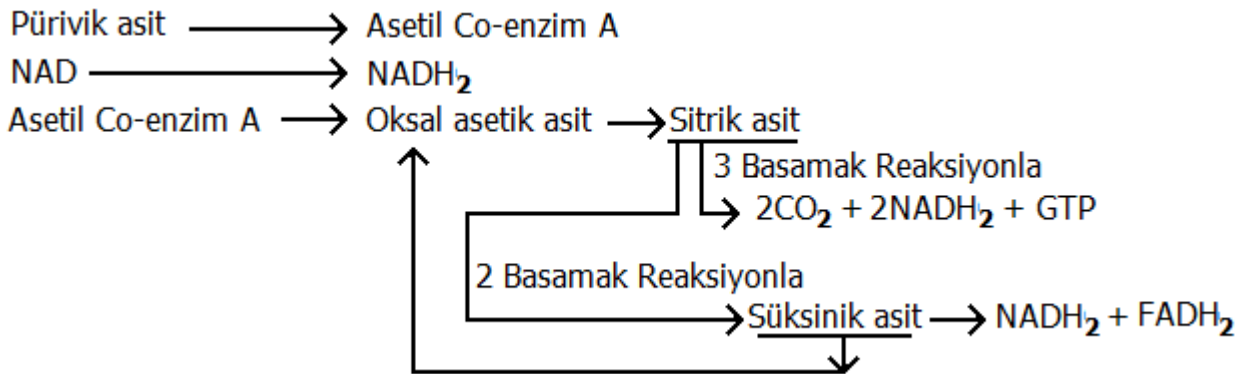
1. EMB Yolu: Zincir halinde reaksiyonlar olarak ortaya çıkan bu yola **glükolisis yolu** da denir. EMB, ilk defa bu yolu bulan kişilerin isimlerinden (Emden-Meyerhof-Bornos) oluşturulmuştur. EMB çevrimi, esas olarak glükozun parçalanması işlemidir. Glüköz 9 ayrı reaksiyon sonucunda, pirüvik asite kadar parçalanmaktadır. Anaerobik canlılarda pirüvik asit, doğrudan laktik asite döner ve işlem bu noktada biter.



NADH₂: Hidrojen transferinde kullanılan özel bir maddedir. Hücrede organik maddelerin parçalanması veya oluşumu esnasında e- iletim sistemlerini taşıma görevi yapar. Elektron taşımada H₂'i Oksijene verince yeni bir ATP üretimi meydana gelir.

2. HMP (Hegzos Mono Fosfat) Yolu: DNA ve RNA'nın ana maddelerinden olan Riboloz 5 fosfatın üretilmesi işlemine dayanan çevrim yoludur. Bu çevrim ile fazla enerji üretilmez, fakat sentezin ana maddesi elde edilir. Mikroorganizmalar çevrimleri enzimler vasıtasıyla sürekli kontrol altında tutabilirler. Makro canlılarda ise çevrimler, hem enzimler ile hem de hormonlar vasıtasıyla kontrol altında tutulurlar.

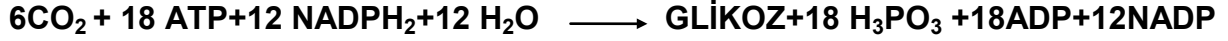
3. TCA Çevrimi (=Trikarboksilik Asit Çevrimi): Bu çevrime Krebs Çevrimi adı da verilmektedir. Bu çevrimde pirüvik asit asetil Co-enzim A'ya, Asetil Co-enzim A'da Oksalasetik asit ve sitrik asite kadar çevrilir.



Bu çevrimin gayesi, mikroorganizmaların sadece sentez için gerekli başlangıç maddelerini üretmektir. Bununla birlikte aerobik canlılar bu çevrim vasıtasıyla bir de enerji üretmeyi planlıyorlar. Anaerobik canlılar bu çevrimi yapmıyorlar.

Mikroorganizmalar çevrim faaliyetlerini sürekli olarak kontrol altında tutmaktadırlar. Aynı zamanda mikroorganizmalar çevrim faaliyetlerini istedikleri noktadan veya yerden kesebilmektedirler. Bu işlemi enzimleri denetleyerek yapıyorlar.

4. Kalvin Çevrimi: Kalvin çevrimi yalnız fotosentez yapabilen canlılarda görülen çevrimdir. Calvin çevrimi 15 reaksiyon sonucu;

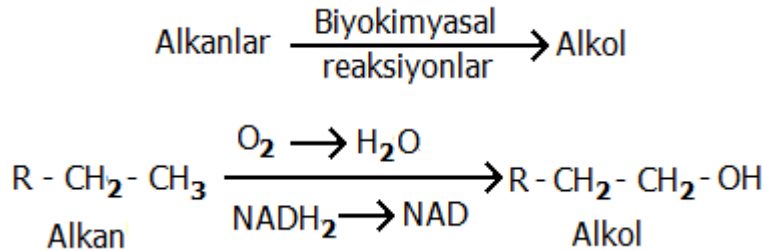


Bu çevrim ototrof canlıların (inorganik karbon kaynağı ile beslenen) ortak özelliğidir.

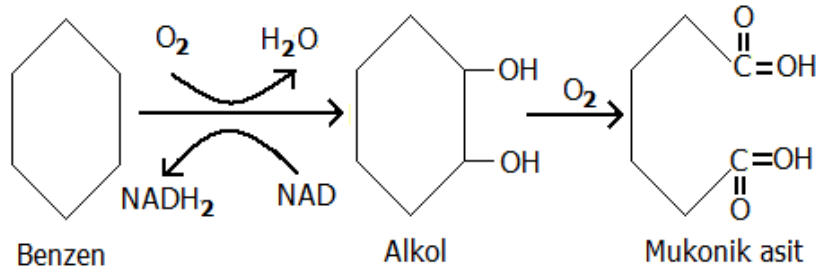
Çevrimler Aerobik midir, anaerobik midir?

Çevrimlerin hepsi aerobik canlılarda kesinlikle mevcuttur. Anaerobik anlılarda bu çeşit yolların ya bir kısmı yok, ya da çevrim tam olarak gerçekleşmiyor. Krebs Çevrimi bazı canlılarda ya kısmen var, ya da hiç yoktur.

Oksijen çeşitli biyokimyasal reaksiyonlarda bir girdi olarak kullanılıp, yüksek karbonlu maddeleri parçalıyor. Bazı organik maddeleri parçalayabilmek için oksijene ihtiyaç vardır. Dolayısıyla bu maddeleri aerobik canlılar parçalayabiliyor. Anaerobik canlılar bir alkani parçalayabilme özelliğine sahip değildirler. Mesela;



Benzenin parçalanmasında da mutlaka oksijene ihtiyaç vardır. Reaksiyona oksijen girmezse benzen parçalanamaz.



Mukonik asitde asetil Co-enzim A'ya kadar çevrilebiliyor. Alkan ve Benzen ihtiva eden atıksuları, biyolojik olarak ancak *aerobik sistemlerde* artabiliriz. Septik tanklarında bu maddeler ayrışmadığı için su üstünde bir tabaka halinde kalıyor.

BÖLÜM VIII: BÜYÜME KİNETİĞİ

VIII.1. Giriş

Biyolojik arıtma, atıksuların arıtılmasında farklı mikroorganizma (bakteri, protozoa, alg vb.) topluluklarının yer aldığı bir sistemdir. Sistemdeki farklı mikroorganizma topluluklarının büyüme hızları da farklıdır. Arıtma sistemlerinde rol oynayan en önemli mikroorganizma grubunu bakteri toplulukları oluşturur. Büyüme hızına, arıtma sisteminin tipi ve özellikleri ile bakterilerin bekleme süreleri tesir eder. Arıtma sisteminin seçimi, sistemdeki karışımın tam olabilmesine imkân sağlamalıdır. Arıtma sistemini besleme şekli, mikroorganizma büyümesine ve besi maddesi giderimi üzerinde etkilidir. Organik maddenin arıtma sisteminde son ürünlere dönüşümünün etkili olabilmesi için, dönüşümü gerçekleştirecek bakteri topluluklarının yeterli sayıda olması gerekir. Aynı zamanda arıtma sistemlerindeki hidrolik bekleme süresi, mikroorganizmaların büyümesi üzerinde etkilidir.

Atıksu arıtma proseslerinde uygulanan modeller deneysel ve teorik olarak geliştirilmiştir. Deneysel ve teorik yaklaşımlar genelde tesise organik madde girişi ve gideriminin birinci mertebe kinetiğine uyduğunun kabul edilmesidir. Bu yaklaşımın klasik biyolojik arıtma sistemlerinde arıtılan evsel atıksular için çok uygun olduğu görülmüştür. Endüstriyel atıksular için bu yaklaşım, endüstri tipi ve atıksu özelliklerine göre değişiklik arz eder.

VIII.2. Biyolojik Büyüme

Organik maddenin başlangıç anından itibaren besin olarak bakteriler tarafından tüketilerek yer değiştirmesi olayı büyüme (çoğalma) olarak adlandırılır. Başka bir ifade ile büyümeyi, mikroorganizma yapısının oluşturan maddelerin oransal olarak artışına büyüme denir. Ortamdaki tüm şartlar büyüme için elverişli ise, bakteri büyür ve bölünür. Bu bölünme eksponansiyel 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128,... 2^n olarak devam eder.

İlk başlangıç hücre sayısı	1 iken,
Birinci jenerasyonda	2
İkinci jenerasyonda	4
Üçüncü jenerasyonda	8
n jenerasyonda	2^n

olur. Bakterilerin bulundukları yerde her bölünmede sayılarını 2 katına çıkması olayına **jenerasyon** adı verilir. İki jenerasyon arasında geçen zamana ise, **jenerasyon süresi** denir. Bakterilerin bölünerek sayılarını sürekli artırıyorlar. Bu çoğalma aynı zamanda belli bir zaman aralığında gerçekleşmektedir. Mikroorganizmaların artışı sayısal olarak (rakamsal)

meydanda ve geçen süre de zaman olarak bilindiğine göre mikroorganizmanın büyümesini grafik olarak göstermek mümkündür. **Örneğin;** *Echerichia coli* bir sıvı ortamına ekilmiş ve belli aralıklarla *E. coli* hücreleri sayılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 6. da verilmiştir.

Tablo 6. Belli Zaman Aralığında *Echerichia coli* Hücreleri

Saat	Canlı Hücrelerin Sayısı (adet/cm ³)	Hücrelerin Toplam Sayısı (adet/cm ³)
0	20.000	20.000
2	21.900	27.200
4	496.000	540.000
6	5.430.000	6.400.000
8	81.900.000	105.000.000
12	83.400.000	126.300.000
24	80.500.000	127.600.000
36	1.127.000	127.900.000

Durgunluk (alışma, başlama fazı) döneminden logaritmik döneme geçildiğinde Örneğin; 1 milimetresinde 10.000 adet *E. coli* olan bir kültürde,

- 1.Jenerasyonda bu sayı, 20.000 adet,
- 2.Jenerasyonda bu sayı, 40.000 adet,
- 3.Jenerasyonda bu sayı, 80.000 adet,
- 4.Jenerasyonda bu sayı, 160.000 adet,
- 5.n. jenerasyonda bu sayı, 10.000 x 2ⁿ adet, olur.

