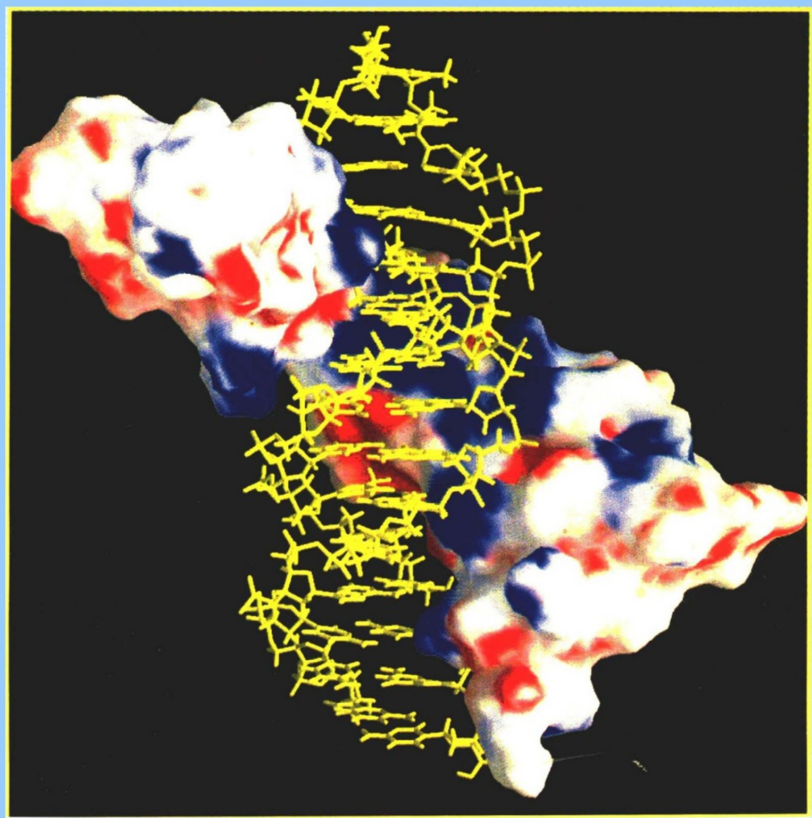
BT-02

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा



आण्विक जैविकी, सूक्ष्म जैविकी एवं जैव रसायन विज्ञान

2

BT-02

बायोटेक्नोलॉजी

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

आण्विक जैविकी, सूक्ष्म जैविकी एवं जैव रसायन विज्ञान

पाठ्यक्रम अभिकल्प समिति

अध्यक्ष

प्रो. नरेश दाधीच
कुलपति
वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

विषय समन्वयक

प्रो. सी. के. ओझा
निदेशक
महात्मा गांधी इंस्टीट्यूट ऑफ एप्लाइड साइंसेज, जयपुर (राज.)

सदस्य सचिव / समन्वयक

डॉ. अशोक शर्मा
एसोसिएट प्रोफेसर
वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

सदस्य

1. **प्रो. जी. एस. रंधावा**
   विभागाध्यक्ष, जैव प्रौद्योगिकी विभाग
   इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, रुड़की (उत्तर प्रदेश)
2. **प्रो. एस. पी. बोहरा**
   विभागाध्यक्ष, वनस्पति शास्त्र विभाग
   जय नारायन व्यास विश्वविद्यालय, जोधपुर (राज.)
3. **प्रो. के. के. शर्मा**
   विभागाध्यक्ष, प्राणीशास्त्र विभाग
   महर्षि दयानन्द सरस्वती विश्वविद्यालय, अजमेर (राज.)
4. **डॉ. कनिका शर्मा**
   सहायक आचार्य, वनस्पति शास्त्र विभाग
   मोहनलाल सुखड़िया विश्वविद्यालय, उदयपुर (राज.)
5. **डॉ. आर. एन. जाट**
   सहआचार्य, गणित विभाग
   राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर(राज.)
6. **डॉ. अरविन्द पारीक**
   सहायक आचार्य, वनस्पति शास्त्र विभाग
   महात्मा गांधी इंस्टीट्यूट ऑफ एप्लाइड साइंसेज, जयपुर (राज.)

सम्पादन एवं पाठ लेखन

सम्पादक

डॉ. कनिका शर्मा
सहायक आचार्य, वनस्पति शास्त्र विभाग
मोहनलाल सुखड़िया विश्वविद्यालय, उदयपुर

लेखक

1. **डॉ. कनिका शर्मा**
   सहायक आचार्य, वनस्पति शास्त्र विभाग
   मोहनलाल सुखड़िया विश्वविद्यालय, उदयपुर(राज.)
2. **डॉ. अरविन्द पारीक**
   सहायक आचार्य, वनस्पति शास्त्र विभाग
   महात्मा गांधी इंस्टीट्यूट ऑफ एप्लाइड साइंसेज, जयपुर(राज.)
3. **डॉ. सीमा भदौरिया**
   सहायक आचार्य, वनस्पति शास्त्र विभाग
   महात्मा गांधी इंस्टीट्यूट ऑफ एप्लाइड साइंसेज, जयपुर(राज.)

पाठ्यक्रम निर्देशन एवं उत्पादन

निदेशक (अकादमिक)

प्रो. अनाम जेटली
वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

निदेशक (सामग्री उत्पादन एवं वितरण विभाग)

प्रो. पी. के. शर्मा
वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

उत्पादन - जुलाई, 2007

निदेशक (अकादमिक) द्वारा वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा के लिए मुद्रित एवं प्रकाशित

प्रस्तावना

यह पुस्तक वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा के बी.एससी. प्रथम वर्ष, जैव प्रौद्योगिकी द्वितीय प्रश्न के पाठ्यक्रम के अनुसार लिखी गई है ।

वर्तमान समय में जैव प्रौद्योगिकी के बढ़ते उपयोग के साथ - साथ आणविक जैविकी, सूक्ष्म जैविकी और जैव रसायन ने नए आयामों में प्रवेश किया हैं । प्रस्तुत पुस्तक इन्हीं विषयों की स्नातक स्तर पर आवश्यक अध्ययन की जरूरत को पूरा करने का प्रयास है ।

पुस्तक की भाषा यथासंभव सरल और सारगर्भित राखी गई है । तकनीकी हिन्दी शब्द, भारत सरकार द्वारा प्रकाशित पारिभाषिक वैज्ञानिक शब्दावली से लिए गए हैं , यथास्थान कोष्ठक में अँग्रेजी शब्द भी दिये गए हैं जो विद्यार्थी के लिए उपयोगी सिद्ध होंगे ।

पुस्तक को यथासंभव त्रुटिरहित रखने का प्रयास किया गया है फिर भी मानव स्वभाव जनित त्रुटियाँ रहना संभव है । विद्वजनों से इस हेतु सुझाव आमंत्रित हैं ।

इकाई – 8
Unit - 8

असीम केन्द्रकी सूक्ष्मजीव
(Prokaryotic Microorganisms)

इकाई की रूपरेखा

8.0 उद्देश्य (Objective)

ऐसे जीव जिन्हें सूक्ष्म दर्शी की सहायता से ही देखा जा सकता है, उन्हें सूक्ष्म जीव कहते हैं। इस पाठ में विभिन्न प्रकार के सूक्ष्मजीवों का विस्तृत विवरण किया गया है। इस पाठ को पढ़ने के बाद आप निम्नलिखित बिन्दुओं से अवगत हो जाएंगे:

- विभिन्न प्रकार के सूक्ष्मजीव
- सूक्ष्मजीवों का परिचय एवं इतिहास
- सूक्ष्मजीवों का वर्गीकरण
- सूक्ष्मजीवों की संरचना का अध्ययन
- विभिन्न सूक्ष्मजीवों में जनन प्रक्रिया
- सूक्ष्मजीवों का आर्थिक महत्व ।

8.1 प्रस्तावना (Introduction)

विभिन्न प्रकार के सूक्ष्मजीवों में सामान्तया जीवाणु, आर्किबेक्टीरिया, यूबेक्टीरिया, साइनोबेक्टीरिया आदि का अध्ययन किया जाता है। ये सूक्ष्मजीव एक कोशिकीय, असीम केन्द्रकी (prokaryotic) प्रकार के जीव होते हैं तथा इनकी कोशिकाऐं एक निश्चित एवं दृढ़ कोशिका भित्ति (cell wall) से आवरित होती है। इनमें जनन कायिक अथवा अलैंगिक विधियों द्वारा ही होता है। कुछ सूक्ष्म जीव प्रतिकुल परिस्थितियों में भी पाए जाते हैं। इन सभी जीवों का आनुवंशिक पदार्थ डी.एन.ए. का एक द्विरज्जुकी, सर्पिल, गोल तन्तु से निर्मित होता है।

साइनोबेक्टीरिया नील हरित जीवाणु एवं कुछ जीवाणु वायुमण्डल में उपस्थित नाइट्रोजन का स्थिरीकरण करने में सक्षम होते है। इनमें जनन द्विगुणन तथा खण्डन द्वारा होता है। एक्टिनोमाइसिटीज समूह के जीवाणु प्रतिजैविकों का निर्माण करते है।

8.2 जीवाणु (Bacteria)

8.2.1 परिचय (Introduction)

जीवाणु एककोशिकीय, असीम केन्द्रकीय, सूक्ष्मजीव होते हैं। इनकी खोज सर्वप्रथम एक डच वैज्ञानिक ल्यूवेन हॉक (Leuwenhocek, 1632-1723) ने 10 जून 1675 में की थी। उन्होंने स्वयं द्वारा निर्मित सूक्ष्मदर्शी यन्त्र, जिसकी आवर्धन क्षमता 150 गुना थी, द्वारा अनेक पदार्थो जैसे पानी, लार, शारीरिक रसों आदि का अध्ययन किया तथा इसमें विभिन्न प्रकार के जीव देखे जिन्हें उन्होंने 'एनीमलक्यूल' (animalcules) नाम दिया। इस प्रकार उन्होने सूक्ष्मजीव (Microbiology) की नींव रखी। इसी कारण उन्हें सूक्ष्मजैविकी का जनक भी माना जाता है।

ल्यूवेन हॉक ने जिन सूक्ष्मजीवों का अध्ययन किया उसमें कई जीवाणु भी पाए गए। जीवाणुओं के अध्ययन को जीवाणु विज्ञान (bacteriology) कहा जाता है। इन सूक्ष्मजीवों को लीनियस (Linnaeus, 1758) ने वर्मिज (vermes) वंश में रखा। एहरनबर्ग (Ehrenberg, 1829) ने इनको जीवाणु bacterium= "little rod (or stick)" ग्रीक शब्द नाम दिया। तत्पश्चात् जीवाणुओं की ओर लगभग 125 वर्षो तक किसी का ध्यान नहीं गया। 1804 में सर्वप्रथम पाश्चर (pasteur) ने और उसके बाद 1876 में कॉख (koch) ने यह साबित किया कि किण्वन (fermentation) एवं पूनयन (putrifaction) की प्रक्रिया जीवाणुओं द्वारा होती है। 1884 में ग्राम (Gram) ने जीवाणुओं की पहचान के लिए ग्राम अभिरंजन (gram staining) का आविष्कार किया। एवरी, मैक्लियोड तथा मैकार्टी (Avery, Macleod & Macarty, 1994) ने जीवाणुओं में रूपान्तरण (transformation) का अध्ययन किया और यह साबित किया कि डी.एन.ए. (DNA) आनुवांशिक पदार्थ (hereditary material) होता है पिछले कुछ वर्षो से जीवाणुओं के अध्ययन में अत्यधिक वृद्धि हुई है। और जीवाणुओं से विभिन्न प्रकार के उत्पादों की प्राप्ति की जा रही है। इन्हें रूपान्तरित कोशिकाएँ बनाने में काम में लिया जा रहा है।

8.2.2 जीवाणुओं के सामान्य लक्षण (General Characters of Bacteria)

- जीवाणु अत्यन्त सरल संरचनायुक्त एककोशिकीय प्रोकेरियोटिक सूक्ष्मजीव (simple, unicelular, prokaryotic) होते हैं।
- जीवाणु सर्वव्यापी अर्थात भू, जल, वायु सभी स्थानों पर पाए जाते हैं।
- स्वयंपोषी जीवाणुओं में जीवाणु क्लोरोफिल (bacteriochlorophyll) वर्णक पाया जाता है।
- अधिकांश जीवाणुओं में क्लोरोफिल का अभाव होता है। इस कारण इनमें विषमपोषी (heterotrophic) प्रकार का पोषण पाया जाता है। वे बाह्य अभिकर्ता द्वारा प्रत्यक्ष रूप से संश्लेषित भोजन प्राप्त करते है और परजीवी (parasite), मृतोपजीवी (saprophyte) अथवा सहजीवी (symbiotic) होते हैं।
- जीवाणु की कोशिका भित्ती दृढ़ होती है, यह एक प्रकार के वृहद् अणुओं से बनी होती है। इसके यौगिक अमीनों अम्ल, सैकेराइड, पेप्टाइडोग्लाइकेन, म्यूरीन व म्युकोपेप्टाईड उपइकाईयों के बहुलकों से निर्मित होती है।
- जीवाणु कोशिका में सुविकसित केन्द्रक (well defined nucleus) का अभाव होता है तथा केन्द्रकीय पदार्थ (nuclear material) पर केन्द्रक कला (nuclear membrane) नहीं पाई जाती है।
- सभी प्रकार के जीवाणुओं में आर.एन.ए. (RNA) तथा डी.एन.ए. (DNA) दोनों प्रकार के न्युक्लिक अम्ल उपस्थित होते हैं।
- कोशिका में माइटोकोण्ड्रिया, गोल्जी उपकरण तथा अन्त: प्रदव्यी जालिका का अभाव होता है।
- कोशिका में श्वसन का कार्य अन्तर्वलित कोशिकाद्रव्यी कला में स्थित मीजोसोभ द्वारा किया जाता है।
- अन्लेंगिक जनन (asexual reproduction) प्राय: द्विविखण्डन (binary fission) द्वारा होता है।
- लैंगिक जनन स्पष्ट रूप से नहीं पाया जाता है परन्तु आनुवंशिक पुनर्योजन पाया जाता है जो कि संयुग्मन (conjugation), पराक्रमण (transducion) तथा रूपान्तरण (transformation) द्वारा होता है।
- जीवाणुओं से हमें बहुत से लाभ होते हैं। इनसे विभिन्न प्रकार की खाद्य वस्तुएं, पेय पदार्थ, दवाईयाँ आदि मिलते हैं।
- जीवाणु मृत कार्बनिक वस्तुओं का अपघटन कर पर्यावरण को शुद्ध करते हैं।
- जैव भू रासायनिक चक्रों में होने वाली रसायनिक क्रियाओं में जीवाणुओं का महत्वपूर्ण योगदान होता है।
- जीवाणुओं से पौधों, मनुष्यों एवं जन्तुओं में रोग पैदा होते हैं।