Burada başlangıç bakteri sayısı 10.000 iken,

$$S_0 = 10.000$$

n jenerasyondaki bakteri sayısı ise,

$$S_n = S_0 \times 2^n$$

olur. Biz formülü kullanmak suretiyle logaritmik dönemin herhangi bir anında, belirli bir jenerasyon sonra kaç tane hücre oluştuğunu hesaplayabiliriz. Şayet S₀, S belli ise, buradan (n) jenerasyon sayısı da hesaplanır.

S_n = S₀ x 2ⁿ nin logaritmasını almak suretiyle;

$$\text{Jenerasyon sayısı, } n = \frac{\log S_n - \log S_0}{\log 2}$$

n jenerasyon oluşumu için geçen zamanı, **Z** ve jenerasyon süresini de **G_s** ile ifade edecek olursak,

$$\text{Jenerasyon Süresi, } G_s = \frac{Z}{n}$$

Tablo 6. daki değerlere bakarak, **n** ve **G_s** yi hesaplayabiliriz.

$$S_0 = 21.900$$

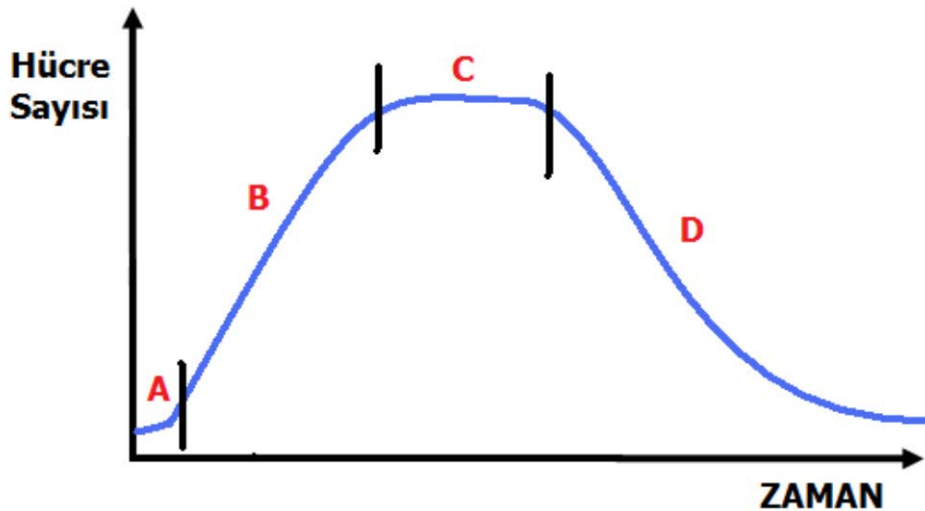
$$S = 5.430.000$$

$$n = \frac{\log 5.430.00 - \log 21.900}{\log 2} = 7.95 \approx 8$$

$$G_s = \frac{4 \times 60}{8} = 30 \text{ dakika olarak bulunur.}$$

VIII.3. Mikroorganizma Büyüme Eğrisi

Canlı mikroorganizmaların sayısının zamana göre grafiğini logaritmik olarak çizersek, E. coli hücrelerinin başlangıçta çok yavaş büyüdükleri, belli bir süre sonra logaritmik olarak artış gösterdikleri ve ortamda besi maddesi azalınca ölüm olayının hızlandığı görülmektedir. Mikrobiyolojik deneyler sonucu oluşturulan bu grafikler, mikrobiyolojik popülasyonların çoğalma ve azalma tanımlarında kullanılırlar. Bakteri büyümesi olarak da adlandırılan bu olay Şekil 54. de gösterilmiştir.



Şekil 54. Bakteri Büyüme Eğrisi

Şekil 54.den de görüleceği üzere bakteri büyümesi genel olarak dört adımda gerçekleşir. Bu adımlar;

- A. Lag Dönem
- B. Logaritmik Çoğalma Dönemi
- C. Durma (Kararlı hal) Dönemi
- D. Logaritmik Azalma (ölüm) Dönemi

A. Lag Dönem: Mikroorganizmaların bulundukları ortamda sayıları sabit olup, bölünmenin olmadığı ve mikroorganizmaların kendilerini üremeye hazırladıkları, metabolik faaliyetlerinin arttırdıkları safhadır. Mikroorganizmalar aktif olarak çoğalabilmeleri için kendilerini bulundukları ortama adapta etmek zorunluluğundadırlar. Bu safhada mikroorganizmalar iki hücreye yetecek protoplazma ve diğer lüzumlu maddelerin sentezi yapılmakta ve çoğalma için gerekli enzimler oluşturulur.

Alışma süresi substrat ile mikroorganizma uyumlu ise, kısadır. Mikroorganizma ile substrat uyumsuz ise uzun olabilir. Bu dönemin uzunluk ve kısalığı mikroorganizma cinsine ve ortamın özelliklerine, pH, ısı, rutubet vb. diğer faktörlere de bağlıdır. Bu safhada mikroorganizma artık bölünmeye başlamaktadır. Ancak çoğalma zamana bağlı olmak üzere artmakta ve buna göre de bu dönemdeki çoğalma sabitlik göstermektedir. Lag dönemi **alışma dönemi** de denilmektedir.

B. Logaritmik Çoğalma Dönemi: Bu dönemde hücreler hızlı bir bölünme durumuna girdiklerinden, bir bakteri bireyi bir kaç dakika gibi çok kısa süreler içinde bölünerek adeta bir bakteri popülasyonu patlaması diyebileceğimiz bir büyüme durumu görülür. Bu arada bazı bakteriler ölür, fakat çoğalma hızı karşısında çok az ve ihmal edilebilir. Çok hızlı bir büyüme görülür. Bu dönemdeki hücre sayısının logaritması zamana karşı düz bir eğri göstermektedir.

Logaritmik dönemdeki çoğalma, sonsuz olarak devam etmeyip, ortamdaki besin maddelerinin azalması, metabolizma artışı toksik maddelerin fazlaşması, pH'ın elverişsiz hale gelmesi nedeni ile respirasyon ve beslenme güçleşmekte ve bu nedenle üreme azalmaya başlamaktadır.

C. Durma (Kararlı hal) Dönemi: Bu duruma ulaşıncı mikroorganizma bulunduğu ortamda bazı değişiklikler meydana getirmiş olmaktadır. Hızlı büyüme sonucu ortamdaki besin maddeleri azalmış ve hücrelerin metabolik faaliyetleri sonucu ortama verilen metabolitler artmıştır. Ortamda biriken maddeler de besin azlığı gibi büyüme için sınırlayıcı etki yaparlar. **Örneğin;**

Maya hücreleri alkol salgırlar. Salgıladıkları alkol ortamda % 15'i geçtiği zaman öldürücü olmaktadır. Bu safhada üreme yavaşlamakta, çoğalma oranında hücre

ölmektedir. Dolayısıyla canlı hücre sayısı aynı kalmaktadır. Populasyon eğrisinde bu dönem düz veya düze yakın bir çizgi görülür. Bu dönemin uzunluğu veya kısalığı mikroorganizma türüne göre değişiklik gösterir.

D. Logaritmik Azalma (ölüm) Dönemi: Ölüm dolayısıyla, ölenlerin sayısının yeniden meydana gelenlerin sayısından fazla olmaya başladığı dönemdir. Bu dönemde ortam şartları bakterilerin çoğalmalarına elverişsiz hale geldiğinden hücreler süratle ölmekte ve bu ölüm olayı logaritmik olarak meydana gelir. Populasyon eğrisinde bu dönem düz bir çizgi halinde görülmektedir. Bakteriler ortamdan tamamen yok olmazlar. En azından bir kaç tanesi hayatını devam ettirir.

Son uyku dönemi de adı verilen bu dönemde bakterilerin tamamen yok olması için uzun müddetin geçmesi gerekmektedir.

VIII. 4. Çevre Mühendisliği Açısından Büyüme

Çevre mühendisliği açısından büyüme fazları bize niçin gereklidir. Biyolojik arıtma tesislerinde mikroorganizmaların bu özelliklerinden faydalanırız. Bu işlem nasıl gerçekleşir.

- ✓ Evvela arıtma tesisinde arıtılabilecek bir atık suyumuz olması lazımdır.
- ✓ Bu atık suya ait doğru ve tam değerlendirilebilir verilerin olması gerekir. Atık suyun özelliklerini ve değişiklik aralıklarını çok iyi bilmek zorundayız.
- ✓ Atık su özelliklerinin biyolojik arıtma için yeterli olup olmadığı araştırılmalıdır ve bu atık suyu biyolojik arıtma da arıtılabilir miyiz?
- ✓ Bu özellikteki atık suyun biyolojik arıtma sistemlerinde arıtılması esnasında, sistemi kararlı dengede tutabilmek için elimizdeki veriler yeterlimidir?
- ✓ Atıksu içindeki C, N, P ve diğer maddelerin biyolojik arıtma için yeterli miktarda olup olmadığını, bunlardan birini veya ikisine takviye gerekip gerekmediğini tespit etmeye çalışırız.

Bütün bu işlemleri nasıl yapacağız? Biyolojik arıtma tesisi ne iş yapıyor?

Biyolojik arıtma tesisi, bizim doğada veya laboratuarda görüp izlediğimiz olayları süratli bir şekilde kopya eder. Yani, biyolojik arıtma tesisinde atık suyu mikroorganizmalar substrat = besi maddesi olarak kullanır.

Bir takım biyokimyasal çoğalma reaksiyonları arıtma tesisi bünyesinde oluşur. Biyokimyasal reaksiyonların oluşması için ortam şartlarına uyum için belli bir süre geçmesi gerekir. Bu

sürenin uzunluğu mikroorganizmaların ortamdaki besin maddelerini parçalayabilecek enzimlere sahip olup olmadığına bağlıdır. Şayet mikroorganizmalar bu enzimlere sahip değilse, 1. devrede bu enzimleri üretecek ve bu süre daha da uzun olacaktır.

VIII.5. Biyolojik Büyüme Kinetiği

Biyolojik arıtma sistemine (örneğin Aktif çamur sistemi) sürekli atıksu girişi varsa, bu arıtma tesisinde mikroorganizmalar maksimum çoğalma hızı ile çoğalmaya devam eder.

Logaritmik artış fazında;

$$dx/dt = \mu_x$$

Burada;

X = Arıtma tesisindeki mikroorganizma, biyokütle

μ = Spesifik çoğalma hızı (Yani, ortamdaki tüm mikroorganizmaların ortalama çoğalma hızı veya incelenen topluluğa ait çoğalma hızı) .

μ_x = Maksimum Spesifik çoğalma hızı

Herhangi bir **t** anında ise, **$N_t = N_0 e^{\mu t}$** yazabiliriz.