8.2.3 वर्गीकरण (Classification)

जीवाणुओं का वर्गीकरण लीनियस (Linneaus) की द्विनाम पद्धति (binomial nomenclature) के आधार पर किया गया है। जीवाणु जातियों के नाम भी अन्तर्राष्ट्रीय

नामकरण नियमों (Rules of International Nomenclature) के आधार पर लिपिबद्ध किये जाते हैं। वर्गीकरण की आवश्यकता को ध्यान में रखते हुए कशाभिकाओं (flagella) की उपस्थिति, निवह आकारिकी विशिष्टता (structural complexity), पोषण-विधियों, जैव रासायनिक प्रक्रियाओं, आनुवंशिक लक्षणों, डी.एन.ए. संकरण, आर.एन.ए. ग्रंथसारणिक द्वारा क्षारक श्रृंखलाओं का तुलनात्मक विश्लेषण, रोगजनकता, विकरों एवं सहविकारों की कार्यप्रणाली को वर्गीकरण का आधार बनाया गया है। जीवाणुओं की संरचना एवं क्रियात्मक विशेषताओं के आधार पर वर्गीकरण का श्रेय चेस्टर (Chester,1899) को जाता है जिन्होंने अपना कार्य 1901 में "मैन्यूअल ऑफ डिटरमिनेटिव बैक्टीरियोलॉजी" (Mannual of determinative bacteriology) के नाम से प्रकाशित किया। वर्गीज (Bergey's, 1923) ने चेस्टर के इसी कार्य में संशोधन किया तथा अब इसे "वर्गीज मैन्यूअल ऑफ डिटरमिनेटिव बैक्टीरियोलॉजी" (Bergey's manual of determinative bacteriology) के नाम से जाना जाता है। इसे सर्वप्रथम 1923 में प्रकाशित किया गया। इसके सातवें संस्करण में जो कि अत्यधिक प्रचलन में है जीवाणुओं के एक फाइलम प्रोटोफाइटा में प्रारम्भिक सूक्ष्मजीवों की रखा गया जिसके दो वर्ग बनाए गए -

वर्ग 1 - शाइजोफाइसी (Schizophyceae) - नील हरित शैवाल

वर्ग 2 - शाइजोमाइसिटीज (Schizomycetes) - जीवाणु

वर्ग शाइजोमाइसिटीज को निम्नलिखित 10 गणों में बाँटा गया है:-

1. **सूडोमोनेडेल्स (Pseudomonadales):** इस गण में कुछ प्रकाश संश्लेषी एवं अनेक विषमपोषित जीवाणु जो कि ध्रुवीय कशाभिक, सीधे, मुड़े हुए या वक्राकार, छड़नुमा, ग्राम अग्राही होते है को रखा गया है। इनमें जनन सदैव विखण्डन द्वारा होता है। इस गण में सात कुल रखे गए हैं। उदाहरण: *नाइट्रोसोमोनास, स्यूडोमोनास, जेनन्थोमोनास, विब्रियो* आदि।
2. **क्लेमाइडोबेक्टिरीएलीस (Chlamydobacteriales):** सामान्यतया जल में पाए जाने वाले इन जीवाणुओं की अक्सर बाह्य सतह त्वचारोम से ढकी रहती है। इसमें तीन कुल रखे गए है। उदाहरण: *लेप्टोथ्रिक्स, टोक्सोथ्रिक्स* आदि।
3. **हाइफोमाइक्रोबिएलीज (Hyphomicrobialies):** ये जीवाणु गोलाकार से लेकर नाशपाती के आकार के होते हैं। ये जल या कीचड़ (mud) में पाए जाते है तथा इनमें जनन सामान्यत: मुकुलन (budding) द्वारा होता है। इसमें दो कुल रखे गए है। उदाहरण: *हाइफोमाइक्रोबियम, पाश्चुरिया* आदि।
4. **यूबेक्टिरीएलीज (Eubacteriales):** इसमें सीधे दण्डाणु एवं गोल, चल या अचल, परिपक्ष्माभ जीवाणु रखे गए हैं जो कि विखण्डन द्वारा जनन करते हैं। इसमें तेरह कुल रखे गए हैं। उदाहरण: *एजोटोबेक्टर, राइजोबियम, लेक्टोबेसीलस, क्लॉस्ट्रीडियम* आदि।
5. **एक्टिनोमाइसिटेलीज (Actinomycetales):** ये जीवाणु तन्तुनुमा शाखित होते हैं तथा इनमें जनन सामान्यत: बीजाणुओं एवं ऑइडियम द्वारा होता है। इसमें चार कुल रखे गए हैं। उदाहरण: *एक्टिनोमाइसिस, स्ट्रेप्टोमाइसिस, माइक्रोकॉक्स, माइकोबेक्टिरीयम* आदि।

6. **केरियोफेनेल्स (Caryophanales):** इन जीवाणुओं की कोशिकाएँ दीर्घ तन्तुनुमा खंडित, संकोशिकी नलिकाकार या पटित (septate) होती है। जनन गोनिडिया द्वारा होता है। इसमें तीन कुल हैं। उदाहरण: *केरियोफेनॉन, ओसिलोस्पाइरा* आदि।
7. **बैगियाटोएलीज (Baggiatoales):** ये कोशिका एकल या सामुहिक तन्तु का निर्माण करती है। ये अशूक होते है एवं जनन विखण्डन द्वारा होता है। इस गण में चार कुल रखे गए है। उदाहरण: *बैगियाटोआ, एक्रोमेटियम*।
8. **मीक्सोबेक्टिरीएलीज (Mixobacteriales):** अधिकतर मिट्टी तथा गोबर में पाए जाने वाले ये जीवाणु पतली छड़नुमा, श्लेष्मयुक्त (micilaginous) तथा विसर्पी चलन (gliding motility) वाले होते है। इनमें जनन विखण्डन द्वारा होता है। इसमें पांच कुल रखे गए है। उदाहरण: *मिक्सोकॉकस, साइटोफेगा* आदि।
9. **स्पाइरोकीटेलीज (Spirochaetales):** प्रोटोजोआ के समान दिखने वाले इन जीवाणुओं की कोशिकाएँ, पतली, लचीली तथा सर्पिलाकार होती है तथा सर्पिल गति (spiral movement) दर्शाती है। ये अशूक होते हैं तथा जनन विखण्डन द्वारा होता है। उदाहरण: *स्पाइरोकीट, ट्रिपोनीमा* आदि।
10. **माइकोप्लाज्माटेलीज (Mycoplasmatales):** ये कोशिकाएँ सूक्ष्म, भंगुर, छानने योग्य, बहु रूपी, ग्राम अग्राही तथा अचल होती है। इसमें एक कुल माइकोप्लाज्मेटेसी रखा गया है। उदाहरण: *माइकोप्लाज्मा*।

वर्गीज मैन्यूअल ऑफ डिटरमिनेटिव बैक्टीरियोलोजी का आठवें संस्करण 1974 में प्रकाशित हु आ। इसे बुकानन तथा गिब्स (Buchanan & Gibbs) ने संपादित किया। इसके अनुसार जीवाणुओं को उनके आदर्शस्वरूपी प्रोकेरियोटिक संरचना के अधार पर अन्य सूक्ष्मजीवों से पृथक एक अलग जगत-प्रोकेरियोटी में रखा गया। इसमें जीवाणुओं को निम्नलिखित 19 भागों में वर्गीकृत किया है। यह वर्गीकरण संक्षेप में निम्नलिखित है:

जगत् (Kingdom) - प्रोकेरियोटा (Prokaryota)

प्रभाग I (Division I) - साइनोबेक्टीरिया (Cyanobacteria)

प्रभाग II (Division II) - जीवाणु (Bacteria)

प्रभाग II - जीवाणु

भाग I - प्रकाश संश्लेषी जीवाणु (Photo synthetic bacteria) - ये प्रकाश संश्लेषी जीवाणु होते हैं तथा इसमें बेक्टीरियोक्लोरोफिल वर्णक उपस्थित होता है। ये जलीय वातावरण में पाए जाने वाले चल या अचल जीवाणु होते है। इस भाग में 1 गण, 3 कुल तथा 18 वंश रखे गए हैं।

उदाहरण: रोडोस्पाइरिलीयम (Rhodospirillum), क्रोमेटियम (Chromatium), क्लोरोबियम (Chlorobium), अन्य।

भाग II - विसर्पी जीवाणु (Spiral Bacteria) - ये जीवाणु श्लेष्म स्त्रावित करते हैं तथा विसर्पी चलन दर्शाते हैं। कुछ रूप चमकदार रंग वाले स्थूलदर्शी फलनकाय उत्पन्न करते है। ये

मृदा, मृत कार्बनिक पदार्थो तथा जलीय वातावरण में पाये जाते हैं। इसमें दो गण तथा दस कुल रखे गये है।

उदाहरण: मिक्सोकॉकस (Myxococcus), आरकेन्जियम (Archanangium), सिस्टोबेक्टर (Cystobacter), साइटोफेगा (Cytophaga), साइमनसेला (Symencella), टॉक्सीकोथ्रिक्स (Toxicothrix)।

भाग III - आच्छादित जीवाणु (Sheathed bacteria) - ये दण्डाणु तथा तन्तुनुमा जीवाणु होते है जो कि लौह (Iron) और मैगनीज (Manganese) जैसे अघुलनशील पदार्थो से आच्छादित होते हैं। ये चल या अचल, ग्राम अग्राही होते हैं। तथा जलीय वातावरण में पाए जाते हैं। इसमें 7 वंश रखे गए है।

उदाहरण: लेप्टोथ्रिक्स (Leptothrix), स्ट्रेप्टोथ्रिक्स (Streptothrix), क्लोनोथ्रिक्स (Clonothrix)।

भाग IV - मुकुलन करने वाले और/या उपांगयुक्त जीवाणु (Budding and/or Prosthecate Bacteria) - इस वर्ग के कुछ जीवाणु एक तन्तुनुमा अतिवृद्धि उत्पन्न करते हैं जिसे प्रोस्थीका कहा जाता है। यह जीवाणुकाय से उत्पन्न होती है जबकि कुछ जीवाणुओं में संलग्नक (epiphytic) पाया जाता है। ये संलग्नक (epiphytic) जीवाणुओं को आधार से जुड़ने में सामर्थ्य प्रदान करते है। इनमें जनन मुकुलन (budding) तथा विखण्डन द्वारा होता है। ये मृदा तथा जलीय वातावरण में पाए जाते हैं। इसमें 17 वंश रखे गए है।

उदाहरण: हाइफोमोनास (Hyphomonas), पास्तुरिया (Pasturia)।

भाग V - स्पाइरोकीट्स (Spirochaetes) - ये जीवाणु बेलनाकार (barrel shaped) तथा वलयाकार (spiral) अन्य कुण्डलित (helically coiled) होते हैं तथा इनकी लम्बाई 3-500µm तक होती है। कुछ मृतोपजीवी तथा अन्य परजीवी होते है। ये जलीय जीवाणु (aquatic bacteria) होते है तथा अनुप्रस्थ विखण्डन (transverse fission) द्वारा जनन करते हैं। इसमें एक गण तथा एक कुल एवं पांच वंश रखे गए हैं।

उदाहरण: स्पाइरोकीटा (Spirochaeta), बोरेलिया (Borrelia)।

भाग VI - सर्पिल एवं वकृत जीवाणु (Spiral and Curved Bacteria) - ये जीवाणु भी स्पाइरोकीट्स के समान वलयाकार कुण्डलित होते हैं परन्तु इनमें दृढ़ कोशिका भित्ती पाई जाती है। ये स्वतन्त्रजीवी, मृतोपजीवी या परजीवी होती है। ये कशाभिका की सहायता से गति करते है तथा ग्राम अग्राही होते हैं। इसमें 1 कुल तथा 2 वंश रखे गए हैं।

उदहरण: स्पाइरिलम (Spirillum), माइक्रोसाइक्लस (Microcyclus)।

भाग VII - ग्राम अग्राही, वायवीय, शलाखीय तथ गोलाणु जीवाणु (Gram Negative, aerobic, rod like and coccoid bacteria) - इसमें पाए जाने वाले जीवाणुओं की आकारिकी समान होती है परन्तु जैवरासायनिक लक्षणों में भिन्नता होती है जैसे कि नाइट्रोजन और कार्बन अवयवों का उपापचय। ये जन्तु तथा मानव में रोगजनक होते है। ये स्थलीय तथा जलीय दोनों प्रकार के वातावरण में पाए जाते है। इसमें पांच एवं छः वंश होते है।

उदाहरण: स्यूडोमोनास (Pseudomonas), जेंथोमोनास (Xanthomonas), एजोटोबेक्टर (Azatobacter), राइजोबियम (Rhizobium), हेलोकोकस (Halococcus), एसीटोबेक्टर (Acetobacter)।

भाग VIII - ग्राम अग्राही, अविकल्पी, अवायवीय, शलाखीय जीवाणु (Gram negative, obligate anaerobic, rod shaped bacteria) - ये चल या अचल जीवाणु होते हैं। ये मानव, पौधों तथा जन्तुओं के प्रति रोगजनक होते है। ये सभी प्रकार के वातावरण में पाये जाते हैं। इसमें दो कुल और 17 वंश रखे गये है।

उदाहरण: एस्चेरिकिया (Escherichia), सालमोनेला (Salmonella), प्रोटीयस (Proteus), विब्रियो (Vibrio)।

भाग IX - ग्राम अग्राही अवायवीय जीवाणु (Gram negative, anaerobic bacteria) - ये बहुरूपी अविकल्पी अवायवीय जीवाणु होते हैं जो कि मुख गुहिका (oral cavity) में, आँत्र (intestine) आदि में पाए जाते हैं। चलरूपी परिपक्षनाभी या एककशामी होते हैं। कुछ जातियाँ मानव तथा जन्तुओं में रोगजनक होती है।

उदाहरण: बेक्टिरोइड्स (Bacteroides), डीसल्फोविब्रियो (Desulphovibrio), सक्सीनीमोनास (Succimonas)।

भाग X - ग्राम अग्राही कॉकाई तथा कॉकोबेसीलाई (Gram negative cocci and coccibacilli) - ये ग्राम अग्राही, अचल वायवीय, कॉकाई और कॉकोबेसीलाई होते हैं जो कि मानव तथा जन्तुओं की श्लेष्मा झिल्ली में पाए जाते हैं। इन जीवाणुओं में कार्बोहाइड्रेट्स तथा प्रोटीन के उपापचय की सीमित क्षमता पाई जाती है।

उदाहरण: नेसिरिया, पेराकोकस।

भाग XI - ग्राम अग्राही अवायवीय कोकाई (Gram negative anaerobic cocci) - ये ग्राम अग्राही, अचल, अवायवीय, गोलाकार जीवाणु होते हैं। ये ज्यादातर समूह में या श्रृंखला में व्यवस्थित होते हैं। ये जीवाणु रोग जनक नहीं होते हैं तथा मानव व जन्तुओं की श्वसन तन्त्र एवं आंत्र नाल में पाए जाते हैं। इसमें एक कुल रखा गया है।