Arıtma tesisinde, spesifik çoğalma hızı sürekli olduğunda mikroorganizma topluluğu sürekli çoğalacaktır. Gerekli besi maddesi bitince çoğalma hızı azalıyor ve depo maddelerini kullanmaya başlıyor. Kuvvetli zayıfı tüketmeye başlıyor. Kuvvetli mikroorganizmaların salgıladığı enzimlere dayanamayıp ölüyorlar. Kuvvetliler çoğalıyor. Ölen hücreler parçalan hücrelere eşit oluyor.

Aktif çamur sisteminin glikozla beslersek, normal olarak *E. coli* 20 dakikada bir çoğalır. 48 saat sonra 2^{144} *E. coli* hücresi meydana gelir. Bir *E. coli* hücresinin ağırlığı; 2×10^{-13} gram olduğuna göre, besi maddesi de mevcut ise toplam mikroorganizma ağırlığı, **24×10^{24} ton** olur. Dolayısıyla ufak sistemlerde denge fazına çok kısa sürede ulaşmak mümkündür. Arıtma sistemlerindeki organik maddelerin tüketilme hızı çok büyüktür ve tüketilme hızı gün mertebesinde. Şartların müsait olması durumunda büyüme hızı çok korkunçtur.

Denge Durumunda; ortamda canlı yaşamı için önemli olan substratın mevcut olmasına rağmen, hücrenin yaşamasına önemli etken olan karbon dışındaki N, P, vb. nütrientlerin azalması söz konusudur. Bu durumda arıtma sistemlerindeki mikroorganizmalar yeni şartlara göre yapılarını düzenlemeye çalışırlar. Arıtma sistemlerinde (bilhassa aktif çamur sistemlerinde) çok değişik türde mikroorganizma toplulukları yer almaktadır. Bu türlerden bazıları oluşan yeni şartlara çok kolay adapte olurlar. Bu mikroorganizmalar değişen çevre şartlarına adapte olmaları esnasında, bulundukları ortama enzim salgılayarak hem

kendilerinin dayanıklılıklarını artırır, hem de diğer mikroorganizmaları olumsuz yönde etkiler. Gerekli enzimleri üretemeyen yani hassas olan türler süratle ölmeye başlarlar. Örneğin, ortamda **Azot**un azalması durumunda Protozoa ile **Bakteri**lerin bazı türleri ölürler ve **Fungi** çoğalmaktadır.

Denge fazında mikroorganizmalar arasında ciddi bir rekabet vardır. Yani önemli bir mücadele, yaşam savaşı söz konusudur. En şanslı olan mikroorganizmalar ise, kendileri için gerekli olan enzimleri sağlayabilen organizmalardır. Denge durumunda sonuç olarak, substratı kolayca bünyesine alabilen yani organik maddeyi en kolay şekilde parçalayabilen bakteri veya mikroorganizma türleri gelişmektedir.

Denge fazında ortama uyum sağlayamayan mikroorganizmaları etkileyen diğer önemli bir husus, atıksu ortamındaki yeterli besi maddeleri mevcut olsa bile, bunlardan az olan veya azalan bir tanesi büyümeyi sınırlayıcı etki yapabilmesidir. Bundan dolayı denge fazında bu mikroorganizmalar çoğalmayı bir tarafa bırakıp yalnızca hayatta kalmak için uğraşırlar.

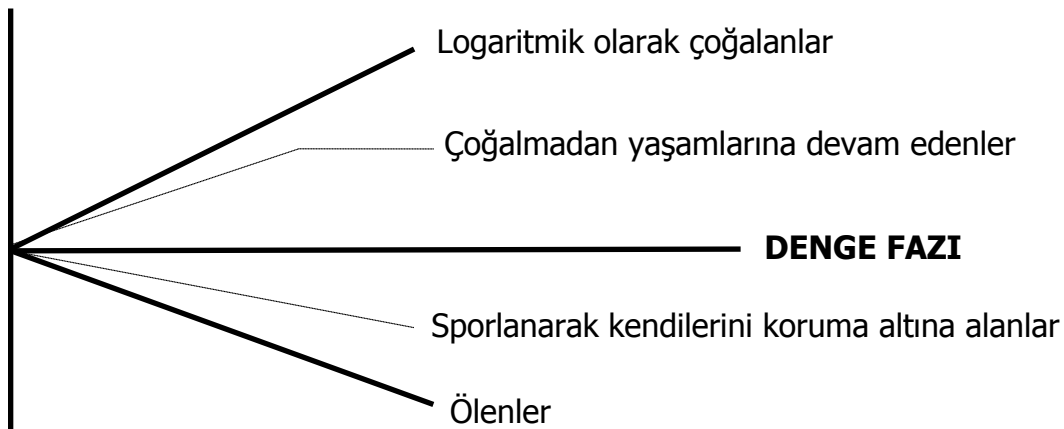
Denge fazına uyum sağlayan mikroorganizma türleri ise,

- ✓ Hem faaliyetlerini devam ettirirler,
- ✓ Hem de sürekli çoğalırlar.

Denge fazında ortama uyum sağlayamayan mikroorganizma türleri ise,

- ✓ Ya spor oluşturarak kendilerini koruma altına alırlar,
- ✓ Yahut da ölürler.

Belli bir zaman sonra ise, çoğalma ile uğraşanlar da, çoğalma faaliyetlerini durdurarak, faaliyetlerini yaşama şekline döndürürler. Mikroorganizmalar şartlar değişmediği takdirde spor oluşturarak kendilerini koruma altına alırlar. Denge durumundaki mikroorganizma faaliyeti Şekil 55.de gösterilmiştir.



Şekil 55. Denge Durumunda Mikroorganizma Faaliyeti

Aktif çamur sistemine sürekli substrat (besi maddesi) girişi nedeniyle büyüme sürekli olacaktır. Sürekli büyüme olursa, yani mikroorganizma üretilirse sistemde birikim meydana gelecektir. Sürekli mikroorganizma çoğalması yani birikimi olan sistemler kararlı bir şekilde dengede kalamaz.

Bu durumda ne yapmamız gerekir?

Mikroorganizmaların yeni ürettikleri miktar kadar mikroorganizmayı sistemden uzaklaştırmamız lazımdır. Yani biyokütle fazlasını sistemden atıp çamur arıtmaya vermemiz gerekir. Atılacak biyokütle (çamur miktarı ne kadar olacak bunu bilmemiz gerekir. Başka bir ifade ile ne kadar substrata ne kadar biyokütle üretiyoruz ve bunun ne kadarını atacağımızın bilinmesi önemlidir. Bu hem çamur arıtma hem de arıtma verimi açısından da önemlidir.

Ne kadar substrata ne kadar biyokütle üretiyoruz. Bu oranı bilmemiz gerekiyor ve bu oran bizim için önemlidir. Bu durumu matematik olarak şu şekilde ifade edebiliriz.

$$\frac{\text{Üretilen Biyokütle (X)}}{\text{Harcanan Substrat (S)}} = \text{Dönüşüm Oranı (Y)}$$

Burada,

$$\begin{aligned}\text{Dönüşüm oranı} &= Y \\ \text{Üretilen Biyokütle} &= X \\ \text{Harcanan Substrat} &= S\end{aligned}$$

olarak ifade edilğine göre;

$$\Delta X = Y \rightarrow \Delta S \quad \text{yazılır.}$$

Substrattaki ΔS azalması, X te ΔX kadar artış meydana getirecektir. Substrattaki azalmanın veya üretilen biyokütlerdeki artmanın zamana göre değişimini;

$$X_t - X_o = Y (S_o - S_t)$$

olarak yazabiliriz. Bu durumda; **$Y < 1$ dir.**

Değişik substratlar için dönüşüm oranları;

Glikoz için,	Y=0.62
Laktoz için,	Y=0.47
Prüvik asit için,	Y=0.68
Laktik asit için,	Y=0.29
Evsel atıksular için(aerobik)	Y=0.5-0.6 dır.

Y miktarı ile aktif çamur arıtma sisteminde oluşan çamur miktarı arasında doğrudan bir ilişki vardır. Yani, **Y** ne kadar yüksek ise, aktif çamur sisteminde çamur miktarı o kadar yüksek; **Y** ne kadar düşük ise, aktif çamur sistemindeki çamur miktarı o kadar düşük olur.

Dönüşüm oranının düşük veya yüksek olmasında, mikroorganizma türünün atıksudaki organik maddeyi parçalayabilme hızı da önemli rol oynamaktadır. Mikroorganizmalar atıksudaki organik maddeyi ayrıştırma yetenekleri ne kadar fazla ise **Y** değeri o denli yüksek olmaktadır. Çevre şartları (pH, sıcaklık, nütrientler vb.) da dönüşüm oranını etkileyen diğer önemli faktörlerdir.

Y < 1 oranı size ne ifade eder?

Mikroorganizmaların substratın hepsini biyokütleyle dönüştüremediklerini gösterir.

Monod (1949) sınırlayıcı besi maddesi konsantrasyonu ile özgül bakteri çoğalma hızı arasındaki münasebeti, inhibisyonun olmadığı kabulü ile

$$\mu = \mu_{\text{mak}} \frac{S}{K_s + S}$$

olarak ifade etmektedir.

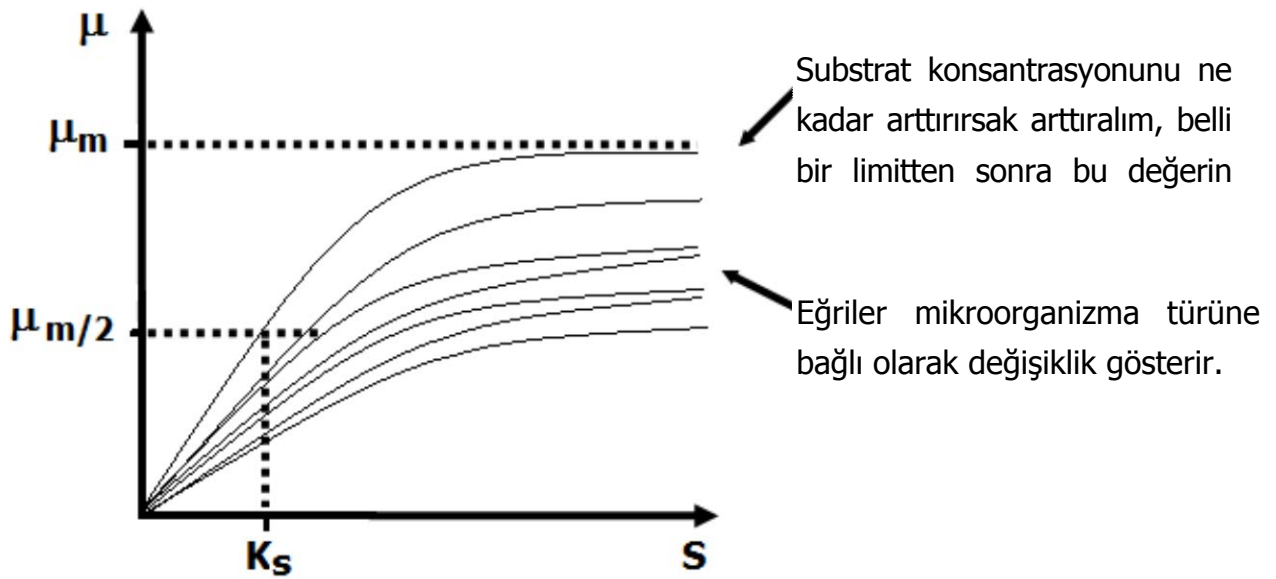
Burada; μ = Bakterilerin özgül çoğalma hızı,

μ_m = Maksimum özgül çoğalma hızı,

S = Büyümeyi sınırlandırıcı besi maddesi konsantrasyonu,

K_s = Yarı hız sabiti'dir.