उदाहरण: विलोनेला (Vellionella), एसिडोमिनोकॉकस (Acidomonococcus)।

भाग XII - ग्राम अग्राही, कीमोलिथोट्रोपिक जीवाणु (Gram negative, chemo-lithotrophic bacteria) - ये स्वयंपोषी (autotrophic) जीवाणु होते हैं जो अकार्बनिक अवयवों के ऑक्सीकरण से ऊर्जा उत्पन्न करते है। ये दण्डाणु गोलाकार या वलयाकार हो सकते है। इस वर्ग का चल समूह, कशाभिका की उपस्थिति दर्शाता है। ये रोगजनक नहीं होते हैं तथा मृदा व जल में पाए जाते है। इसमें दो कुल पाये जाते हैं।

उदाहरण: नाइट्रोबेक्टर (Nitrobacter), थायोबेसिलस (Thiobacillus), थायोबेक्टीरियम (Thiobacterium), साइडेरोकेप्सा (Siderocapsa)।

भाग XIII - मीथेन उत्पन्न करने वाले जीवाणु (मीथेनोजेनिक) (Methane forming or Methanogenic bacteria) - जीवाणुओं के इस वर्ग में अवायवीय स्थितियों में मीथेन

उत्पन्न करने की क्षमता पाई जाती है । ये स्थलीय तथ जलीय दोनों स्थितियों में पाए जाते हैं । वैसे तो यह जीवाणु समूह ग्राम ग्राही होता है परन्तु इसमें कुछ ग्राम अग्राही जीवाणु भी पाये जाते है । इसमें दो कुल हैं ।

उदाहरण: मीथैनोबेक्टीरियम (Methanobacterium), मीथैनोकॉकस (Methanococcus)।

भाग XIV - ग्राम ग्राही कोकाई (Gram Positive Cocco) - ये ग्राम ग्राही, रोगजनक या मृतोपजीवी कोकाई होते हैं जो कि एकल या समूह या श्रृंखला में पाए जाते हैं। ये मृदा, स्वच्छ जल तथा जन्तुओं की श्लेष्मा झिल्ली में पाए जाते हैं। इसमें तीन कुल पाये जाते हैं।

उदाहरण: माइक्रोकोकस (Micrococcus), स्ट्रेप्टोकोकस (Streptococcus), ल्यूकोनोस्टॉक (Leuconostoc), सारसीना (Sarcina)।

भाग XV - अन्त: बीजाणु बनाने वाले शलाखी तथा कॉकाई जीवाणु (Spore forming rod shaped and coccoid bacteria) - ये जीवाणु अन्त: बीजाणु (endospores) उत्पन्न करते हैं। ये रोगजनक होते हैं तथा मानव व जन्तुओं में रोग उत्पन्न करते हैं। इसमें एक कुल रखा गया है।

उदाहरण: बेसीलस (Bacillus), क्लॉस्ट्रीडियम (Clostridium)।

भाग XVI - बीजाणु नहीं बनाने बाले ग्राम ग्राही छड़नुमा जीवाणु (Non spore forming gram positive rod shaped bacteria) - ये अचल, ग्राम ग्राही, दण्डाणु होते हैं। ये अवायवीय होते है तथा दूध व दूध से निर्मित पदार्थो में पाए जाते है जैसे *लेक्टोबेसीलस (Lactobacillus)*। ये लेक्टोस (Lactose), दूध शर्करा (milk sugar) को लेक्टिक अम्ल तथा अन्य अम्लों में किण्वित करते हैं। इसमें एक ही कुल पाया जाता है।

उदाहरण: लेक्टोबेसीलस (Lactobacillus), लिस्टीरिया (Listeria)।

भाग XVII - एक्टीनोमाइसीटीस व अन्य सम्बन्धित जीवाणु (Actinomycetes and other related bacteria) - ये जीवाणु बहुरूपी (pleomorphic) होते हैं तथा इनमें शाखित तन्तु (branched filament) बनाने की प्रवृति होती है। ये अचल, ग्राम ग्राही तथा वायवीय या अवायवीय होते है। इसमें एक गण एवं आठ कुल पाये जाते हैं।

उदाहरण: कॉरनीबेक्टीरियम (Corynebacterium), आर्थाबेक्टर (Arthrobacter), यूबेक्टीरियम (Eubacterium), एक्टिनोमाइसिस (Actinomyces), माइकोबेक्टीरियम (Mycobacterium), नोकार्डिया (Nocardia), स्ट्रेप्टोमाइसिस (Streptomyces), माइक्रोपॉलीस्पोरा (Micrololyspora)।

भाग XVIII - रिकेट्सिया (Rickettsia) : अत्यन्त सूक्ष्म आकार के ये जीवाणु 0.3 से 07 µm चौड़े तथा 1-2 µm लम्बे होते हैं। ये ग्राम अग्राही, अचल, अविकल्पी परजीवी होते हैं तथा मानव व जन्तुओं में रोगजनक होते हैं। इसमें एक गण एवं तीन कुल पाये जाते हैं।

उदाहरण: रिकेटसिया (Rickettsia), इश्चिरिया (Escherichia), बार्टनेला (Bartonella), एनाप्लाज्मा (Anaplasma), क्लेमाइडिया (Chlamydia)।

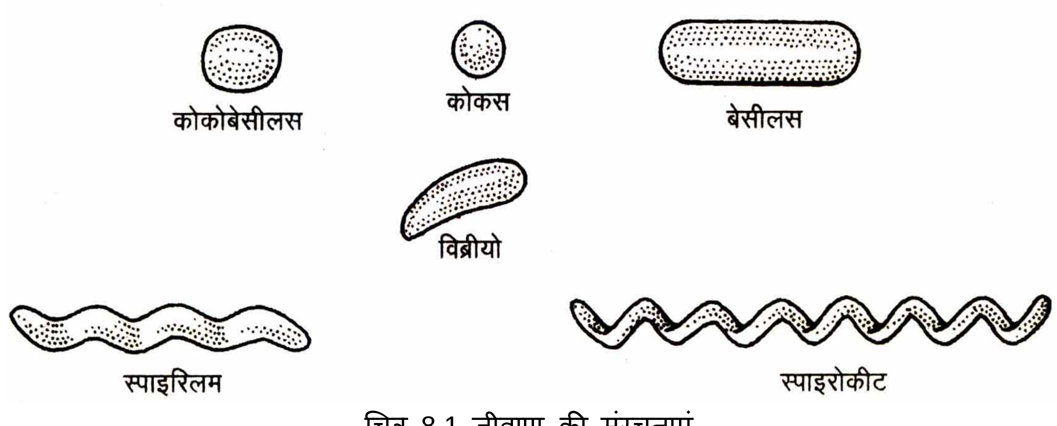
भाग XIX - माइकोप्लाज्या (Mycoplasma) - इसमें कोशिका भित्ती कोशिकांग का अभाव होता है। ये जीवाणु त्रिस्तरीय, अदृढ़ कोशिका झिल्ली से आच्छादित रहते हैं। ये ग्राम अग्राही, अचल तथा विकल्पी अवायवीय होते है। इसमें एक वर्ग, एक गण एवं दो कुल पाए जाते हैं। उदाहरण: माइकोप्लाज्मा (Mycoplasma), एकॉलीप्लाज्मा (Acholeplasma), थर्मोप्लाज्मा (Thermoplasma), स्पाईरोप्लाज्मा (Spiroplasma)।

8.2.4 जीवाणु संरचना

जीवाणु आकार : प्रोकेरियोटिक जीव अत्यन्त सूक्ष्म होते हैं इस कारण इन्हे माइक्रोन (Micron) में मापा जाता है। इनका आकार प्रारूपिक यूकेरियोटिक कोशिका के आयतन का 1/1000 होता है। *हीमोफिलस इन्फ्लूएन्जी (Hemophilus influenzae)* को सबसे सूक्ष्म जीवाणु माना गया (0.2 से 0.3 x 0.5 x 2.0μ)। पहले *बैजियाटोआ (Beggiatoa)* को सबसे दीर्घ जीवाणु माना जाता था। परन्तु वर्तमान में दो नए जीवाणुओं की खोज हुई। जिनको नग्न आँखों द्वारा भी देखा जा सकता है। ये जीवाणु *यूलोपिसियम फिस्चेलसोनाई (Eulopicium fischelsoni, 1993)* एवं *थायोमारगेरीटा नामिबिएन्सिस (Thiomargarita namibiensis)*। इसे नामिबिया का सल्फर मोती (Sulphur pearl of namibia) कहा जाता है। इसका आकार 0.75mm होता है। अत: अब इन्हें सबसे बड़ा जीवाणु माना जाता है।

जीवाणु कोशिका का संगठन (Composition of bacterial cell) - जीवाणु कोशिका का 70% भाग जल से निर्मित होता है। इसके 26% स्थूलकण शुष्क भार के 90% के लिए उत्तरदायी है। जल के अतिरिक्त, प्रचुर मात्रा में प्रोटीन पाए जाते है जो कि शुष्क भार का 50% बनाते है।

जीवाणु कोशिकाओं की संरचना तथा व्यवस्था (Shape and arrangement of bacterial cell) - जीवाणु सामान्यतया तीन आकृतियों में पाए जाते है (चित्र 8.1)। ये निम्न प्रकार की होती है:



चित्र 8.1 जीवाणु की संरचनाएं

1. **सर्पिलाकार (Spiral shape)-** कोशिकाएँ सर्पिलाकार, कुण्डलित (helically coiled) होती है। उदा. ट्रीपोनीमा पेलीडम (treponema pallidium) अर्धमुड़ाव के साथ कोमा, छोटा

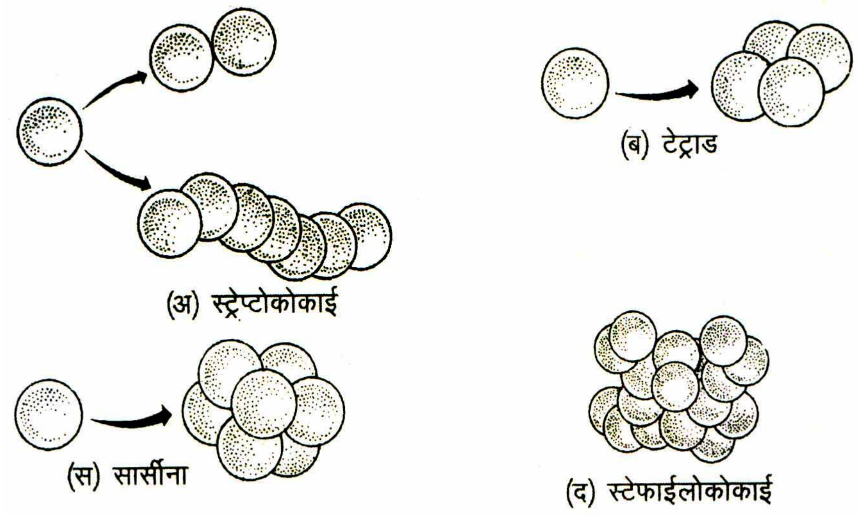
विराम चिन्ह के आकार की कोशिकाओं को विब्रियों (vibrio) कहा जाता है। उदाहरण: *विब्रियो कोलेरी (Vibrio cholerae)* पूर्ण मुड़ाव वाली कोशिकाऐं स्पाइरिलम (Spirillum) कहलाती है।

2. कोकाई (Coccus)- गोलाकार या दीर्घवृताकार कोशिकाएँ। उदाहरण: *स्ट्रेप्टोकोकस (Streptococcus), स्टेफाईलोकोकस (Staphylococcus)*।

3. छड़नुमा या दण्डाणु (Rod shape)- छडनुमा कोशिकाएं । उदाहरण: *क्लॉस्ट्रीडियम (Clostridium)।*

4. एक्टिनोमाइसिटीज (Actinomycetes)- ये लम्बे, तन्तुनुमा शाखित कोशिकाएँ होती है। उदाहरण: *एक्टिनोमाइसिस (Actinomyces), स्ट्रेप्टोमाइसिस (Streptomyces)*। इन्हें शाखित दण्डाणु भी कहा जाता है।

जीवाणु कोशिकाओं की व्यवस्था (arrangement), विभाजित होने वाली कोशिकाओं के विभाजन तथा पृथक्करण के तल (plane) पर निर्भर करती है। (चित्र 8.2)



चित्र 8.2 कोकाई की कोशिका व्यवस्था

यह व्यवस्था मुख्यत: निम्न प्रकार की होती है-

(i) डिप्लोकोकाई (Diplococcus) : विभाजन एक ही तल (single plan) में होने से हमेशा दो जुड़ी हुई गोलाणु कोशिकाएँ एक साथ पाई जाती है। उदाहरण- *डिप्लोकोकस निमोनी (Diplococcus pneumoniae)*।

(ii) स्ट्रेप्टोकोकाई (Streptococcus) : विभाजन के पश्चात कोशिकाऐं पृथक नहीं होती है, इस कारण गोलाणु कोशिकाओं की मणिका या माला जैसी श्रृंखला बन जाती है। उदाहरण- *स्ट्रेप्टोकोकस एगेलेक्टी (Streptococcus aureus)* ।

(iii) टेट्राकोकाई (Tetracoccus) : विभाजन दो तलो में होता है। दूसरा विभाजन पहले के 90^0 कोण पर होता है इससे वर्गाकार आकृति के रूप में जुड़ी हुई चार गोलाणु कोशिकाएँ मिलती है। उदाहरण- *गेफिकया टेट्राजीना (Gefikia tetragena), नीसिरिया (Niesseria)*।

(iv) स्टेफाइलोकोकाई (Staphylococcus) : एक से ज्यादा विभाजन विभिन्न तलो में होते है और कोशिकाएं प्राय: अंगूर के गुच्छों के समान दिखाई देती है। उदाहरण- *स्टेफाइलोकोकस आरियस (Staphylococcus aureus)*।

(v) सरसीना (Sarcina) : गोलाणु घनाकार या पैकेट रूप की नियमित अवस्थाओं में व्यवस्थित रहते है। उदाहरण- सरसीना ल्यूटिया (Sarcina lutea)।

2. छड़ाकार या दण्डाणु (Rod shaped) - ये जीवाणु छड़ाकार या दण्डाकार होते हैं। सामान्यत: ये जीवाणु स्वयं को भिन्न-भिन्न प्रकारों में व्यवस्थित नहीं करते हैं किन्तु कभी-कभी ये जोड़े में *डिप्लोबेसीलाई (Diplobacilli)* या श्रृंखला में *स्ट्रेप्टोबेसीलाई (Streptobacilli)* के रूप में व्यवस्थित रहते है। उदाहरण: *बेसिलस सबटिलिस (Bacillus subtilis), लेक्टोबेसिलस (Lactobacillus), बेसिलस टयूबरकयूलोसिस (Bacillus tuberculosis)*।