μ ile S arasında bir bağlantı vardır. Bu bağlantı; μ değeri arttıkça, S nin de azaldığı veya μ değeri azaldıkça, S nin de azaldığı şeklindedir. Ancak S deki artışa bağlı olarak μ belli bir değere kadar artabilmektedir. Monod büyüme eğrisi Şekil 56. da verilmiştir.



Şekil 56. Monod Büyüme eğrisi

Bu durumu Monod, sistem içinde oluşan biyokütle miktarı ile kullanılan besi maddesi miktarı arasındaki oranın sabit bir değere (Y) eşit olduğunu göstermiştir.

$$Y = \frac{dX/dt}{dS/dt} = \frac{\mu_m}{K}$$

Burada;

Y: Mikroorganizma dönüşüm oranı (Biyokütleyle Dönüşüm Oranı)

X: Mikroorganizma konsantrasyonu,

K: Reaksiyon hız sabiti (Birim mikroorganizma kütlesi başına maksimum besi maddesi kullanım hızı) dir.

Bu durumu Monod, sistem içinde oluşan biyokütle miktarı ile kullanılan besi maddesi miktarı arasındaki oranın sabit bir değere (Y) eşit olduğunu göstermiştir.

$$Y = \frac{dX/dt}{dS/dt} = \frac{\mu_m}{K}$$

Burada;

Y : Mikroorganizma dönüşüm oranı (Biyokütleyle Dönüşüm Oranı)

X : Mikroorganizma konsantrasyonu

K : Reaksiyon hız sabiti (Birim mikroorganizma kütlesi başına maksimum besi maddesi kullanım hızı) dir.

Yarı hız sabitinin (K_s) bulunmasında ise, μ_m yarısına tekabül eden değer alınır. Yani;

$$K_s = \frac{\mu_m}{2}$$

dir. Bu durumda;

$$S \gg K_s \text{ ise; } \mu = \mu_m$$

$$K_s \gg S \text{ ise; } \mu = \frac{\mu_m}{K} * S$$

S değerimiz, belli bir değer üstünde ise, çoğalma hızımız, maksimum çoğalma hızı değerindedir.

VIII. 6. Koloni Halinde Çoğalma Sistemleri

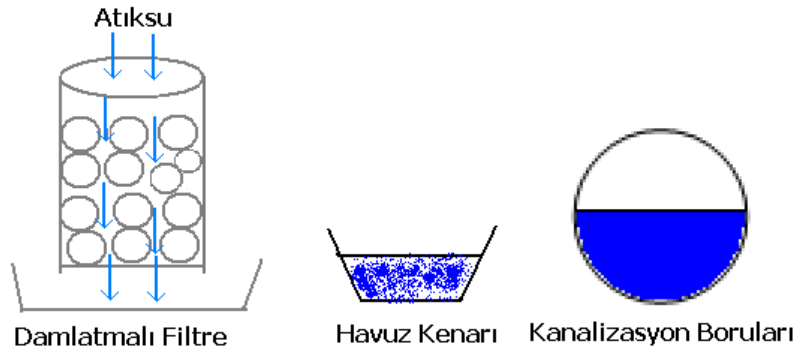
Bazı Mikroorganizmalar koloni halinde yaşarlar. Koloni halinde ortak yaşama halinde mikroorganizmaların gelişmesi değerine bağlı değildir. Koloni halinde yaşama sistemleri;

- ✓ Bakteriyal Koloniler,
- ✓ Mantarimsı Bakteriyal Koloniler
- ✓ Mantar Kolonileri,

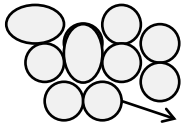
olmak üzere üç çeşittir.

a) Bakteriyal Koloniler

Bakterilerin tamamen bir yüzeye yapışarak ve o yüzeyde kalarak hareketsiz çoğalmaları ile oluşan koloni sistemidir. Bu tür koloni oluşumu, tamamen bir nevi fiziksel kümeleşme olayıdır. Burada büyüme mekanizması başlangıçta eksponansiyel, daha sonraları ortamın özelliklerine bağlı olarak karmaşık bir hal almaktadır. Koloni büyüdükçe ortamdaki maddelerin içeri girmesi güçleşir. Bu durumda iç kısımlardaki hücrelerde büyüme fazı, çürüme yani bozulma fazına geçer. Ortamdaki Bakteriler birbirlerini yemeye başlarlar. Bir devri daim söz konusudur. Arıtma sistemlerinin kenar yüzeylerinde görülür. En çok Damlatmalı filtrelerde, havuzların kenar yüzeylerinde ve bilhassa kanalizasyon borularının kenarlarında rastanır.



b) Mantarimsı Bakteriyal Koloniler



İki boyutlu olarak hareketli bir biçimde çoğalma söz konusudur. Bu tür koloniler, sümüksü, müsülajlı bir yapı gösterirler. Bakteriyal kolonilere benzerler. Ancak mantarimsı bakteriyal koloniler ile bakteriyal koloniler aralarındaki fark, mantarimsı bakteriyal kolonilerinin amorf yapı özelliği göstermelerinden dolayı hareket etmeleri ve hücreler arası bağlantıya sahip olmalarıdır.

c) Mantar Koloniler

Mantar kolonileri tamamıyla misel şeklinde dallanma gösteren ve büyüme yönleri tek bir yöne doğru olan koloni şeklidir. Bu tür koloniler genellikle koenotik hücre tipine sahiptirler. Mantar kolonileri dallı bir yapı gösterirler ve çok hücreli bölünme tipine sahiptirler. Mantar kolonileri özellikle düşük pH ve nütrient eksikliğine sahip atıksuların arıtıldığı arıtma sistemlerinde büyüüp gelişebiliyorlar. Biyolojik arıtma sistemlerinde çökeltme problemine neden oldukları için bulunmaları istenmez. Mantar kolonilerini oluşturan hücrelerde birbirine bağımlı yaşama şekli mevcuttur.

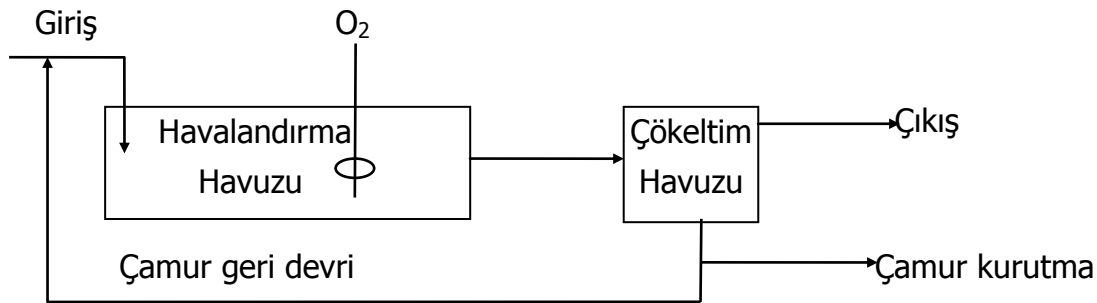
BÖLÜM IX: ARITMA SİSTEMLERİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

IX.1. Giriş

Doğada biyolojik arıtma işlemi kendiliğinden oluşmaktadır. Bu oluşum biyolojik proses olarak adlandırılmaktadır. Çevre mühendislerinin biyolojik arıtmada uyguladığı yollar, doğadaki arıtma işleminin hızlandırılmış ve kontrollü bir halidir. Biyolojik arıtma sistemleri, mikroorganizmaların oksijen kullanım esasına göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre biyolojik arıtma sistemleri, aerobik sistemler, anaerobik sistemler ve fakültatif sistemler olmak üzere 3 grupta toplanır. Aerobik sistemlerin başında Aktif Çamur Sistemi, Damlatmalı filtreler ve Stabilizasyon havuzları gelir.

IX.2. Aktif Çamur Sistemi

Biyolojik arıtma sistemlerinin başında klasik aktif çamur sistemleri gelir. Şekil 57.den de görüleceği üzere, basit olarak bir aktif çamur sistemi, bir havalandırma havuzu veya tankı ile çökeltim havuzu veya tankından ibarettir.



Şekil 57. Klasik Aktif Çamur Tesisi

Havalandırma havuzundaki atıksuların havalandırma işlemi, yüzeysel olarak veya difüzörlerle yapılır. Havalandırma işlemi mikroorganizmaların atıksudaki besin maddelerini yani substratı kullanabilmeleri için yapılır. Atıksudaki substratı besin maddesi olarak kullanan mikroorganizmalar, belli zaman sonra havalandırma havuzundan çökeltim havuzuna alınırlar. Yumaklar haline gelmiş mikroorganizmalar (yani biyokitle= çamur) çökeltim havuzunda çökeltirilir. Ve üstteki duru faz deşarj edilir. Çöken çamurun büyük bir kısmı çamur uzaklaştırmaya, az bir kısmı da geri devir ile havalandırma havuzuna verilir. Geri devir havalandırma havuzundaki organik yükün belli bir mikroorganizma kitlesinde bulunması yani havalandırma sistemini mikroorganizma bakımından fakirleştirmemek ve daha iyi verim elde edebilme gayeleri için yapılır.

Havalandırma sırasında mikroorganizmalar, atıksudaki substratı beslenme için oksijenle birlikte kullanarak yeni hücreler oluştururlar. Mikroorganizmalar aktif çamur sisteminde su içindeki çözünmüş organik maddeleri harcayarak, sudan uzaklaştırmış olurlar. Mikroorganizmalar bu esnada da enerji de elde ederler. Elde ettikleri enerjiyi yeni hücre biyo sentezinde kullanırlar.

IX.2.1. Aktif Çamur Mikrobiyolojisi

Aktif çamur; atıksu organik ve inorganiklerini kabul edilebilir çevresel formlara taşıyan veya dönüştüren mikro ve makro organizmaların kontrolsüz bir karışımını içeren mikrobiyolojik bir kültürdür. Genellikle, oluşan biomas %95 bakteri, %5 yüksek organizmaları (protozoa, rotiferler ve daha yüksek omurgasız hayvanlar) içerir. Bununla beraber aktif çamur içinde gelişen bakterilerin tamamı flok (kümeler oluşturan tek hücreli bakteri) formlarında değildir. **Çöktürme havuzundaki ham çamurda insan ve hayvanlarda çeşitli hastalıklara yol açabilecek, bakteri, virüs, protozoa ve helmint gibi parazitler ve parazitlerin kist ve yumurtaları bulunabilir.** Ayrıca filamentli organizmalarının çoğu türleri (çoğunlukla bakteri, fakat aynı zamanda mantar) aktif çamur içinde yer alabilir. Bu organizmalar çoğunlukla işletme problemlerine sebep olabilir. Bu sorunlardan en çok yaygın olan ikisi, kabarma ve köpük problemidir.

Aktif çamur prosesinin temeli son arıtmada kalın bir geri devir çamuru bırakarak oluşan atıksu organiklerinin üzerinde flok oluşturan bakterilerin büyümesine dayanır. Aktif çamurda gelişen bakterilerin hepsi flok oluşturuucu değildir. İşletme problemlerine yol açan birçok organizma tipi de gelişebilir.

Filamentli organizmaların belirli bir miktarı aktif çamur sistemine yararlı olabilir. Filamentli organizmaların eksikliği bulanıklığa neden olan küçük floklara sebep olabilir. Bazı filamentlerin mevcudiyeti çamur çökeltimesi sırasında küçük partiküllerin yakalanıp tutulmasına hizmet eder. Sadece filamentli organizmalar büyük miktarlara ulaştığı zaman, çamur çöktürme ve sıkılaştırmasında problem meydana gelir.

İlgili filamentin tipine bağlı olarak; çamurun yumaklaştırılmasında ve çöktürülmesinde,

a) Floklar arası köprülenme: Filamentlerin flok yüzeyinden uzanarak, flok partiküllerini ayrı tutması,

b) Açık flok yapısı: Filamentlerin flokun içinde, flokun da filamentlerin etrafında onlara yapışık olarak büyümesi,

olarak iki girişim formu meydana gelir.

Aktif çamurdaki mikroorganizmaların tanımlanması,

- a) Çöktürme veya işletme problemlerini tespit etmek için,
- b) Arıtma tesisinde çökeltme veya çamur kabarmasına neden olan filamentlerin aynı veya farklı filamentler olduğunu tespit etmek için,
- c) İşletmedeki değişikliklerinin türler üzerindeki etkisini gözleyebilmek için,
- d) Aktif çamur arıtma tesislerinde eğitimli teknisyen ve laboratuvar personeli yetiştirmek için, gereklidir.

Aktif çamurda yer alan filamentli organizmalara yönelik daha önceki mikrobiyolojik araştırmalar, olabilecek filamentli organizma türleri ile ilgili bilgi eksikliği yüzünden tam olarak yapılamamıştır. Şu ana kadar yapılan çalışmalarda yaklaşık 20 değişik filamentli organizmanın genel olarak aktif çamurda yer aldığı ve her birinin de işletme problemlerine yol açtığı bilinmektedir.

Filamentli organizmaların sebep olduğu bir diğer problem, aktif çamur sistemlerinde görülen köpük olayıdır. Köpük olayı, bütün arıtma tesisinin yaklaşık 1/3 ünü etkiler. Aktif çamur sistemlerinde köpük oluşumuna sebep olan filamentli organizmaların başında yoğun olarak *Nocardia sp.* ve daha seyrek olarak da *Microthrix parvicella* gelir. Bu filamentli organizmalar su spreyleri kullanarak mekanik bir şekilde kırılması güç olan kararlı, yapışkan, kahverenkli köpük oluşmasına neden olabilmekte ve kimyasal anti-köpük katkı maddelerine cevap vermezler.

Aktif Çamurdan Filamentli Organizma Numunesi Alma

Aktif çamur tesislerinde filamentli organizmaları tanımlayabilmek için temsil edici numuneler, havalandırma havuzundaki akımın sonundan, havalandırma havuzu ile ikincil arıtma arasındaki kanaldan veya aktif çamur geri devir hattı gibi iyi karışımın olduğu noktalardan alınmalıdır. Alınan numunelere köpüğü dahil etmemek için yüzeyin altından alınmalıdır. Eğer aktif çamur sistemi birden fazla seri olarak havuz içeriyorsa, diğer bütün havuzlarda da aynı filamentli organizmalar bulunacağından sadece havalandırma havuzunun sonundan bir tane numune alınması yeterli olur. Genel mikroskopik analizler için sadece birkaç mililitre numune yeterlidir. Filament karakteristiğini etkileyeceğinden numune kesinlikle dondurulmamalı veya kimyasal koruyucular kullanılmamalıdır.

Çıkış suyunda çökelmeyen çamur parçacıklarının yer alması, tesiste arıtma veriminin düşmesine ve arıtmanın başarısız olmasına yol açmaktadır.

IX.2.2. Flament Tipinin Varlığı Karakterize Eden Özellikler

Her bir flament tipinin varlığı, aşağıdaki özelliklerle karakterize edilir.

- a) Dallanma:** Varlığı veya yokluğu eğer varsa doğru veya yanlış olup olmadığı,
- b) Hareket Etme:** Varlığı veya yokluğu, (sadece bir önemli flament aktif olarak hareket eder)
- c) Flamentin Şekli:** Düz, yumuşak kavisli, eğri, dolamalı, düzgün olmayan şekli,
- d) Flamentin Yeri Ve Uzunluğu:** Serbestliği, flok yüzeyinden yayılması veya yoğunlukla flok içinde vuku bulma; her bir tipin varlığı için flament uzunluğundaki derece ölçümü,
- e) Kirpik Durumu:** Varlığı veya yokluğu,
- f) Kapsülün Varlığı:** Var veya yok. Hücreler flamentlerden ayrılmadıkça kapsül gözlenemez, bu gözlem zor olabilir. Kapsül boyamasının kullanılması tavsiye edilir.
- g) Karşılıklı Duvarlar:** Var veya yok.
- h) Flamentin Çapı:** Ortalama çapın 1 mikrondan daha büyük veya daha küçük olup olmadığını not etmek önemlidir.
- i) Hücre Şekli:** Kare, oval, varil, yassı ve yuvarlak, sonu yuvarlak olan çubuk veya düzensizliği,
- j) Hücresel Sülfür Kalıntılarının Varlığı:** Sülfür testi uyguladıktan sonra, hücre içinde bulunup bulunmadığına bakılır. Sülfür granülleri çoğu mikroskoplarda mukayeseli gösterge altında parlak sarı ışıklar şeklinde görülür.
- k) Boyama Reaksiyonları:** Islak çerçevede gözlenen her bir flamentin reaksiyonu için Gram ve Neisser boyamanın değerlendirilmesi. Gram reaksiyonunu negatif olarak, kuvvetli pozitif veya zayıf gram pozitif olarak sonuçlandırılır. Neisser boyama pozitif hücre içindeki granüller olarak sonuçlanır.

IX.2.3. Aktif Çamur Sistemlerinin Mikroorganizmalar Açısından Değerlendirilmesi

Aktif çamur sistemlerinin mikrobiyolojik açıdan değerlendirilmesi, her haliyle sistemin işletilmesi ve istenen verim parametrelerinin sağlanması ile doğrudan bağlantılıdır. Sistem ideal işletme şartlarında çalıştığı zaman sistemde herhangi bir mikrobiyolojik problem de yoktur. Sistemin normal çalışması durumunda (en başta arıtma sistemine gelen atıksuyun pH'ı =7,0, sıcaklık t= 20 °C ve N, C, P, oranlarının uygun olması demektir) aktif çamur sistemlerinin hakim mikroorganizma türü **bakterilerdir**.

Aktif çamur sistemlerindeki bakterilerin tür dağılımı üzerine, atıksu içindeki substrat durumu etkili olmaktadır. Şayet arıtma sistemine gelen atıksular, **proteince zengin** ise;

Alcaligenes sp.

Bacillus sp.

bakteri türleri ortamda mutlak hakim türlerdir.

Alcaligenes cinsi içerisinde *Alcaligenes faecalis*, *Alcaligenes xylosoxidans* türleri bulunur. Önemli olan türü *A. faecalis*'dir. Hareketli, Gram negatif, kapsülsüz, sporsuz, aerob, 0,5 – 2,6 µm boy ve 0,5 –1 µm ende tekli veya kısa zincirli çomak bakterileridir. Sitratlı besiyerinde ürer ve üreyi parçalar. Isıya duyarlıdır. Doğada, toprak ve suda yaygın olarak bulunur. Fırsatçı patojen olarak; menenjit, sistit, sepsis, göz, orta kulak, lenf bezi ve safra kesesi iltihapları gibi enfeksiyonlara neden olur. *A. xylosoxidans*, nitrat ve nitritleri redükte etmesi, D-Glikoz ve D Glikonatı ayrıştırması ile *A. faecalis* den ayrılır.

Aritma sistemine gelen atıksular, Karbonhidrat ve hidrokarbonlarca zengin atıksular içeriyorsa, aktif çamur sisteminde;

Pseudomonas sp.

türünün fazla olduğu gözlenmektedir. Bu türün fazla bulunmasının nedeni, oksijen tüketimi bakımından çok fazla tolerans seviyesine sahip olması gösterilmektedir. Çok az oksijen seviyelerinde veya oksijenin olmadığı durumlarda bile bu tür faaliyetlerine devam edebilmektedir.

Aktif çamur sistemlerinde normal şartlarda işletildiğinde bakterilerden sonra en önemli mikroorganizma grubu **Protozoalardır**. Protozoalar bakterilerle beslenirler. Bu durum arıtma verimi açısından, sistemde bulunmaları ise arıtma teknolojisi açısından çok önemlidir. Protozoaların bakterileri tüketme hızı ne kadar yüksek olursa atık sulardan substratların uzaklaştırılması da o kadar yüksek olur. Aynı zamanda protozoaların bulunduğu yumaklar daha iyi çökeltme özelliği gösterirler. Bu durum, Protozoaların bakterilere nazaran 10 kat daha büyük olmalarından kaynaklanmaktadır. Çökelmenin hızlı ve iyi olması arıtma veriminin de iyi olması demektir.

Aktif çamur sistemlerindeki protozoa tür tip ve sayıları, ortamdaki substrat cinsi ve miktarına bağlıdır. Substrat miktarının mikroorganizma kütesine oranı çok ise, hareketli, serbest dolaşan **Ciliate** türleri ortama hakimdir. Bu türler aktif çamur içinde önemli bir grup oluştururlar. Bunlar içinde en önemlileri;

Vorticella convellaria

Opercularia coarctata

türleridir. Aktif çamur sistemi kararlı ve düzenli olarak çalıştığında sistemdeki protozoa türleri de sabitleşir.

Aktif çamur sistemlerinde normal şartlarda işletildiğinde bakteri+protozoalardan sonra diğer önemli mikroorganizma grubunu **Rotiferler** oluşturur. Mutlak aerobik mikroorganizmalardan olan Rotiferlerin görüldüğü havuzlarda havalandırma problemi

yoktur. Başka bir ifade ile oksijen yeterli miktarda vardır. Aktif Çamur sisteminde görülen bazı mikroorganizma türleri Şekil 58.de gösterilmiştir.



Şekil 58. Aktif Çamur Sisteminde Görülen Bazı Mikroorganizma Türleri

Aktif çamur sistemlerinde normal şartlarda işletildiğinde **algler** hiç yer almaz. Aynı şekilde aktif çamur sistemlerinde normal şartlarda işletildiğinde **fungilerin** de ortama hakim olması mümkün değildir. Fungiler diğer türlerin yanında ihmal edilebilecek kadar azdır.