3. तन्तुमय जीवाणु (Filamentous bacteria) - कुछ जीवाणु तन्तुमय होते हैं। उदाहरण: थियोथ्रिक्स (Thilthrix), बेगियाटोआ (Beggiatoa)।

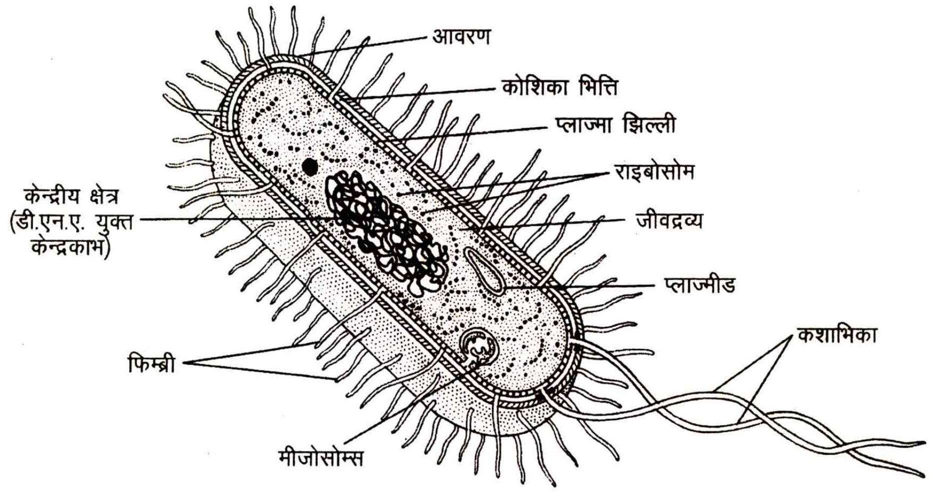
4. सवृन्त जीवाणु (Stalked bacteria)- ये एक कोशिकीय सवृन्त होते हैं। वृन्त कोशिका का ही भाग होता है जैसे कॉलोबेक्टर (Caulobacter) में। कभी-कभी वृन्त स्त्राव द्वारा निर्मित होता है जैसे *गेलीओनेला (Gallionella)* में। वृन्त का आधार घुण्डीनुमा तथा चिपचिपा होता है। कई वृन्त घुंडियों द्वारा आपस में जुड जाते हैं तथा गुलाब की पंखुडियों की तरह व्यवस्थित हो जाते है। इसमें कोशिका विभाजन अनुप्रस्थ विखण्डन द्वारा होता है न कि द्विविखण्डन द्वारा।

5. मुकुलन करने वाले जीवाणु (Budding bacteria) - इसमें कोशिकाएँ फुटबाल की तरह होती है जिसमें एक फूला हुआ भाग तथा एक पतली नलिका होती है। नलिका धीरे - धीरे लम्बाई में बढ़कर फूल जाती है तथा एक नई गोलाकार कोशिका बन जाती है। अन्त में कोशिकाओं का एक जाल बन जाता है। उदाहरण: *रोडोमाइक्रोबियम (Rhodomicrobium)*।

6. बहुरूपी जीवाणु - कुछ जीवाणु वातावरण में परिवर्तनानुसार अपने आकार तथा आमाप में अस्थायी परिवर्तन करने की क्षमता रखते हैं। अत: ये जीवाणु एक से अधिक आकार में पाए जाते है। उदाहरण: *एसिटोबेक्टर (Acetobacter)* सूक्ष्म तथा दीर्घित छड़ों या सूक्ष्म छड़ों की श्रृंखला के रूप में पाया जा सकता है।

8.2.5 जीवाणु कोशिका की परासंरचना (Ultrastructure of Bacterial Cell)

जीवाणु कोशिका एक प्रारूपी प्रोकेरियोट संरचना होती है। (चित्र 8.3) इसमें एक नग्न डी.एन.ए. पाया जाता है जिसे न्यूक्लिओइड कहते हैं। तथा झिल्लीबद्ध कोशिकांगों का अभाव होता है। कोशिका भित्ती के बाहर प्राय: एक अवपंक परत (slime layer) का आवरण होता है।



चित्र 8.3 प्रोकेरीयोटिक कोशिका

चित्र 8.3 प्रोकेरियोटिक कोशिका

जीवाणु कोशिका को संरचनात्मक रूप से 5 भागों में बाँटा गया है।

1. **सतही आसंजित भाग: (Surface Adherents) :** ग्लाकोकेलिक्स (Glycocalyx)।
2. **सतही उपांग (Surface appendages) :** कशाभिकाएँ (flagella) तथा रोम (pili)
3. **कोशिका भित्ती (Cell wall)**
4. **कोशिका कला (Cell membrane)**
5. **कोशिका द्रव्य तथा कोशिकांग (Cytoplasm and cell organelles)।**

1. सतह आसंजित भाग: (Surface Adherents):

- **ग्लाइकोकेलिक्स (Glycocalyx) :** कुछ जीवाणुओं में कोशिका की सतह श्यान (viscous) पदार्थ की एक परत से घिरी रहती है जिसे ग्लाइकोकेलिक्स कहते हैं। ये सौ से हजार अणुओं से बने बहुलक (polymer) से बनी होती है। यदि यह एक निश्चित संरचना के रूप में संगठित होती है तथा कोशिका भित्ती (cell wall) से दृढ़ता से जुड़ी होती है तो इसे संपुट (capsule) कहते हैं। यदि यह आकृतिविहीन तथा असंगठित (disorganised) होती है व कोशिका भित्ति से अदृढ़ रूप से जुड़ी होती है तो इसे अवपंक परत (slime layer) कहते हैं।
- **संपुट (Capsule) :** यह एक श्लेष्मा की पतली परत के रूप में कोशिका भित्ति के बाहर पाया जाता है। यह बहुशर्करा की पतली लड़ीयों (strands) से बने जाल के समान लगता है। यह दो प्रकार का होता है: एक ही प्रकार की शर्करा से बना समहुशर्करा संपुट (homopolysaccharide capsule) एवं विषमबहुशर्करा (heterpolysaccharide) एवं एक से अधिक प्रकार की शर्कराओं से मिलकर बना होता है। उदाहरण- स्ट्रेप्टोकोकस न्युमोनीयेई (Streptococcus pneumoniae) का संपुट गेलेक्टोस, ग्लूकोज तथा रेहम्नोज

(galactose, glucose and rhamnose) शर्करा का बना होता है। कुछ जीवाणु जैसे बेसीलस एन्थ्रेसिस (Baccillus anthracis) में संपुट बहु शर्करा के स्थान पर पॉलिपेप्टाइड (polypeptide) का बना होता हैं।

संपुट के कार्य (Function of capsule):

1. ये जीवाणुओं को सतह से चिपकने में सहायता प्रदान करते है।
2. इसमें एकत्र भोजन भण्डारण (storage) का कार्य करता है।
3. संपुट (capsule) में अनेक ध्रुवीय समूह (polar groups) होते हैं जो जल के साथ बन्ध (bonds) बना सकते हैं और जीवाणु को अस्थायी शुष्कता से बचाते है।
4. संपुट जीवाणु को प्रतिजैविक गुण (antigenic properties) प्रदान करता है।
5. संपुट जीवाणुभोजी एवं भक्षकाणु (phage bacterio and phagocytes) के द्वारा नष्ट होने से बचाता है।
6. संपुट में पाई जाने वाली शर्करा का व्यावसायिक उपयोग किया जाता है।

2. सतही उपांग (Surface Adherents)

➢ **कशाभिकाएँ (Flagella) :** जीवाणुओं की कशाभिका, यूकेरियोट कशाभिका से संरचना में भिन्न होती है। ये रोम के समान उपांग होता है। ये कोशिका झिल्ली से उत्पन्न होते हैं तथा कोशिका भित्ती से बाहर निकलते है। सूक्ष्मतन्तुओं में 9+2 व्यवस्था का अभाव होता हे। (चित्र 8.4)

चित्र 8.4 जीवाणुओं में काशभिकीय व्यवस्थाएं

इनकी स्थिति के आधार पर कोशिका को निम्नलिखित प्रकारों में विभाजित किया गया है-

- **अकशाभी (Atrichous) :** कशाभिका अनुपस्थित होती है। उदाहरण: *लेक्टोबेसीलस (Lactobacillus), पास्चुरेला (Pasteurella)*।
- **ध्रुवीय एककशाभी (Polar Monotrichous) :** कोशिका के ध्रुव पर एकल कशाभिका पाई जाती है। उदाहरण: *नाइट्रोसोमोनास (Nitrosomonas)*।
- **उभयकशाभी (Amphitrichous) :** कोशिका के दोनों ध्रुवों पर एक या अधिक कशाभिकाएँ पाई जाती है। उदाहरण: *नाइट्रोसोमोनास (Nitrosomonas)*।
- **शिरोपुच्छकशाभी (Cephalotrichous) :** कोशिका के एक ध्रुव पर दो या अधिक कशाभिकाएँ पाई जाती है। उदाहरण: *स्यूडोमोनास फ्लोरेसेन्स (Pseudomonas fluorescens)*।
- **गुच्छकशाभी (Lophotrichous) :** कोशिका के एक छोर पर कशाभिकाओं का एक समूह पाया जाता है। उदाहरण: *स्पाइरिलम वोल्यूटेन्स (Spirillum volutans)*।

- **परिपक्ष कशाभी (Peritrichous) :** कोशिका की सम्पूर्ण सतह पर कशाभिकाएँ पाई जाती है। उदाहरण: *बेसीलस टाइफोइडस (Bacillus typhoides)*, *क्लॉस्ट्रीडियम (Clostridium)*।

➢ कशाभिका की संरचना (Structure of flagella):

कशाभिका तीन भागों में विभाजित होती है (चित्र 8.5)-

- आधारीकाय (Basal body)
- हुक (Hook)
- तन्तु (Filament)

- **आधारीकाय (Basal body):** आधारीकाय दो वलयों से मिलकर बनी होती है: अग्रस्थ (proximal) एवं दूरस्थ (distal)

(i) अग्रस्थ (proximal): यह समूह दो वलयों से मिलकर बना होता है-

M या झिल्ली वलय (membrane ring) जो कि कोशिका झिल्ली में धँसी हुई होती है।

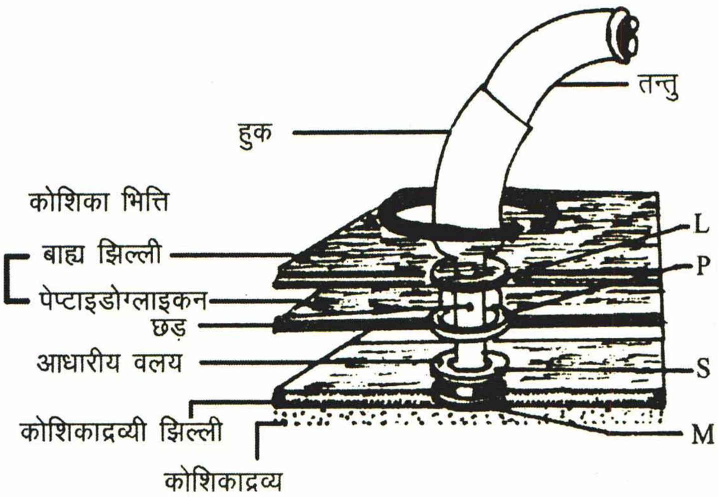
S या अधिझिल्ली वलय (supermembrane ring) जो कि बाह्य और आन्तरिक झिल्ली के मध्य उपस्थित परिद्रव्य अवस्था में पाई जाती हे।

(ii) दूरस्थ वलय (distal): यह समूह भी दो वलयों से निर्मित होता है-

P या पेप्टाइडोग्लाइकन वलय (peptidoglycan ring) - ये वलय पेप्टाइडोग्लाइकन परत में धंसी हुई पाई जाती है।

L या लिपोपॉलिसैकेराइड वलय (lipopolysaccharide ring)- ये वलय बाह्य झिल्ली की लिपोपॉलिसेकेराइड परत से जुड़ी होती है।

ये वलय एक दूसरे से एक छड़ के द्वारा जुड़ी हुई होती है। ग्राम ग्राही जीवाणुओं में बाह्य या दूरस्थ समूह अनुपस्थित होता है।



चित्र 8.5 काशभिका आधार संरचना

- **हुक (Hook):** यह भाग तन्तु को आधारीकाय से जोड़ने का कार्य करता है। यह ग्राम अग्राही जीवाणुओं में अधिक लम्बाई में पाया जाता है।
- **तन्तु (Filament):** यह फ्लेजिलीन (flagellin) नामक प्रोटीन का बना होता है जो कि अनेक इकाइयों (multiple units) में पाया जाता है और जिसका अणुभार 40,000 डाल्टन होता है।

ईकाईयाँ, वलयाकार क्रम में पाई जाती है तथा एक खोखली नली का निर्माण करती है। हर इकाई का व्यास 40-50A^0 होता है।

तालिका 8.1

प्रोकेरियोट तथा यूकेरियोट कशाभिका में भिन्नता (Differences in prokaryote and eukaryote flagella)

प्रोकेरियोट	यूकेरियोटिक
1. तन्तुनुमा तथा प्रोटीन के तन्तुको से निर्मित होती है। (9+2) विन्यास अनुपस्थित	1. तन्तुनुमा एक्सोनीम तथा बाह्य परत की बनी होती है। एक्सोनीम, परिधीय सूक्ष्मतन्तुओं का बना होता है। इस प्रकार इसमें (9+2) विन्यास पाया जाता है।
2. बाह्य आवरण अनुपस्थित	2. बाह्य आवरण पाया जाता है।
3. तन्तु वलयाकार रूप से व्यवस्थित होते है।	3. 200 लम्बे तथा 2000A^0 चौड़े होते है।
4. 4-5 μ लम्बाई में होते हैं।	4. प्रतिजैविक प्रकृति (antigenic property) नहीं दर्शाते है।
5. 120 A^0 व्यास पाया जाता है।	5. ट्यूब्यूलिन प्रोटीन से निर्मित होती है।
6. प्रतिजैनिक प्रवृति (antigenic property) दर्शाते हैं।	6. सभी प्रकार के अमीनो अम्ल पाए जाते है।
7. फ्लेजिलीन प्रोटीन से बने होते हैं।	7. ATPase की आवश्यकता होती है।
8. ATPase की आवश्यकता नहीं होती है।	

➢ **रोम या झालर (Fimbrae or pili) :** ये खोखले (खाली नलीनुमा आकार के), अवलयाकार तथा तन्तुनुमा उपांग होते है जो कि 30-140 A^0 व्यास तथा 0.2 से 20µm लम्बाई में पाए जाते है। ये कशाभिका की तुलना में पतले तथा छोटे होते है। ये चल या अचल दोनों प्रकार के जीवाणुओं में पाए जा सकते है। इनका चलन में कोई योगदान नहीं होता है। ये फिम्ब्रिलिन (fimbrillin) नामक प्रोटीन से बने होते है जिसका अणुभार 16,000 डाल्टन होता है। इनकी संख्या जीवाणु अनुसार भिन्न होती है। रोम सामान्यतया ग्राम अग्राही जीवाणु की कोशिका में पाए जाते है। उदाहरण: *कोराइनेबेक्टीरियम रिनेल (Corynebacterium renale)*।

रोम या झालर (Pili/fimbriae) के निम्न कार्य (functions) होते हैं-

i. इनमें आसंजन क्षमता पाई जाती है जो इसको आधार से चिपकने में सहायता करती है।
ii. इनमें विशिष्ट प्रतिजैनिक प्रवृति पाई जाती है।
iii. ये गुणसूत्रों के स्थानान्तरण के समान ही होते हैं क्योंकि ये सयुंग्मन नली के समान कार्य करते हैं।
iv. ये जीवाणु कोशिका के ऊपर एक आवरण या एक पतली परत बनाते है जो कि वायवीय जीवाणुओं को सतह से चिपकने में मदद करती है।

Ottow (1975) ने इसको निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया-

i. **आसंजन रोम (Surface pili)-** ये परिपक्ष्माभी (peritrichous) होते हैं। इनकी संख्या 100-300 प्रति जीवाणु होती है।

ii. **लिंग रोम (Sex pili)-** संयुग्मन के समय ये रोम केन्द्रकीय पदार्थ के प्रवेश स्थल का कार्य करते है। प्रति जीवाणु में 1-10 की संख्या में पाए जा सकते हैं। इनकी उपस्थिति लिंग कारक (sex factor) या प्लाज्मिड (plasmid) के द्वारा निर्धारित की जाती है। ये अन्य रोमों की तुलना में लम्बे तथा चौड़े होते है। कोशिकाएँ जिनमें लिंग रोम पाए जाते है उन्हें दाता अथवा नर (donor or male) कोशिकाएँ तथा लिंग रोम विहीन कोशिकाओं को ग्राही अथवा मादा (recipient or female) कोशिकाएँ कहते है।

iii. **एग्रोबेक्टिरीयल रोम (Agrobacterial pili)-** ये मोटे, खोखले तथा नलिकाकार होते है, 3µm लम्बे तथा $400A^0$-600 A^0 चौड़े होते है।

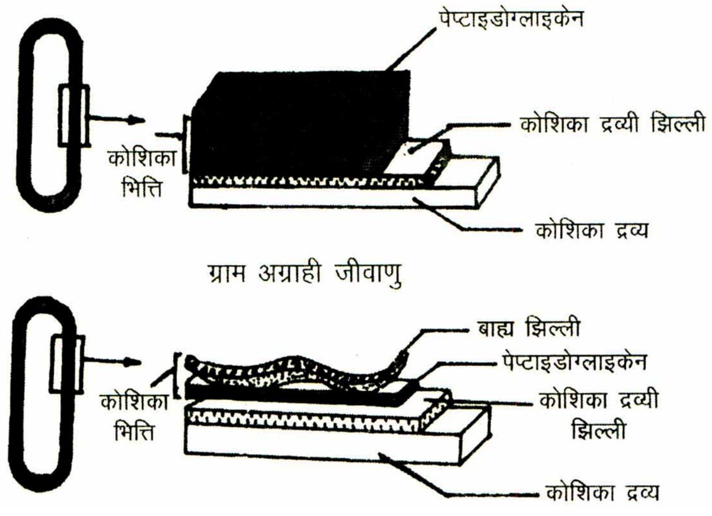
iv. **लचीले रोम (Flexible pili)-** ये दण्डाणु या छड़नुमा, ध्रुवीय, संभवत: चलन (locomotion) में सहायता करते हैं। उदाहरण: *स्यूडोमोनास (Pseudomonas), विब्रियो (Vibrio)*।

v. **संकुचनशील रोम (Contractile pili)-** ये ध्रुवीय नलिकानुमा होते है। ये रोम प्रतिस्पर्धी जीवाणु कोशिकाओं को समूह में, संकुचन तथा आकर्षण द्वारा संयुग्मन के लिए प्रेरित करते हैं। उदाहरण: *राइजोबियम ल्यूपिनी (Rhizobium lipini)*।

vi. **प्रतिजैविक रोम (Antigenic pili)-** ये ग्राम अग्राही जीवाणुओं में 25-$30A^0$ में पाए जाते है। ये स्कन्दन प्रवृति दर्शाते हैं जो कि एक विशेष्य प्रतिजन के समान कार्य करता है।

2. कोशिका भित्ती (Cell wall)

यह कठोर/दृढ़ बाह्य आवरण होता है तथा कोशिका की आकृति को बनाए रखता है। यह एक अत्याधिक दृढ़तायुका (rigid), अविलेय (insoluble), छिद्रयुक्त (porous), बहुलक (polymer) से निर्मित होती है जिसे पेप्टाइडोग्लाइकन (peptidogltcan) या म्यूरीन (murin) अथवा म्यूकोपेप्टाइड (mucopeptide) के नाम से जाना जाता है। म्यूकोपेप्टाइड (mucopeptide) से निर्मित कोशिका भित्ति केवल प्रोकेरियोट जीवों में पाई जाती है। यह अलग-अलग प्रजाति में भिन्न भिन्न होती है। (चित्र 8.6, 8.7)



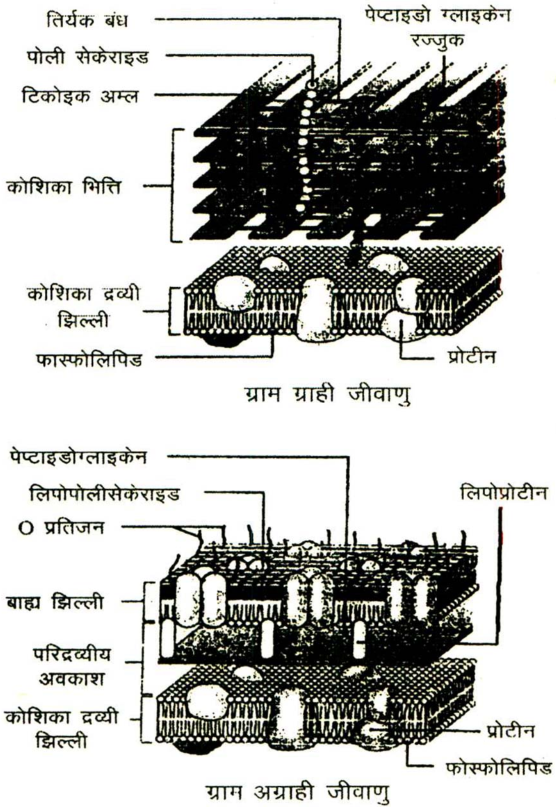
चित्र 8.6 ग्राम ग्राही एवं आग्रही जीवाणुओं में कोशिका भित्ति की संरचना

इसकी मूल संरचना तीन प्रकार के पदार्थों से मिलकर बनी होती है।

i. N-एसिटाइलग्लूकोसामीन (N-acetylglucosamine, NAG)

ii. N-एसिटाइलम्यूरेमिक अम्ल (N-acetylmuramic acid, NAG)

iii. चार एमीनो अम्ल (L-एलेनिन, D-एलेनिन, D-ग्लूटामेट तथा डाईएमीनोअम्ल)



चित्र 8.7 ग्राम ग्राही एवं आग्राही जीवाणुओं में कोशिका भित्ति का रासायनिक संगठन

डाईएमीनों अम्ल अनेक प्रकार के हो सकते है जैसे LL या मीसोर्डाइअमीनो पामेलिक अम्ल, L-लाईसिन, L-ऑर्निथीन (L-ornithine) अथवा L-डाईअमीनोब्यूटाईरिक अम्ल।

पेप्टाइडोग्लाईकन की संरचना में यह पाया गया है कि अमीनों शर्करा AMA तथा AGA एकान्तरित व्यवस्था दर्शाते हैं जैसे (AMG--------AGA--------) अमीनो शर्कराएँ एक स्वरूपी टेट्रापेप्टाइड पार्श्व श्रृंखलाओं के द्वारा एक दूसरे से जुड़ी होती है।

(AMA ▲▲▲▲ AGA ▲▲▲▲ AMA)

टेट्रापेडाइड पार्श्व श्रृंखलाएँ एक दूसरे से एक पॉलिपेप्टाईड क्रॉसब्रिज (crossbridge polypeptide) से जुडी होती है जो कि स्वरूपी पेप्टाइड के एक समूह से बनी होती है।

- **जीवाणु तथा आर्किबेक्टिरीया की कोशिका भित्ती में विभेद (Difference between bacterial and archaebacterial membrane):**

i. आर्किबेक्टिरीया की कोशिका भित्ती में पेप्टाइडोग्लाइकन (peptidoglycan) अनुपस्थित होता है।

ii. इनकी कोशिका भित्ती प्रोटीन, ग्लाइकोप्रोटीन या पॉलीसैकेराइड्स से निर्मित होती है।

iii. मिथेनोजीवाणु के कुछ वंश स्यूडोम्यूरीन (pseudomurein) की उपस्थिति दर्शाते है।

iv. स्यूडोम्यूरीन (pseudomurein), पेप्टाइडोग्लाईकन (peptidoglycan) के समान प्रतीत होता है परन्तु रासायनिक संगठन में भिन्न होता है।

v. इनमें N-AMA के अतिरिक्त, N-एसिटिल्टेलोसा मिन्युरोनिक (N-acetyl minuronic acid) अम्ल भी पाया जाता है।

➢ **ग्राम अग्राही कोशिका भित्ती की संरचना (Structure of gram negative cell) :**

ग्राम अग्राही जीवाणु की कोशिका भित्ती में पेप्टाइडोग्लाईकेन की मात्रा बहुत कम होती है एवं इस परत के बाहर एक और झिल्ली पाई जाती है। इस अतिरिक्त झिल्ली को बाह्य झिल्ली (outer membrane) कहा जाता है। एक भिन्न कार्बोहाडड्रेट जिसे लाईपोपॉलिसैकेराइड (LPS) कहते हैं, बाह्य झिल्ली की ऊपरी सतह पर स्थित होता है। यह एक जटिल पॉलीसैकेराइड का बना होता है जो कि लिपिड-A से सहसंयोजक बंध से जुड़ा होता है। लिपिड-A में अन्त: विषाक्त (endotoxic) प्रवृत्ति पाई जाती है। इसमें ग्लूकोसेमीन फॉस्फेट तथा वसीय अम्ल होते है। अन्तःविष ज्वर उत्पन्न करने के लिए उत्तरदायी होता है।

पॉलिसेकेराइड तीन घटकों से मिलकर बना होता है:

i. बाह्य कोर (Outer core)

ii. आन्तरिक कोर (Inner core)

iii. O-एन्टीजन पार्श्व श्रृंखला (O-antigen side chain)

पॉलिसैकेराइड, कोशिका भित्ती को प्रतिजैनिक (antigenic) गुण प्रदान करती है।

इसके अलावा इस परत में लाईपोप्रोटीन (lipoprotein) भी उपस्थित होते है जो परत की निचली सतह पर पाये जाते है एवं इसे पेप्टाईडोग्लाइकेन की परत से जोड़ने का कार्य करते हैं।

बाह्य झिल्ली मे पोरिन प्रोटीन (porin proteins) से बनी विशिष्ट मार्ग (channels) भी पाए जाते हैं जो पोषक पदार्थो को कोशिका के अन्दर पहुँचाने में सहायक सिद्ध होते हैं। कोशिका भित्ती (cell wall) में विभेद के कारण यह झिल्ली पारगम्य होती है।

➢ **कोशिका भित्ती के कार्य (Functions of cell wall)-**

i. सह कोशिका की संरचनात्मक पूर्णता (structural integrity) प्रदान करती है।

ii. यह पदार्थो के लिए अवरोध का कार्य करती है।

iii. यह जीवाणुभोजी (bacteriophage) तथा पोषक पदार्थो का ग्राही स्थल होता है।

iv. इसमें प्रतिजैविक (antigenic) गुण पाया जाता है।

तालिका 8.2

ग्राम ग्राही एवं ग्राम अग्राही जीवाणुओ में अन्तर (Different between gram positive and gram negative bacteria):

ग्राम ग्राही (+ve) जीवाणु	ग्राम अग्राही (-ve) जीवाणु
1. पेप्टाइडोग्लाईकन की मात्रा अधिक होती है (80%) तथा शेष (20%) प्रोटीन एवं	1. पेप्टाइडोग्लाईकन की मात्रा कम होती है (5-15%)। फॉस्फोलिपिड 35%, प्रोटीन

बहु शर्करा होती है।	15% तथा लिपोपोलिसैकेराइड 50% तक होते है।
2. टीकोइक अम्ल (teichoic acid) प्राय: उपस्थित होता है।	2. टीकोइक अम्ल (teichoic acid) नहीं पाया जाता है।
3. कोशिका भित्ती में सल्फर युक्त अमीनों अम्ल नहीं होते हैं।	3. कोशिका भित्ती में सल्फर युक्त अमीनों अम्ल पाए जाते हैं।
4. लाइसोजाइम (lysozyme) कोशिका भित्ती को आसानी से नष्ट कर सकते हैं।	4. कोशिका भित्ती को नष्ट करने के लिए लाइसोजाइम (lysozyme) से पहले क्षार (alkali) के द्वारा अभिक्रिया करवानी पड़ती हैं।
5. बाह्य झिल्ली अनुपस्थित होती है।	5. इसमें बाह्य झिल्ली लाइपो प्रोटीन (lipoprotein) की बनी होती है।
6. लाइपोपॉलिसैकेराइड (LPS) एवं लाइपोप्रोटीन (lipoprotein) अनुपस्थित होते हैं।	6. लाइपोपॉलिसैकराइड (LPS) एवं लाइपोप्रोटीन (lipoprotein) उपस्थित होते हैं।
7. पेनिसिलिन (Penicillin) के प्रति संवेदनशील (sensitive) होते है।	7. पेनिसिलिन के प्रति अधिक प्रतिरोधी होते है।
8. इसमें बहिआविष (exotoxin) बनते हैं।	8. इनमें अन्तराविष (endotoxin) बनते हैं।

- **जीवाणुओं का ग्राम अभिरंजन द्वारा विभेदन (Differentiation of bacteria by gram staining)**

जीवाणुओं में विभेद (differentiate) करने के लिए उपयोग में ली जाने वाली अभिरंजन क्रिया को ग्राम अभिरंजन कहते है। इस विधी का विकास सर्वप्रथम एक स्पेनिश वैज्ञानिक क्रिस्चियन ग्राम (Christian gram) द्वारा (1884) किया गया।

जीवाणुओं के अभिरंजन की इस विधी में निम्न अभिरंजक उपयोग में लिए जाते है।

i. क्रिस्टल वायलेट (crystal violet): मुख्य अभिरंजक (primary stain)
ii. आयोडीन (iodine): मॉरडेन्ट (mordant)
iii. एल्कोहॉल (alcohol): विरंजीकारक (decolorizer)
iv. सैफेनिन (safranin): द्वितीय अभिरंजन (counter or secondary stain)