Aktif çamur sistemlerinde eğer C' un N' a oranı **5/1** in altında veya üstünde ise Fungiler hakim tür olarak görülürler. Fungilerin hakim tür olarak görülmelerinde en önemli faktörlerin başında pH gelir. Şayet pH = **7.0** veya **7,0** nin üstünde olduğunda fungiler aktif çamur sisteminde hakim tür olamazlar. Bilhassa endüstriyel atıksuların biyolojik olarak arıtılması esnasında fungi hakimiyeti için gerekli olan ortam şartları daha kolay oluşabiliyor. Bu tür atıksuların arıtılması esnasında C/N oranı veya pH durumu çok çabuk değişebiliyor.

Fungilerin aktif çamur sisteminde hakim olmaları durumunda ortamda görülen en önemli fungus türü;

Fisarium sp.

dir. Fisarium sp. filament halinde büyür. Filamentli mikroorganizmalar kötü çökeltme özelliğine sahiptirler. Bu durum da çökeltim havuzlarında çamur yumaklarının çökeltme problemi oluşturur. Çöktürme tam olmadığı için de arıtma verimi ve arıtma istenen seviyede ve kalitede olmaz. Aktif çamur sistemlerinde işletim esnasındaki en büyük problemlerden biri de çamur yumakları havuzun yüzeyinde kalarak iyi bir çöktürmenin sağlanamamış olmasıdır.

Aktif çamur arıtma sistemlerinde filamentli mikroorganizmalar havalandırma havuzunda değil, çökeltim havuzunda problem oluşturmalar. Çökeltme olayı ise, doğrudan ortamdaki canlıların bir araya gelmesiyle ilgili bir olaydır. Aktif çamur sistemlerinde de mikroorganizma faaliyetleri sonucu kendiliğinden bir flokleşma ve yumaklaşma meydana gelmektedir.

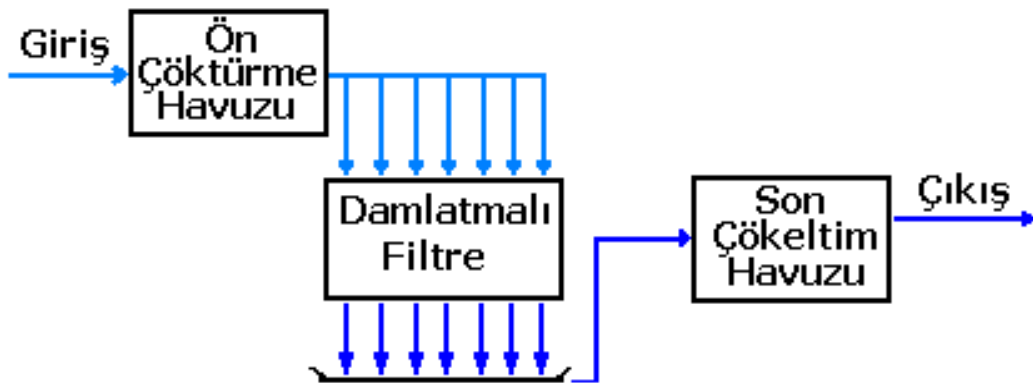
IX.2.4. Aktif Çamurun Mikrobiyolojik Çökeltme Mekanizması

Çökeltme tankında, çökeltmeden evvel bir takım polimerler ilavesi ile yumaklaştırmayı mükemmelleştirip daha iyi arıtım sağlanmaktadır. Çökeltme durumunun ortamdaki mikroorganizmaların enerji seviyeleri ile alakalı olarak meydana gelmektedir. Enerji seviyeleri birbirine uyumlu mikroorganizma türleri (bu türler bakteriler arasında, bakteri+protozoa arasında olabilir) arasında mükemmel bir çökeltme meydana gelir.

Çökeltim havuzlarındaki bazı türler vardır ki, bu türlerin salgıladıkları özel maddeler sayesinde mikroorganizmalar birbirlerine yapışarak flokleşma meydana gelir. Aktif çamur sistemlerinde flokleşmayı salgılayan salgıyı en çok *Zooglea sp.* bakteri türünün salgıladığı tespit edilmiştir. Bu bakterinin çok yoğun olduğu sistemlerde çökeltme olayı da çok iyidir. *Zooglea sp.* bakteri türünün olmadığı çökeltim havuzlarında da yeterli bir flokleşmanın olduğu da son zamanlarda gözlenmiştir. Bu flokleşmada da mikroorganizmaların enerji seviyelerinin önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir.

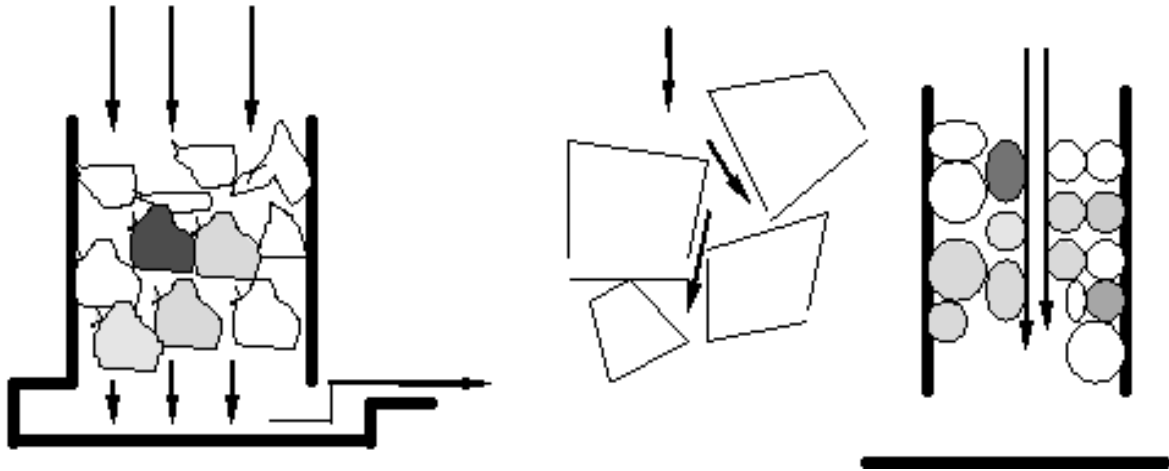
IX.3. Damlatmalı Filtreler

Biyolojik arıtma sistemlerinde en yaygın arıtma sistemlerinden biri de sabit film esasına dayanan **Damlatmalı filtre** sistemleridir. Şekil 59.da görüleceği üzere, Damlatmalı filtrelerde filtre, aktif çamur sistemindeki havalandırma havuzunun yerini alır. Gaye, filtreden geçen substratın yani organik maddenin çökebilir hale gelmesidir.



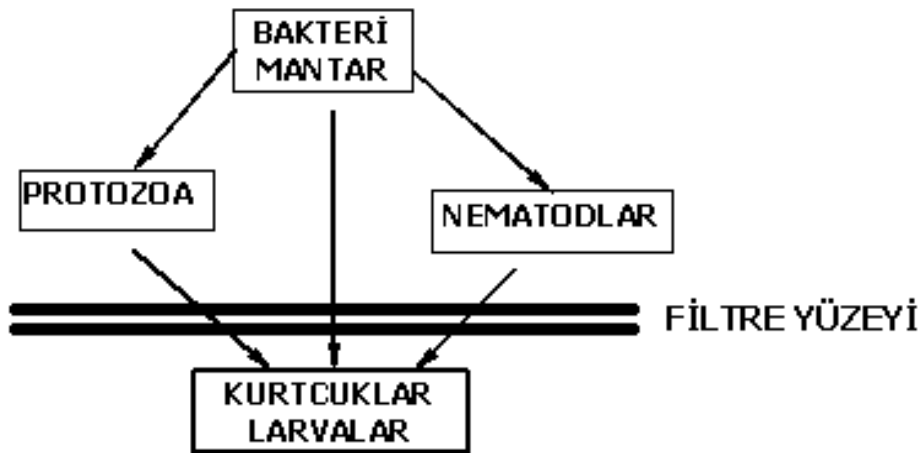
Şekil 59. Damlatmalı Filtre Tesisi

Filtre malzemesi, sadece organizmaların tutunması için bir yüzey görevi görür. Filtre malzemesi en genel anlamda kimyasal yönden atıl, fiziksel yönden dayanıklı ve yüzey alanı büyük olması gerekmektedir. Damlatmalı filtre tesislerinde ilk yapılacak işlerden birisi de bu özelliklere sahip filtre malzemesi seçimi yapmaktır. Daha sonraki iş, filtrenin boyutunun ne olacağıdır. Filtre malzemesinin çapı artırılırsa, yüzey alanı azalır, boşluk oranı artar. Çap küçük ise, boşluk oranı azdır. Filtreler arası boşluk, filtreden geçen suyun akışı için önemli bir faktördür. Sistem çalışırken filtreler arası boşluklarda tıkanmalar meydana gelebilmekte ve tıkanan filtre sayısının artışı, sistemin verimini düşürmektedir. Şekil 60. da Damlatmalı Filtrelerden atık suyun geçişi gösterilmiştir.



Şekil 60. Damlatmalı Filtrelerden Atık Suyun Geçişi

Damlatmalı filtrelerdeki canlı toplulukları, Aktif çamur sistemleri ile mukayese edildiği zaman, damlatmalı filtrelerde daha kompleks biyolojik yapıya sahip olduğu görülür. Şekil 61. de Damlatmalı Filtrelerdeki canlı toplulukları genel şeması görülmektedir.



Şekil 61. Damlatmalı Filtrelerdeki Canlı Toplulukları

Şekil 61.den de görüldüğü üzere, damlatmalı filtrelerde canlı toplulukları filtre yüzeyi ve filtre altı olmak üzere iki kısımda toplanmıştır. Damlatmalı filtrelerde, bakteri, protozoalara nazaran, fungi, larva, kurtcuk, nematod'ları da görmek mümkündür.

Damlatmalı filtre sistemlerinde mikroorganizma topluluklarını kontrol etme imkânı yoktur. Aktif çamur sistemlerinde ise, çamur geri devri ile sistemdeki mikroorganizmaları bilhassa bakterileri kontrol edebiliyoruz. Damlatmalı filtrelerde bakteri miktarını kontrol etme imkânı yoktur.

Damlatmalı filtrelerde gereğinden daha az bakteri olabilme ihtimali yüksektir. Aktif çamurda havalandırma havuzlarında ise, bu durum tam tersi özellik gösterir. Damlatmalı filtrelerde mevsimsel değişiklikler filtrelerdeki canlı topluluklarının değişimine sebep olabilirler.

IX.3.1. Damlatmalı Filtrelerin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları

- ✓ Bakımı kolaydır.
- ✓ Enerji ihtiyacı küçüktür.
- ✓ Değişen debi ve yüklere karşı fazla hassas değildirler.
- ✓ İyi nitrifikasyon olayı meydana gelir.