- **ग्राम अभिरंजन विधि (Gram staining technique):**

अभिरंजन के बाद जीवाणु दो समूह में विभाजित हो जाते हैं। एक जीवाणु अभिरंजित होकर बैंगनी रंग के बने रहते हैं उन्हें ग्राम ग्राही (Gram +ve) जीवाणु कहते हैं तथा दूसरे जो विरंजीकृत (decolorise) होकर रंगहीन (colourless) हो जाते है उन्हें ग्राम अग्राही (Gram -ve) जीवाणु कहते हैं। क्योंकि इस विधि से जीवाणुओं में विभेद किया जा सकता है, इसे प्रभेदीय अभिरंजन (differential staining) भी कहते हैं।

विधि: जीवाणुयुका पदार्थ जैसे कि दही, मृदा, रक्त, जल आदि की एक बून्द को साफ सुथरी स्लाइड पर रखा जाता है। एक दूसरी स्लाइड की सहायता से इसका पतला आलेप

(thin smear) बनाकर स्लाइड को हल्का गर्म किया जाता है। इसके पश्चात् जीवाणुयुक्त इस स्लाइड को 60 सेकंड के लिए क्रिस्टल वॉयलेट अभिरंजक में रखा जाता है। इस समय सभी जीवाणु कोशिकाएं बैंगनी रंग से अभिरंजित हो जाती है। एक मिनट की अवधि के बाद स्लाइड को जल से प्रक्षालित किया जाता है। इस स्लाइड को ग्राम आयोडीन के घोल में 60 सेकंड के लिए रख दिया जाता है। आयोडीन से निकालकर स्लाइड को पुन: जल से प्रक्षालित किया जाता है और फिर इसे 30 सेकंड के लिए 95% इथाइल एल्कोहॉल में डुबो दिया जाता है। आयोडीन अभिरंजक को जीव द्रव्य में एवं ऐल्कोहॉल उसे जीवद्रव्य से हटा देता है। अत: इस समय ग्राम ग्राही जीवाणु बैंगनी रंग के एवं ग्राम अग्राही जीवाणु रंगहीन हो जाते हैं। इन रंगहीन जीवाणुओं को अभिरंजित करने के लिए क्लाइड को 60 सेकंड के लिए सेफेनिन में रखा जाता है। स्लाइड को जल से प्रक्षालित करके और सुखाकर सूक्ष्मदर्शी में अवलोकन करने पर ग्राम ग्राही जीवाणु बैंगनी (purple) रंग के तथा ग्राम-अग्राही जीवाणु लाल अथवा गुलाबी दिखाई देते है।

ग्राम-ग्राही जीवाणु के उदाहरण (Examples of gram positive bacteria) : स्ट्रेप्टोकॉकस (Streptococcus), लेक्टोबेसीलस (Lactobacillus), कोरीनेबेक्टीरियम (Corynebacterium), बेसीलस (Bacillus) आदि।

ग्राम अग्राही जीवाणु के उदाहरण (Examples of gram negative bacteria) : जेन्थोमोनास (Xanthomonas), स्यूडोमोनास (Psendomonas), विब्रियो (Vibrio), साल्मोनेला (Salmonella)।

- **ग्राम अभिरंजन का सिद्धांत (Principle of Gram staining):**

ग्राम ग्राही तथा ग्राम अग्राही जीवाणुओं में अभिरंजकता का अन्तर मुख्यतया उनमें एल्कोहोल द्वारा विरंजीकरण (decolorisation) के प्रति आपेक्षिक अवरोध (relative resistance) के कारण होता है। यह अवरोध कोशिका भित्ति की संरचना द्वारा होता है। इस प्रक्रिया में जीवाणु कोशिकाओं की अभिक्रिया पहले क्रिस्टल वायलेट तथा फिर आयोडीन से करवाने पर क्रिस्टल वायलेट आयोडीन संकुल (Crystal Violet Iodine (CVI) Complex) का निर्माण होता है जो जीव द्रव्य को बैंगनी रंग से रंग देता है। ग्राम अग्राही जीवाणुओं को एल्कोहल से धोने पर बाहृय आवरण में उपस्थित लिपिड (lipid) एल्कोहल में घुलकर बाहर निकल जाती है। इससे बाहृय आवरण की पारगम्यता बढ़ जाती है और जीव द्रव्य में से CVI संकुल भी घुल जाता है। इस प्रकार कोशिकाएँ रंगहीन हो जाती है। रंगहीन कोशिकाओं को देखने के लिए उन्हे द्वितीयक अभिरंजक सेफेनिन से अभिरंजित किया जाता है और यह लाल रंग की दिखाई देती है। ग्राम-ग्राही जीवाणु में एल्कोहल के साथ क्रिया करने से पेप्टाइडोग्लाइकन (peptidoglycan) परत में उपस्थित अमीनोअम्ल टूट (denature) जाते है। और इस परत में उपस्थित छिद्र संकुचित हो जाते है अत: CVI संकुल कोशिका के अन्दर ही रह जाता है जिससे जीवाणु बैंगनी रंग (purple colour) के नजर आते है।

4. कोशिका कला (Cell membrane)- कोशिका भित्ती के अन्दर कोशिका कला पाई जाती है। यह 7.5nm मोटी होती है। तथा प्रोटीन व फोस्फोलिपिड (phospholipid) से निर्मित होती है। इसकी संरचना, सिंगर (Singer) तथा निकोलसन (Nicholson) द्वारा दिये गए तरल मोजेक मॉडल (fluid mosaic model) के समान होती है। कोशिका भित्ती (cell wall) तथा कोशिका झिल्ली (cell membrane) के मध्य उपस्थित अवकाश को परिद्रव्यक अवकाश (periplasmic space) कहते है। इस क्षेत्र में विकर (enzyme) पाए जाते हैं। कोशिका कला में कोलेस्ट्रॉल का अभाव होता है। जीवाणु जैसे *बेसीलस सबटिलिस (bacillus subtilis)* तथा अन्य ग्राम ग्राही जीवाणुओं में कोशिका कला अन्तर्वलन (infoldings) बनाती है जिन्हें मध्यकाय (mesosomes) के नाम से जाना जाता है।

- **कोशिका कला के कार्य (Functions of call wall):**

1. कोशिका कला अधिकांशत: जल विलेय पदार्थो के लिए रोधक (barrier) का कार्य करती है तथा भित्ती की अपेक्षा इसकी पारगम्यता अधिक वरणात्मक (selective) होती है।
2. कोशिका भित्ती के निर्माण के लिए विकर इसी क्षेत्र में पाए जाते हैं।
3. कला में उपस्थित परमिएज विकर (permease enzyme) पदार्थो के अभिगमन (transport) में मदद करते हैं।
4. इलेक्ट्रॉन परिवहन तन्त्र (electron transport system ETS) तथा ऑक्सीडेटिव फॉस्फोराइलेशन के अवयव भी इसी क्षेत्र में पाए जाते हैं।
5. यह जीवाणु गुणसूत्र एवं प्लाज्मिड डी.एन.ए. के जुड़ने का केन्द्र होती है।
6. श्वसनी उपापचय (respiratory metabolism) तथा संपुटिका अवयवों (capsular components) के निर्माण में आवश्यक विकर (enzymes) भी इसी भाग में पाए जाते है।
7. बैंगनी सल्फर जीवाणु (purple sulphur bacteria) का प्रकाशसंश्लेषी उपकरण (photosynthetic apparatus) भी इसी पर पाया जाता है।
8. बहि:कोशिकी विकरों जैसे कि पेनिसिलेज (penicillase) तथा प्रोटीनेज (proteinase) आदि के स्त्रवण का कार्यस्थल भी यहीं होता है।

5. कोशिका द्रव्य एवं कोशिकांग (Cytoplasm and Organelles)

I. कोशिकाद्रव (Cytoplasm) : कोशिका कला जिस क्षेत्र को घेरे रहती है वह कोशिकीय क्षेत्र होता है जिसमें कोशिका द्रव भरा होता है। यह श्लेष्मीय (gelatinous), श्यान (viscous) पदर्त्थ होता है और प्रोटीन (protein) कार्बोहाइड्रेट (carbohydrates), न्युक्लीक अम्ल (nucleic acids), लिपिड, अकार्बनिक आयन (inorganic ion) तथा जल से मिलकर बना होता है।

कोशिका द्रव का लगभग 90% भाग जल होता है। कार्बनिक पदार्थ कोलोयडल अवस्था (colloidal) में पाया जाता है। इसमें संचित पदार्थ वोल्यूटिन कणिकाएँ, ग्लाइकोजन (glycogen), लिपिड (lipid) व प्रोटीन क्रिस्टल पाए जाते हैं। रिक्तिकाएँ (vacuoles) अनुपस्थित होती है। जीवाणुओं में कोशिकाद्रवी प्रवाह (cytiplasmic streaming) नहीं पाया जाता है। कुछ जीवाणुओं में लौह (iron) तथा सल्फर (sulphur) भी पाया जाता है। इसी प्रकार इसमें कोई कोशिकीयपिंजर (cytoskeleton) भी नहीं देखा गया है। इसमें झिल्लीबद्ध (membrane bound) कोशिकांगों (cell organelles) का अभाव होता है। जैसे -

माइटोकोंड्रिया (mitochondria), गॉल्जीकाय (golgibody), अन्त:प्रदव्यीजालिका (endoplasmic reticulum), लवक (plastids) आदि।

II. **राइबोसोम (Ribosomes)-** ये सूक्ष्म, गोलाकार तथा खोखली (hollow) संरचनाएँ होती हैं। ये दो असमान इकाईयों से मिलकर बने होते हैं। सामान्यतया ये संरचना स्वतन्त्र होती है परन्तु कभी-2 जुड़कर संगठन (aggregates) बनाती है जिसे पॉलिराइबोसोम (polyribosome) कहते हैं। ये 7 S प्रकार की होते है तथा 50S व 30S दो उपइकाईयों से मिलकर बने होते हैं। दोनों उपइकाईयों (subunits) में लगभग समान मात्रा में प्रोटीन तथा आर.एन.ए. पाया जाता है। ये प्रोटीन संश्लेषण का स्थल (site) होते है। संगठन, आकार, कार्य तथा स्थिति के आधार पर इन्हे तीन प्रकारों में बाँटा गया है।

i. r-RNA (ribosomal RNA) सम्पूर्ण RNA का लगभग 80% होते हैं। प्रचुर मात्रा में उपस्थित होते हैं तथा प्रोटीन संश्लेषण में महत्त्वपूर्ण लुमइका निभाते हैं।

ii. t-RNA (transfer RNA) ये आकार में सूक्ष्म होते हैं तथा सम्पूर्ण RNA का लगभग 10-20% मात्रा में पाया जाता है।

iii. m-RNA (messenger RNA) भिन्न लम्बाई में पाए जाने वाले एकल धागे सदृश होते हैं। यह सम्पूर्ण RNA का लगभग 5% होता है।

III. **केन्द्रकाभ (Nucleoid) या क्रोमेटिन पिण्ड (Chromatin material) :** जीवाणु कोशिका में कलाबद्ध (membrane bound) केन्द्रक का अभाव होता है। नाभिकीय पदार्थ (nuclear material) जीवाणु कोशिका के मध्य में स्थित होता है तथा कभी कभी मध्यकाय (mesosome) से संलग्न रहता है इसे केन्द्रकाभ (nucleoid) अथवा जीनोफोर (genophore) कहते हैं। इसमें केन्द्रक झिल्ली (nuclear membrane), न्यूक्लिओलाई (nucleoli) तथा हिस्टोन प्रोटीन (histone protein) का अभाव होता है। यह समसूत्री विभाजन (mitosis) के द्वारा विभाजित नहीं होता है। सामान्यतया इसमें डी.एन.ए. (DNA) का एक तन्तुक पाया जाता हैं जो कि द्विरज्जुकी (double stranded), गोलाकार (circular), वलयाकार (helically) एवं कुण्डलित (coiled) होता है। अधिवलयित (supercoiled) होने के कारण यह कोशिका से कई गुना लम्बा होता है। यह सामान्य क्षारकों से मिलकर बना होता है परन्तु सूक्ष्म मात्रा में मिथाईलेटेड (methylated) क्षारकों से भी निर्मित हो सकता है, जैसे मिथाइल अमीनोप्युरीन (methylaminopurine) तथा 5-मिथाइलसाइटोसिन (5-methycytosine), अन्य। सक्रिय रूप से विभाजित होने वाली कोशिकाओ में 1-4 डी.एन.ए. रज्जुक देखे गए हैं। इनकी लम्बाई करीब 1000 μm मोटाई 3nm व अणुभार 20 खरब (2 billion) होता है इसमें लगभग 4000 जीन (genes) पाए जाते है।

IV. **अधिकाय या प्लाज्मिड (Plasmid) :** जीवाणुओं में क्रोमोसोम के अतिरिक्त भी डी.एन.ए. (DNA) होता है जो छोटे-2 वलयों के रूप में होता है इन्हें प्लाज्मिड (Plasmid) कहते है। इनमें स्वायत्त रूप से (autonomously) पुनरावृति (replicate) पाई जाती है। ये द्विरज्जुकी (double stranded) होते हैं। जेकब (Jacob), शेफर (schaeffer) तथा वॉलमान (wollmann) ने मिलकर (1960) में अधिकाय DNA (extranuclear DNA) के लिए एपीसोम (episome) शब्द दिया जो कि स्वायत्तता (autonomy) दर्शाते हैं या गुणसूत्रों (chromosomes) के साथ जुड़ सकते हैं। कुछ अधिकाय जीवाणु की विभिन्न प्रजातियों (species) में विचरते हुए (wandering) पाए गए है जैसे कि *नीसेरिया (Neisseria), स्यूडोमोनास (Pseudomonas), एस्चिरिकिया (Escherichia)*

अन्य दूसरों में सीमित परपोषी (host) पाए जाते हैं। इसलिए प्लाज्मिड को कभी कभी आनुवंशिक पदार्थ के विचरणशीज कण (wandering pieces of genetic material) भी कहा जाता है। इनको सहसंयोजितवर्धी वलयाकार DNA (convalently closed circular DNA(cccDNA)) के नाम से भी जाना जाता है।

V. **मध्यकाय (Mesosomes) :** जीवाणु कोशिका में कलाबद्ध कोशिकांगों का अभाव होता है परन्तु कुछ कोशिकाओं विशेषकर ग्राम-ग्राही (+ve) जीवाणुओं में कोशिका कला (cell membrane), कोशिका द्रव (cytoplasm) में विस्तृत होकर नलिका जैसी संरचना बनाती है जिसे मध्यकाय (mesosome) कहते हैं। ये दो प्रकार की होती है।

i. **परिधीय (Peripheral) :** कोशिका कला के समीप स्थित हो। ये विकर (enzyme) स्त्रवण का कार्य करते हैं।

ii. **केन्द्रीय (Central) :** जीवद्रव्य में केन्द्रकाभ (nucleoid) के समीप स्थित हो। ये डी.एन.ए. (DNA) प्रतिकृति (replication) तथा कोशिका विभाजन (cell division) में योगदान करते हैं।

VI. **पटलिकाएँ या वर्णक (Lamellae and Chromatophores) :** प्रकाशसश्लेषी (photosynthetic) जीवाणुओं में पटलिकाएँ (lamellae/thyllakoid) या पुटिकाएँ (vesicles) पाई जाती है जिन्हें वर्णक (chromatophores) भी कहते हैं। इन जीवाणुओं में हरित लवक (chloroplast) नहीं होता है। पटलिका दो समान्तर इकाई कलाओं (unit membrane) से बनी होती है जो कि छोटी या पूरे कोशिका द्रव्य में बिखरी रहती है।

वर्णक या पुटिकाएँ गोल, खोखली 300Å व्यास की संरचनाएं होती है जो कि कोशिका द्रव्य में मुख्य रूप से भरी होती है। इन प्रकाश संश्लेषी कोशिकागो में वर्णक विकर तथा प्रकाशीय अभिक्रियाओं (light reaction) के प्रकाशीय फॉस्फोरीलेशन (photophosphorylation) का इलेक्ट्रोन परिवहन तंत्र (Electron Transport System) पाए जाते हैं। इनमें अप्रकाशीय अभिक्रिया (dark reaction) के विकर नहीं पाए जाते हैं।

VII. **संचित पदार्थ (Reserve materials):** जीवाणु कोशिका में विभिन्न संचित रासायनिक पदार्थ निम्नलिखित प्रकार के अघुलनशील निक्षेप (insoluble deposit) बनाते हैं जिन्हें समाविष्ट (inclusions) कहते है।

i. **वोल्यूटिन कणिकाएं (Volutin granules):** इन पॉलीफास्फेट (polyphosphate) कोशिकाद्रव्यी कणिकाओं (cytoplasmic granules) को विविधरंजक कणिका (metachromatic granules) भी कहते हैं। ये मुक्ता (free) या ध्रुवों पर व्यवस्थित होती है एवं तनु मिथाइलीन ब्लू (dilute methylene blue) रंजक (dye) से गहरा लाल जामुनी (intense reddish purple) रंग देते है और सूक्ष्मदर्शी (light microscope) में देखी जा सकती है। उदाहरण: स्पाइरिलम वोल्यूटेन्स (Spirillum volutans)।

ii. **पोली β हाइड्रॉक्सी ब्यूटायरेट (Poly β-hydroxybutyrate PHB)-** कणिकाऐं: ये क्लोरोफॉर्म में घुलनशील (soluble), लिपिड जैसा पदार्थ होता है तथा ऊर्जा स्त्रोत (energy source) के रूप में प्रयुक्त होता है। यह वायवीय (aerobic) जीवाणुओं में उच्च कार्बन तथा निम्न नाइट्रोजन (N_2) स्थितियों में देखे जा सकते हैं। इन्हें मिथाइल ब्लू (methyl blue)ए तथा

सूडान ब्लेक (sudan black) से अभिरंजित किया जा सकता है। PHB द्वारा एक जैवअपघटक प्लास्टिक (biogradable plastic) निर्मित किया जा सकता है।

iii. **वायु रिक्तिकाएं (Gas vacuoles):** ये एक चमकीले रंग की नियमित संरचना होती है जो कि जलीय जीवाणुओं को उत्प्लावकता (buoyancy) प्रदान करती है। यह जल के लिए अपारगम्य होती है।

iv. **पॉलिग्लूकन कणिकाएँ (Polyglucan granules):** ये स्टार्च कणिकाएँ होती है। ये आयोडीन से अभिरंजित होकर ललाईयुक्त नीला (reddish blue), भूरा (brown) या नीला (blue) रंग देती है। ये α-1, 4 लिंकेज की ग्लूकोज शाखित इकाईयों से बनी होती है एवं स्तनधारी यकृत ग्लाइकोजन (mammalian liver glycogen) के समान होती है। ये क्लोस्टीरिडिया (Closteridia) और कॉलिफॉर्म (Coliforms) में पाई जाती है एवं शैवाल, कवक व यीस्ट में भी देखी गई है।

v. **मेगनेटोसोम्स (Magnetosomes)**: ये लौहयुक्त रासायनिक कणिकाऐं होती हैं जो कि गहरे समुद्र में पाये जाने वाले जीवाणुओं में पाई जाती है। ये जीवाणु कोशिका को गुरूत्वाकर्षण के प्रति संवेदनशील बनाती है। उदाहरण- *एक्वास्पाइरिलम मेग्नेटोटेक्टिकम (Aquaspirillum magnetotactium)*।

8.2.6 जीवाणु श्वसन (Bacterial Respiration)

जीवाणु श्वसन द्वारा कोशिकाद्रव्य में उपस्थित भोज्य पदार्थो का ऑक्सीकरण करके ऊर्जा प्राप्त करते हैं। श्वसन दो प्रकार का होता है:-

1. ऑक्सीय श्वसन (Aerobic respiration): कुछ जीवाणु कार्बनिक यौगिकों के ऑक्सीकरण के लिए ऑक्सीजन पदार्थो का प्रयोग करते हैं अत: इन्हें ऑक्सीय जीवाणु कहते हैं। ये ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में जीवित नहीं रह सकते हैं। इनके द्वारा श्वसन क्रिया दो चरणों में पूर्ण होती है (i) हाइड्रोजन अणुओं के जोड़ो (pairs of hydrogen atoms) को हटाकर भोजन का ऑक्सीकरण (oxidation) होता है तथा (ii) ऑक्सीजन द्वारा इन हाडड्रोजन अणुओं का ऑक्सीकरण होता है इससे ऊर्जा विमुक्त होती है जो एडिनोसीन डाई फॉस्फेट (ADP) द्वारा ग्रहण की जाती है एवं उन्हें एडिनोसीन ट्राईफॉस्फेट (ATP) में बदल देती हैं। अभिक्रिया निम्न प्रकार से होती है-

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 689\ \text{K.Cal (ATP के रूप में)}$$

(ग्लूकोज) (ऑक्सीजन) (ऊर्जा)

ये जीवाणु अविकल्पी ऑक्सीय (obligate aerobic) होते हैं। उदाहरण: *बेसीलस सबटिलिस (Bacillus subtilis)*। ये O_2 की उपस्थिति में ही श्वसन करते हैं।

ऑक्सीय जीवाणु विकल्पी ऑक्सीय (facultative aerobic) भी हो सकते है और CO_2 की अनुपस्थिति में भी श्वसन कर सकते हैं। उदाहरण: *क्लॉस्ट्रीडियम टिटेनी (Clostridium tetani)*।

2. अनॉक्सीय श्वसन (Anaerobic respiration): कुछ जीवाणु मुक्त ऑक्सीजन की उपस्थिति में नष्ट हो जाते हैं। इनके द्वारा कार्बनिक पदार्थो जैसे शर्करा आदि का अधूरा ऑक्सीकरण (incomplete oxidation) निम्न प्रकार से होता है:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2\ CO_2 + 29\ K.Cal$$ (ATP के रूप में)

(ग्लूकोज) (एल्कोहॉल) (ऊर्जा)

ये अविकल्पी अनॉक्सीय (obligate anaerobes) होते हैं उदा.- *क्लॉस्ट्रीडियम बोट्रलिनम (Clostridium botulinum)* या ये विकल्पी अनॉक्सी (facultative anaerobes) भी हो सकते हैं जैसे: क्लोरोबियम लिमिकोला (Chlorobium lumicola)। क्योंकि, ग्लूकोज का पूर्ण ऑक्सीकरण नहीं होता है अत: इसमें बहुत कम ऊर्जा निकलती है। ऊर्जा का कुछ भाग ऊष्मा (heat) में भी बदल जाता है। कुछ जीवाणुओं में तो इतनी अधिक ऊर्जा उत्पन्न होती है कि खलिहानों जहाँ सूखी फसलें या भूसे के ढेर होते हैं आग लग जाती है। कभी-कभी यही ऊर्जा प्रकाश में भी बदल जाती है जैसे कि श्मशान या कब्रिस्तान में मृतक शरीरों के सड़ने पर प्रेत प्रकाश (ghost light) का पैदा होना। इस प्रकार के प्रकाश को जीव संदीप्ति (bioluminiscence) कहते हैं।

8.2.7 जीवाणु पोषण (Bacterial Nutrition)

पोषण के आधार पर जीवाणुओं को दो प्रकार में विभक्त किया गया है:-

1. स्वपोषित (Autotrophic): ये जीवाणु रासायनिक क्रियाओं से ऊर्जा प्राप्त करके स्वयं अपने लिये भोज्य पदार्थो का निर्माण करते है। ऊर्जा स्त्रोत के आधार पर ये दो प्रकार के होते हैं-

➢ **प्रकाश संश्लेषी जीवाणु (Photosynthetic bacteria):** इन जीवाणुओं में एक विशिष्ट वर्णक जिसे बेक्टीरियोक्लोरोफिल (bacteriochlorophyll), बेक्टीरियोविरिडिन (bacterioviridin) या क्लोरोबियम क्लोरोफिल पाया जाता है जिसकी सहायता से यह प्रकाशीय ऊर्जा को संचित ऊर्जा में बदल देते हैं। ये उच्च श्रेणी के पौधों में पाए जाने वाले पर्णहरित की तरह ही मेग्नीशियम के यौगिक है एवं क्रोमेटोफोर (chromatophore) में पाए जाते हैं। ये जीवाणु कार्बनडाईऑक्साइड से कार्बोहाइड्रेट का निर्माण अधिकतर गंधक के यौगिक प्रमुखत: हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) की उपस्थिति में करते हैं। इस प्रकार इस अभिक्रिया में हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S), हाइड्रोजन अथवा इलेक्ट्रोन का स्त्रोत होता है तथा उपफल (product) के रूप में अकार्बनिक गंधक (organic sulphur) अथवा सल्फाइड, सल्फेट इत्यादि बनते हैं। यह क्रिया निम्न प्रकार से होती है:

$$CO_2 + 2H_2S \rightarrow (CH_2O) + 2S + H_2O + \text{ऊर्जा} \uparrow$$

(कार्बोहाइड्रेट)

उदाहरण: क्रोमेटिअम (Chromatium), क्लोरोबियम (Chlorobium), क्लोरोबेक्टिरीयम (Chlorobacterium)

➢ **रसायन संश्लेषी जीवाणु (Chemosynthetic bacteria):** बहुत से जीवाणु कार्बनडाई ऑक्साइड को कार्बोहाइड्रेट में बदलने के लिए रासायनिक यौगिकों के ऑक्सीकरण से ऊर्जा प्राप्त करते हैं। जीवाणु द्वारा गंधक (sulphur) और उसके यौगिक, अमोनिया (ammonia), नाइट्राइट्स (nitrites), लौहा (iron), हाइड्रोजन (hydrogen), कार्बनमोनोक्साइड (CO), मीथेन (methane) का ऑक्सीकरण किया जाता है। इस समूह में निम्न प्रकार के जीवाणुओं को रखा गया है-

▪ **गंधक जीवाणु (Sulphur bacteria)-** जल में पाये जाने वाले ये जीवाणु गंधक तथा गंधक के यौगिकों को ऑक्सीकृत करके ऊर्जा प्राप्त करते हैं। उदाहरण: *बेगियाटोआ(Beggiatoa), थायोबेसीलस(Thiobacillus)*

$$2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + 2H_2O + \text{energy } 122.2 \text{ K.Cal} \uparrow$$

यह गंधक जीवाणु के अन्दर एकत्र हो जाती है जो आवश्यकता पड़ने पर सल्फेट में बदल देती है।

$$2S + 2H_2O + 3O_2 \rightarrow 2H_2SO_4 + 248.4 \text{ K.Cal} \uparrow$$

- **लौह जीवाणु (Iron bacteria):** जल में पाए जाने वाले ये जीवाणु फेरस यौगिकों को फेरिक यौगिकों में ऑक्सीकृत करते है। उदा.- *फेरोबेसीलस (Ferrobacillus), लेप्टोथ्रिक्स (Leptothrix)* आदि।

$$2Fe\ (OH)_3 + 4CO_2 + \text{energy Cal (81 K.Cal)}$$

- **हाइड्रोजन जीवाणु (Hydrogen bacteria):** ये जीवाणु मिट्टी में पाए जाते है। ये जीवाणु आण्विक हाइड्रोजन को जल में बदल देते हैं तथा इससे उत्पन्न ऊर्जा को भोजन बनाने में उपयोग में लेते हैं। इनमें एक विकर हाइड्रोजिनेज (hydrogenase) पाया जाता है। यह रसायनसंश्लेषी जीवाणुओं का सबसे दीर्घ वर्ग है। उदाहरण: *बैसीलस पेन्टोट्रोफस (Bacillus pantotrophus), हाइड्रोजीमोनास (Hydrogemonas)*

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O + 137 \text{ K.Cal} \uparrow$$

$$2H_2 + CO_2 + 115 \text{ K.Col} \rightarrow (CH_2O)_n + H_2O$$

➢ **नाइट्रीकारी जीवाणु (Nitrifying bacteria):** ये भी मिट्टी (soil) में पाए जाते हैं। ये नाइट्रोजन के यौगिकों से ऊर्जा प्राप्त करते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं-

i. वे जो अमोनिया को नाइटाइट्स में ऑक्सीकृत करते है। जैसे *नाइट्रोसोमोनास (Nitrosomonas)* तथा *नाइट्रोकोकस (Nitrococcus)*।

ii. नाइट्राइट्स को नाइट्रेट में बदलते है जैसे *नाइट्रोबेक्टर (Nitrobacter)* तथा *बेक्टोडर्मा (Bactoderma)* आदि।

(i) $2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 158 \text{ K.Cal} \uparrow$

(अमोनिया) (नाइट्राइट)

(ii) $2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3 + 38 \text{ K.Cal} \uparrow$

(नाइट्राइट) (नाइट्रेट)

➢ **कार्बन जीवाणु (Carbon bacteria):** कुछ जीवाणु कार्बनमोनोक्साइड को ऑक्सीकृत करके ऊर्जा प्राप्त करते है उदाहरण: *बेसीलस ओलिगोकार्बोफिलस (Bacillus oligocarbophilus)*।

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2 + \text{ऊर्जा} \uparrow$$

➢ **मीथेन जीवाणु (Methanobacteria):** यह जीवाणु मीथेन को ऑक्सीकृत करके ऊर्जा प्राप्त करते हैं। उदाहरण: *मीथेनोमोनास (Methanomonas)*।