Dezavantajları

- ✓ Fazla arazi ihtiyacı vardır.
- ✓ Verim yönünden esnek değildir

IX.3.2. Damlatmalı Filtrelerde Artımda Rol Oynayan Protozoalar

Damlatmalı filtrelerdeki protozoalar üç ayrı bölge içinde faaliyet gösterirler. Bu bölgelere göre de protozoa türleri değişiklik gösterir. Bu bölgeler ve protozoa türleri aşağıdaki gibidir.

1. Filtrenin yüzey ve yüzeye yakın bölgelerinde;

Trepomonas agilis,
Budo putrunis,
Caolpidium colpoda,
Vorticella microstoma

2. Filtrenin orta kısımlarında

Opercularia coarctata,
Litonotus fasciola,

Uronema marium,
Paramecium caudatum

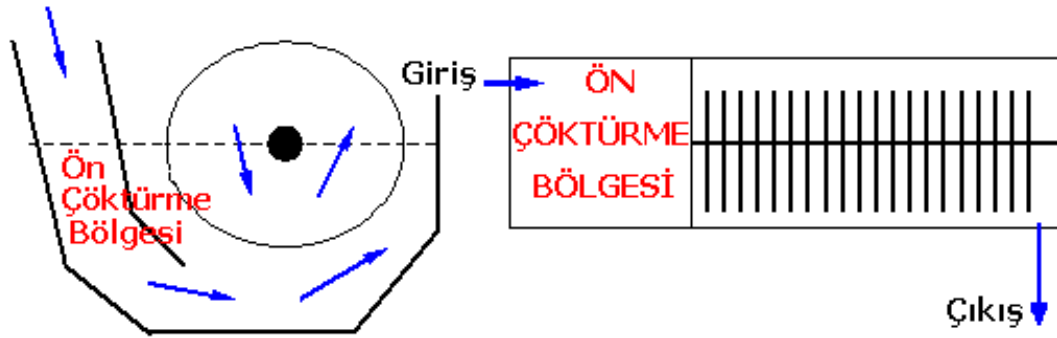
3. Filtrenin alt kısımlarında

Ameoba verrusosa,
Arcella vulgaris,
Aspidisca costata,
Euplotes charon

türleri yer alır.

IX.4. Biyodiskler

Biyodiskler ile arıtma sistemlerinin esası, diğer aerobik biyolojik arıtma sistemlerinde olduğu gibi mikroorganizma (bakteri) ile oksijen (BOI_5) arasındaki ilişkiye dayanır. Şekil 62.den de görüleceği üzere, disk dönme esnasında su içinde olmayan kısımdaki bakteriler havadan oksijeni absorplar. Disk dönünce atıksu ile temasta olur. Bu şekildeki bir arıtma sistemi diğer arıtma sistemlerinden farklı olarak komple bir arıtma sistemi oluşudur.



Şekil 64. Biyodiskler ile Arıtma

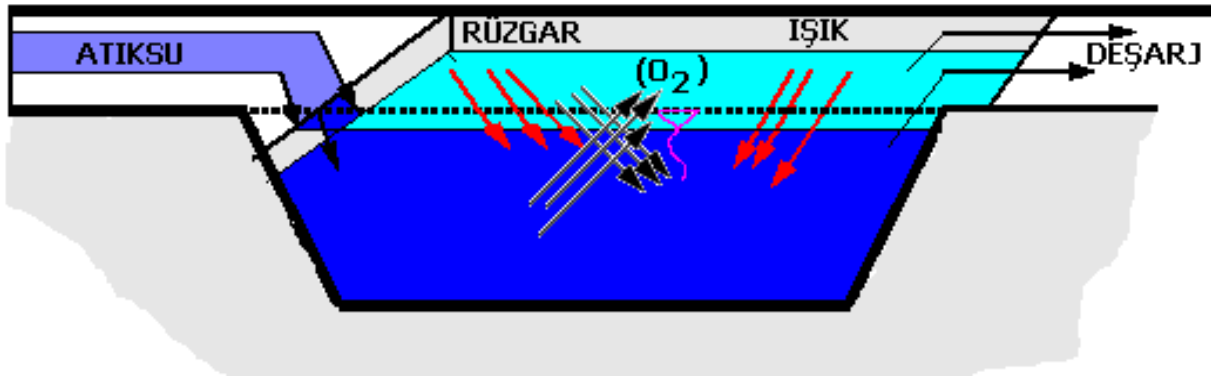
Biyodiskler ile arıtma sistemlerde, büyük yüzey alanına sahip olmak için disk yüzeyleri büyük ve bakterilerin yapışması (yani tutunabilmesi) içinde pürüzlü olarak dizayn edilirler. Temas alanının daha fazla olması için de disk plakaları birbirine çok yakın olarak dizilirler.

IX.4.1. Biyodisklerde Görülen Mikroorganizma Türleri

Biyodisklerin hakim mikroorganizmaları **Bakteri** ve **Protozoalardır**. Disk yüzeylerinde bakteriler koloni halinde yer alırlar. Kolonilerin kalınlığı arttıkça protozoalar kolonilerin arasında yaşarlar. Koloni belli bir kalınlıktan sonra disk yüzeyinden kopar ve mikroorganizma biyokütleleride dipte çökererek uzaklaştırılmış olur.

IX.5. Oksidasyon Havuzları (Lagoon)

Derinlikleri 1 ila 1,5 metre arasında değişen geniş yüzey alanına sahip havuz veya havuzlar sistemidir. Arıtma işlemleri basit olarak, atık suyun belli bir süre havuzda kalması esasına dayanır. Belli zaman aralıklarında da havuzun dip kısmında oluşan çamur uzaklaştırılır. Oksidasyon havuzlarında ortama hiç enerji verilmez. Sadece havuza atıksu verilir ve kabarma-taşma ile deşarj edilir. Havuzda, yüzeyden rüzgârın da etkisiyle artan bir oksijen alış-verişi oluşur. Şekil 63. de Oksidasyon havuzlarındaki arıtma sistemi gösterilmiştir.



Şekil 63. Oksidasyon Havuzlarındaki Arıtma Sistemi

Havuzda ne gibi biyolojik faaliyetler ve bunun sonucu nasıl bir arıtma olacaktır?

✓ Atık suda gerekli besi maddesi var,
✓ Havuzda çoğalma için başlangıç mikroorganizmaları var,
ise, mikroorganizmalar çoğalma mekanizmasını başlatırlar. Çoğalmanın bir enerji alışveriş olayı olduğunu biliyoruz. Dolayısıyla, mikroorganizmalar atıksudaki substratı kullanarak çoğalırlar. Havuzdaki mikroorganizmaların tür dağılımı, havuzun derinliği ve yeterli ışık diffüzyonunun olup olmasına göre farklılık gösterir.

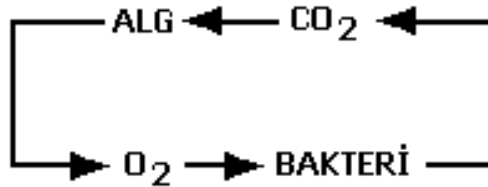
IX.5.1 Oksidasyon Havuzlarında Canlı Grupları

Oksidasyon havuzlarında canlı gruplarını;

- ✓ Havuzun üst kısmında diffüze olabilen tabakada aerobik mikroorganizmalar,
- ✓ Havuzun orta kısmında oksijen içeriğine göre fakültatif mikroorganizmalar,
- ✓ Havuzun dip kısmında oksijenin nüfuz edemediği kısımlarında ve dip çamurunda ise, anaerobik mikroorganizmalar, oluşturmaktadır.

Üst tabakadaki aerobik mikroorganizmaların büyük bir çoğunluğunu fotosentez yapabilen **algler** oluşturur. Atık suyun bulanıklığı ışık geçirgenliğini azalttığı için, üst tabakanın hemen altındaki kısımlarda alglerin yerini **bakteri** ve **protozoalar** yer alır. Orta tabakalarda **bakteriler**, dip kısımda ise, **bakteri** ve **funguslar** arıtma işlemini yerine getirirler.

Oksidasyon havuzlarındaki canlı grupları arasında bir denge mevcuttur. Bu denge arıtma verimi ve sistemin işleyişi bakımından çok önemlidir. Ortam aerobik ise; bakteriler ile algler arasında hem besin maddesi alışverişi, hem de ortak yaşam söz konusudur. Aynı zamanda alglerin gündüz saatlerindeki hızlı faaliyetleri havuzun oksijen kapasitesinin artmasına neden olur. Şekil 64. de bu ilişki gösterilmiştir.



Şekil 64. Aerobik Şartlarda Üst Tabakadaki Mikroorganizma İlişkisi

IX.5.2. Oksidasyon Havuzlarında Canlı Grupları Arasındaki Dengenin Önemi

Oksidasyon havuzlarında canlı grupları arasındaki dengeyi oluşturan şartlar şu noktalardan önemlidir.

- ✓ Gece saatlerinde, alglerin fotosentez yapamaması sonucu, oksijen azalır ve tükenirse ortamdaki canlı türü bozulur. Bakteri-Alg dengesi bozulacaktır. Sistemin bozulmaması için, sistemin özümleyebileceği sınır dışında atıksu verilmemelidir.
- ✓ Gündüz saatlerinde (bol güneşli bir gün) oksijen bakımından çok zengin olabilir. Bu durumda dip çamurundaki canlılar da özellikle metan bakterileri yaşamayacaktır. Bu nedendir ki, az yüklenmiş havuzlar kokusuzdur.
- ✓ Mevsime bağlı olarak da oksidasyon havuzlarında bazı problemler meydana gelir. Sıcak iklimlerde, birim hacme verilen atıksu miktarı az olmalıdır. Atıksu miktarı arttıkça geniş arazi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.
- ✓ Bu arıtma sisteminde canlılar askıda olarak suda bulunurlar. Fazla veya yeterli miktarda ışık bulunmazsa, alglerin ölümü hızlanır. Ölen algler dibe çökerek ayrıştırılırlar.
- ✓ Askıda katı madde fazla ve BOİ₅ de yüksek olduğu zaman, arıtmadan bir kısım organik madde ortama verilir. Dolayısıyla bu sistem gölde meydana gelen olaydan

farklı değildir. Oksidasyon havuzlarına fazla atıksu verildiği zaman, bazı protozoa türleri yaşayamaz.

- ✓ Tesis yapıldıktan sonra fazla masrafı olmamamsı, küçük yerleşim bölgelerinde, nüfusu az olan yerlerde kullanılıyor.
- ✓ Arazi ihtiyacı büyük olması ve çıkış suyu standartlarını tutturamaması sebebiyle gelişmiş ülkelerde fazla yaygın değildir.
- ✓ Sıcak iklimlerde ve arazisi bol yerlerde kullanılmaktadır.

IX.5.3. Oksidasyon Havuzlarındaki Mikroorganizma Toplulukları

Oksidasyon Havuzlarındaki Bakteriler

Genellikle fakültatif nispeten aerobik bakteri topluluklarına çok sık rastlanır. Başlıca türler,

Pseudomonas sp.* *Flavobacterium sp.* *Alcaligenes sp.

dir. Koliform grubu bakterilerin bu suda yaşama şansı yok. Dolayısıyla bu sistem bir anlamda koliform bakteri gidermektedir. Koliform bakterilerinin giderilmesinde, Sıcaklık, diğer hakim mikroorganizma türleri ve ortam şartları etkili oluyor.

Oksidasyon Havuzlarındaki Algler

Genellikle alg topluluklarına bilhassa ışık nüfuzunun olduğu bölgelerde çok sık rastlanır. Alglerden,

Euglena sp.* *Chlorlla sp.* *Scenedesmus sp.* *Ankistredesmus sp.

türleri çok sık rastlanır. Stabilizasyon havuzlarında nütrient miktarında azalma olursa, filamentli algler ortama hakim olurlar. Filamentli alglerden,

Spirogyra sp.* *Vaucheria sp.* *Ulothrix sp.

türleri en çok rastlanan türlerdir.

Oksidasyon Havuzlarındaki Protozoalar

Stabilizasyon havuzlarındaki ortamda fazla besi maddesi olduğu zaman ise, hareketli protozoa türleri çok sık gözlenir. Bu türlerden,

***Chilamonas sp.* *Calpidium sp.* *Paramecium sp.*
Glaucoma sp. *Euplotes sp.***

çok sık rastlanır. Bu türlerin görülmesi, aynı zamanda stabilizasyon havuzlarına yüklemenin yüksek olduğunu gösterir. Böyle durumlarda ya hacim arttırılmalı, veyahut yük azaltılmalıdır. Organik madde seviyesi düşük olduğu zamanlarda ise,

Vorticella sp.* *Epistylis sp.

türlerine rastlanır. Bu türler ise sabit olarak hayatlarını idame ettirirler.

Oksidasyon havuzlarında fotosentez hızının şiddetini, dolayısıyla oksijen varlığı hakkında en iyi bilgiyi kabuklu mikroorganizmalar verir. Oksidasyon havuzlarında,

Rotifia sp. -Rotiferler

Dapnia sp. -Su piresi

ve kabuklu oganizmalar görüldüğü zaman, havuzun yüklemesinin az ve sistemin çalışmasının çok iyi olduğu görülür.

IX.6. Anaerobik Arıtma Sistemlerinin Mikroorganizma Toplulukları

IX.6.1. Giriş

Havasız arıtma sistemleri anaerobik arıtma sistemleri olarak isimlendirilir. Anaerobik arıtma kompleks organik maddelerin oksijen yokluğunda mikroorganizmalar tarafından parçalanması ve kullanılmasıdır. Anaerobik arıtımın nihai ürünleri; CO₂, CH₄, H₂S, diğer bazı çok az miktarda gazlar, yeni hücreler ve stabilize olmuş çamurdur. Bu dönüşümü sağlayan mikrobiyolojik populasyon, her birinin görevi farklı olan üç ana grup mikroorganizma topluluğundan meydana gelen türler oluşturur. Bu mikroorganizma gruplarının en önemlileri hidroliz, **asit ve metan bakterileridir**. Substratın dönüşüm süreci ise hidroliz fazı, asit fazı ve metan fazı olmak üzere üç safhadan oluşur. Bu süreç aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

Hidroliz safhasında proteinler, lipidler, selüloz ve diğer kompleks organikler daha az karbonlu organiklere parçalanırlar. Bu hidroliz ürünleri Asit safhasında kısa zincirli organik asitler olan, asetik, propiyonik, laktik asite ve diğer organik asitlere dönüştürülür. Uçucu yağ asitleri ise metan bakterileri tarafından CH₄ gazına dönüştürülür.

Anaerobik arıtma birçok mikroorganizma grubunun rol aldığı karmaşık bir süreçtir. Ancak üç grup bakterinin (hidroliz, asit ve metan bakterileri) esas görevi üstlendiği bilinmektedir. Tablo 7. de Anaerobik proseslerdeki mikrobiyolojik süreç gösterilmiştir.

Asit üreten bakteriler pH ve sıcaklık gibi çevresel değişikliklere karşı toleranslıdır. Bu tür bakterilerin büyüme hızı metan bakterilerine göre daha hızlıdır. Diğer taraftan metan bakterilerinin büyüme hızları düşük olup aktiviteleri pH, sıcaklık değişimi ve substrat bileşimine karşı daha hassastır. Bu grubun yavaş büyümesi, değişen çevre koşullarına karşı hassaslıkları ile birleştiğinde, proses, bozulmayla sonuçlanabilir. Bu sebeple anaerobik prosesin sürekli kontrolü önemlidir. Eğer metan üretimi durursa ya da azalırsa, organik asitler birikir ve pH düşmeye başlar, CO₂/CH₄ oranı artar. Bu dengesizlik, kararlı halin durmasına kadar devam edebilir

Tablo 7. Anaerobik Proseslerdeki Mikrobiyolojik Süreç

HİDROLİZ KADEMESİ → ASİT KADEMESİ → METAN KADEMESİ

Hücre Dışı Enzimler		Asit üreten Bakteriler	Metan Bakterileri
Çözünmemiş Organikler	Çözünmüş Organikler	Organik Asitler	Metan, CH ₄
Selüloz	Glikoz	Uçucu yağ asitleri	Hücreler
Proteinler	Amino Asitler	Asetik Asit,	Stabilize Olmuş Çamur
Lipidler	Yağ Asitleri	Propiyonik Asit	Fosforlu Organikler
PO ₄ ⁻³	Laktik Asit	Organikler	Yeni Hücreler

Anaerobik arıtma sistemleri, prosesin verimliliğini sınırlandıran metan bakterilerine göre boyutlandırılırlar. Asit oluşumuna kadar olan süreçte hız kısıtlayıcı safha hidrolizdir. Substrattaki kompleks organik maddeler çözüldükten sonra birikmeden hemen uçucu organik asitlere çevrilir.

Atık sudaki organik maddenin; oksijensiz ortamda yaşayan bakteriler tarafından parçalanıp kullanılarak, nihai ürün olarak metan vb. gazlara dönüşmesi olayına anaerobik arıtım denir. Bu olay en genel anlamda 3 kısımda gerçekleşir.

IX.6.2. Hidroliz kademesi

Karbonhidrat, lipit, gibi makro moleküllerin hidroleaz enzimleri salgılayan, anaerobik hidroliz bakterileri tarafından parçalanma işleminin yapıldığı anaerobik arıtma kademesidir. Bu kademe,

Ruminococcus sp. *Bacillus sp. Clostridium sp.*

türleri önemli rol oynar.

IX.6.3. Asit Kademesi

Amino asit ve şekerlerin hidrojenle yükseltgenerek asetat, propionat, butirat vb. maddelerin meydana geldiği anaerobik arıtmanın ikinci kademesidir. Bu kademe

Clostridium sp., *Propionobacterium sp.*
Peleobacter sp. *Acetobacterium sp.*

türleri önemli rol oynar. Ayrıca bu kademe,

Asetik asit üreten,

Asetojenik bakteriler

Oxalobacter sp.

Homoasetojenik bakterilerden,

Sporomusa sp

H₂/CO₂ kullanan, Anaerobik oksidasyon bakterilerinden,

Syntrophobacter sp.

Düzenli ve düzensiz yağ asitleri asetat ve H₂ e dönüştürürler.

IX.6.4. Metan kademesi

Anaerobik arıtımın nihai kademesini metan kademesi oluşturur. İkinci kademede oluşan asetik asit, CO₂ ve H₂ gibi ürünler, metan bakterileri tarafından kullanılır. Nihai ürün olarak metan, amonyak ve Hidrojen sülfür gibi gazlara dönüştürülür. Anaerobik arıtmada,

Methanobacterium sp. *Methanomicrobium sp.* *Methanococcus sp.*
Methanosarcina sp. *Methanogenium sp.*

metan bakteriler türleri önemli rol oynarlar.

Anaerobik arıtma sistemlerinde nadir de olsa anaerobik olarak yaşayan *anaerobik Fungi, Anaerobik Protozoa* türlerinin de bulunduğu gözlenmiştir.

IX.7. Katı Atıkların Arıtılmasında Biyolojik Sistemler

Katı atıklar, araziye gömme, düzenli depolama, yakma, kompostlaştırma vb. tekniklerle bertaraf edilmektedirler. Yakma hariç diğer uzaklaştırma yöntemlerinin tamamında belli bir dönemde mikroorganizma faaliyeti söz konusudur.

IX.7.1. Araziye Gömme, Düzenli Depolama

Araziye gömme, düzenli depolama sistemlerinde üzeri örtülen çöp içindeki organik maddeler bakteriler ve funguslar tarafından ayrışma ve paçalama işlemine tabi tutulurlar. Bu olay anaerobik biyolojik arıtma işleminin bir nevi çok yavaşlatılmış bir şekline benzer. Aradaki fark, burada bakteriler kadar fungusların da önemli bir rol oynamasıdır. Anaerobik bakteriler tarafından metan gazı üretilmesi diğer bir özelliktir. Depolama düzensiz gelişigüzel yapılırsa (vahşi depolama) veya çöp döküm işleminden

terk edilmiş depo sahalarının rehabilitasyonu fen, teknik ve sanat kaidelerine uygun olarak yapılmazsa, oluşan metan gazları patlamalara neden olabilmekte ve insan hayatı kaybedilmektedir.

IX.7.2. Kompostlaştırma

Katı atıklar toplandıktan sonra, geri kazanma işlemlerine tabi tutulur. Geri kalan katı atığın bileşimi kompostlaştırma için uygun ise, kontrollü bir şekilde ayrıştırılarak stabil hale getirilirler. Stabil hale getirilen katı atıklar, gübre ve toprak şartlandırıcı olarak kullanılırlar.

Kompostlaştırılacak katı maddeler, öğütülür ve homojen hale getirilerek yığınlar oluşturulur. Kompostlaştırma yığınlarında nem miktarının % 60'ın altında olması istenmez. Yığınlarda yeterli nem miktarı sağlanmalıdır. Bu durum, mikroorganizmanın hayati faaliyetlerini devam ettirebilmesi için son derece önemli bir faktördür. Yığınlar zaman, zaman havalandırılmalıdırlar. Bu bakterilerin faaliyetlerini daha iyi bir şekilde yapabilmeleri için son derece önemlidir. Yığınlarının dış kısımlarında aerobik, iç kısımlarında ise, anaerobik bakteriler yer alır. Kompostlaştırma yığınlarının iç kısımlarında anaerobik bakterilerin yer almasından dolayı, iç kısımlar ayrışma işleminden dolayı 70 0C lik bir sıcaklık olur.

Katı atık kompostlaştırma işleminde rol oynayan fungus türleri;

Penicillium sp. *Rhizopus sp.* *Aspergillus sp.* *Mucar sp.*

dır.

Mükemmel bir mikroorganizma faaliyetinin olması için kompostlaştırma işleminde;

- ✓ Kompost yığınlarının sıcaklık ayarlaması gerekir.
- ✓ Üst tabakalarının iyi bir havalandırılması gerekir.
- ✓ Nem oranı % 60 civarında olmalıdır.
- ✓ pH 4,5-9,5 arasında optimum 6,5 olmalıdır.
- ✓ Komposttaki danelerin çok küçük parçalara ayrılmalı yani 1 cm çapından küçük olmalıdır.