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + \text{ऊर्जा} \uparrow$$

उपर्युक्त क्रियाओं में ऊर्जा, ATP (Adenosine triphosphate) के रूप में प्राप्त होती है जो कि जीवाणु कोशिका द्वारा अकार्बनिक पदार्थो से भोज्य पदार्थ संश्लेषित करने में सहायक होती है।

2. परपोषित जीवाणु (Heterotrophic bacteria): जीवाणुओं की अधिकतर जातियाँ परपोषित होती है जो अन्य जीवधारियों से अपना भोजन ग्रहण करते है। ये सूर्य से ऊर्जा ग्रहण

करने में असक्षम होते हैं जो कि अकार्बनिक पदार्थो से कार्बनिक पदार्थ बनाने के लिए आवश्यक हैं। ये तीन प्रकार के होते हैं-

➢ **मृतजीवी जीवाणु (Saprophytic bacteria):** ये जीवाणु मृत कार्बनिक पदार्थो से अपना भोजन अवशोषित करते है। यह जीवाणु मृतजीवो को सड़ाने वाले यही जीवाणु होते हैं। ये जीवाणु विकर (enzymes) उत्पन्न करते हैं जो अघुलनशील कार्बनिक पदार्थो को घुलनशील में परिवर्तित कर देते हैं और फिर कोशिका कला द्वारा उनको अवशोषित करते हैं। मृतोपजीवी द्वारा कार्बोहाइड्रेट का विघटन, किण्वन (fermentation) तथा प्रोटीन का विघटन, पूयन (putrefaction) कहलाता है।

i. **किण्वन (Fermentation):** ये जीवाणु लेक्टोस कार्बोहाइड्रेट को लेक्टिक अम्ल (lactic acid) में बदल देते हैं तथा कार्बनडाई ऑक्साइड गैस बनती है। दूध के खट्टा होने में ये जीवाणु महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

ii. **पूयन (Putrefaction):** इनमें प्रोटीन का अपचयन (reduction) पेप्टोन, पेप्टाइड, पॉलिपेप्टाइड एवं अमीनों अम्लो में होता है। यह अवायवीय (anaerobic) जीवाणुओं के द्वारा होता है। इसके बाद ये अमीनों अम्ल दूसरे वायवीय (aerobic) जीवाणुओं के द्वारा मीथेन, कार्बनडाईऑक्साइड (CO_2), H_2S, H_2O तथा N_2, H_2 तथा अमोनिया में बदल दिये जाते है। अमीनों अम्लो को अमोनिया में बदला जाना अमोनिकरण (Ammonification) कहलाता है।

➢ **सहजीवी जीवाणु (Symbiotic bacteria):** ये वातावरण की स्वतन्त्र नाइट्रोजन को उनके यौगिकों में बदल देते हैं जिसका उपयोग पादप करते हैं पर स्वयं के पोषण के लिए पादपों से कार्बोहाइड्रेट ग्रहण करते हैं। *राइज़ोबियम (Rhizobium)* की जातियाँ जो लेग्युमिनोसी कुल के पादपों की जड़ों में पाई जाने वाली ग्रन्थियों (nodules) के अन्दर रहते हैं।

➢ **परजीवी जीवाणु (Parasitic bacteria):** इस प्रकार के जीवाणु जीवित जन्तुओं तथा पादपों से अपना भोजन ग्रहण करते है। ये रोगकारक (pathogenic) एवं अहानिकर व अरोग कारक (non pathogenic) हो सकते है।

8.2.8 जीवाणु जनन (Bacterial Reproduction)

जीवाणु मुख्य रूप से दो प्रकार से जनन करते हैं। जीवाणुओं में लैंगिक प्रजनन नहीं होता। कुछ जीवाणुओं में आनुवंशिक पदार्थ का विनिमय/पुनर्योजन (genetic recombination) होता है।

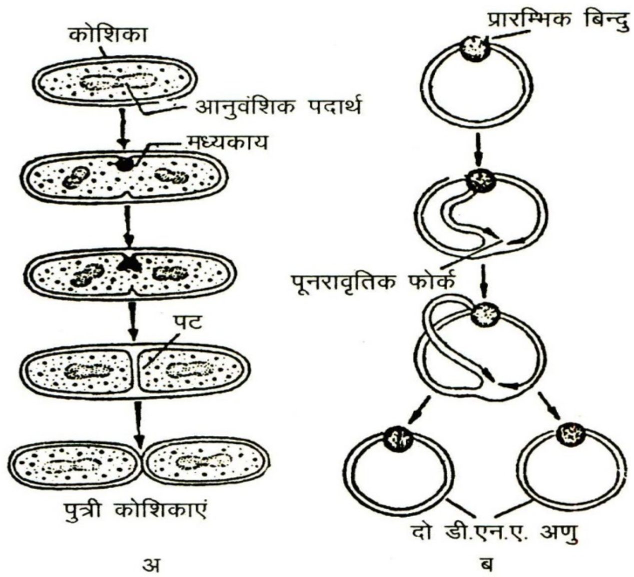
1. कायिक जनन (vegetative reproduction): यह चार प्रकार से होता है-

➢ **द्विविखंडन (Binary fission):** वातावरण की अनुकूल परिस्थितियों जैसे तापमान, भोजन, जल के अनुकूल होने पर जीवाणु कोशिका दो पुत्री कोशिकाओं (daughter cells) में विभाजित होती है। (चित्र 8.8) यह प्रक्रिया निम्न चरणों में होती है:-

▪ **आनुवंशिक पदार्थ का विभाजन (Division of genetic material):** कोशिका अपना अधिकतम आकार प्राप्त करने के बाद विभाजन के लिए लम्बाई में बढ़ने लगती है। इसके साथ ही आनुंवशिक पदार्थ वृत्ताकार डी.एन.ए. (circular DNA) पुनरावृति (replication) द्वारा दो भागों में विभाजित हो जाती है। DNA पुनरावृत्ति की क्रिया अर्धसरक्षित (semiconservative)

प्रकार की होती है। इसे कैर्न (Cairn's model) का प्रारूप भी कहते है क्योंकि यह मत केर्न के द्वारा 1963 में दिया गया था।

- **विभाजिका का बनना (Septum formation):** जीवाणु कोशिका के मध्य स्थान पर कोशिका झिल्ली अन्तर्वलित (invaginate) होनी प्रारम्भ होती है। कोशिका भित्ति की चार परतों में से सबसे अन्दर की परत (L_2) कोशिका झिल्ली की सहगामी होती है। तथा प्रारम्भिक पट (septum initial) बनाती है। कोशिका झिल्ली के अन्तर्वलय धीरे-धीरे बढ़ते हैं और आपस में मिल जाते है। कोशिकाद्रव्य दो बराबर भागों में बंट जाता है।
- **पुत्री कोशिकाओं का पृथक्करण (Separation of daughter cells):** यह प्रक्रिया केन्द्रीय संकीर्णन (constriction) पर निर्भर करती है। यह संकीर्णन गहरा होता जाता है। अब कोशिका पूर्ण रूप से विभक्त हो जाती है। साथ ही पुत्री कोशिकाओं का आकार भी बढ़ने लगता है तथा दोनों कोशिकाएं अलग हो जाती है। अनुकूल वातावरण में विखण्डन क्रिया में 15-20 मिनट लगते है।



चित्र 8.8 जीवाणु में द्विविखण्डन (binary fission):
अ. विभाजन की क्रिया, ब. डी.एन.ए. अणु की पुनरावृति

➢ **मुकुलन (Budding):** कोशिकाभित्ति पतली हो जाती है तथा जीवद्रव्य एक छोटे उभार (small protuberance) या मुकुल (bud) के रूप में बाहर आ जाता है। यह उभार धीरे-धीरे आकार में बढ़ता है। केन्द्रकीय पदार्थ भी विभाजित होता है और मुकुल में प्रवेश करता है। कोशिका भित्ति से पृथक करता है। अब मुकुल एक सम्पूर्ण कोशिका का निर्माण करता है।

➢ **पुटिका (Cysts):** कुछ जीवाणुओं में कोशिका का सम्पूर्ण जीवद्रव्य (protoplast) कोशिका भित्ति से अन्दर इकट्ठा हो जाता है। अब इसके चारों ओर एक मोटी भित्ति बन जाती है अनुकुल परिस्थितियाँ आने पर ये अंकुरित होकर नई कोशिका बनाते हैं। उदाहरण: *एजोबेक्टर स्पी (Azobacter spp.)*।

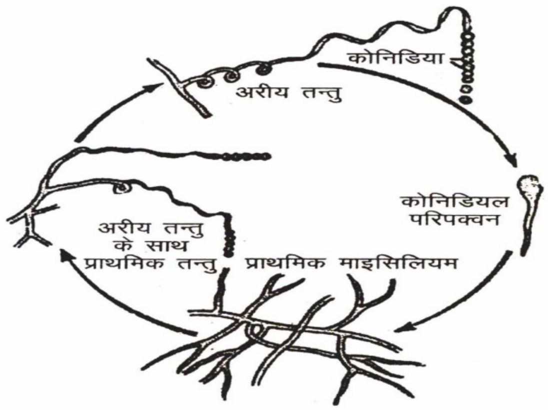
➢ **खण्डीभवन (Segmentation):** इसमें कोशिका का जीवद्रव्य (protoplast) छोटी संरचनाओं में विभाजित हो जाता है जिन्हे गोनिडिया (gonidia) कहते हैं। भित्ति के टूटने से ये

गोनिडिया कोशिका से बाहर आ जाते हैं। जो कि अंकुरित होकर नई कोशिकाएं बनाते हैं। यह तन्तुमय जीवाणुओं में पाया जाता हैं।

2. अलैंगिक जनन (Asexual Reproduction):

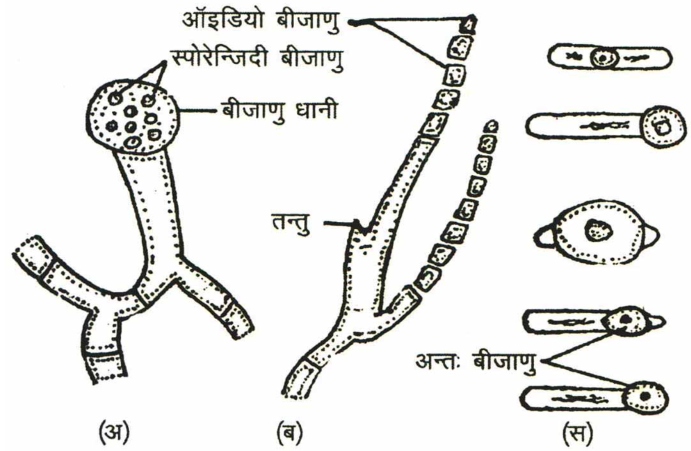
जीवाणुओं में अलैंगिक जनन प्रतिकुल परिस्थितियों में अचल बीजाणुओं (nonmotile spores) द्वारा होता है। यह अचल बीजाणु निम्नलिखित प्रकार के होते हैं।

➢ **कॉनिडिया (Conidia):** तन्तुमय जीवाणुओं (filamentous bacteria) एक्टिनोमाइसिटीज में तन्तु के शीर्ष से एक गोल या अण्डाकार बीजाणु के समान संरचना उत्पन्न होती है। प्रत्येक बीजाणु से एक नई कोशिका का निर्माण होता है (चित्र 8.9)। उदाहरण: *स्ट्रेप्टोमाइसिज (Streptomyces)*।



चित्र 8.9 स्टेप्टोमाइसिज में कोनिडिया द्वारा अलैंगिक जनन

➢ **ऑइडियोबीजाणु (Oidiospores):** एक्टिनोमाइसिटीज के तन्तुओं (hyphae) के खुले सिरों पर कोनिडिया बनने के बजाय इनमें पूरे तन्तुओं में पट (septa) बन जाते हैं इस प्रकार इनमें सूक्ष्म जनन इकाईयाँ बन जाती है जिन्हें ऑइडियोबीजाणु कहते है। प्रत्येक ऑइडियम (Oidium) अंकुरित होकर एक नया तन्तुनुमा जीवाणु बना देता है। (चित्र 8.10 ब)



चित्र 8.10 जीवाणु जनन

(अ) स्पोरोन्जियोबीजाणु (sporangiospores), (ब) ऑइडियों बीजाणु (oidiospores) एवं (स) विभिन्न प्रकार के अन्त: बीजाणु (endospores)

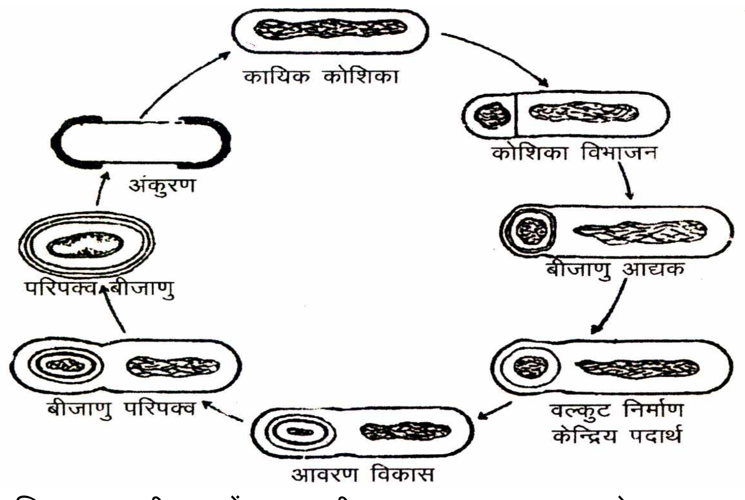
➢ **स्पोरोन्जियोबीजाणु (Sporangiospores):** कुछ तन्तुनुमा जीवाणुओं तन्तुओं के शीर्ष भाग से स्पोरेन्जिया सदृश्य संरचनाएँ विकसित हो जाती है। इनका जीवद्रव्य विभक्त होकर असंख्य सूक्ष्म स्पोरेन्जियम बीजाणु (sporangiospores) बनाता है जो कि अंकुरित होकर एक नया तन्तु बनाता है। (चित्र 8.10 अ)

➢ **अन्तः बीजाणु (Endospores):** ये अत्यधिक प्रतिरोधी (resistant) सुषुप्त (dormant), एक कोशिकीय संरचनायें (single celled structure) होती है (चित्र 8.11)। एक केवल कुछ बड़े बेसिलाई (bacilli) में पाई जाती है। गोलाणु (coccus) एवं स्पाइरिलम (spirillum), अन्त:बीजाणु उत्पन्न नहीं करते हैं। सामान्यतया, एक कोशिका से केवल एक अन्त:बीजाणु उत्पन्न होता है, अन्त:बीजाणु का निर्माण प्रोटीन उपापचय (protein metabolism) पर निर्भर करता है एवं निम्नलिखित चरणों से होता है:

▪ अक्षीय तन्तु का बनना (Formation of axial filament): जीवाणु कोशिका का केन्द्रकद्रव्य या क्रोमेटिन संगठित होकर एक अक्षीय तन्तु का आकार ले लेता है जो कोशिका के मध्य में एक छोर से दूसरे छोर तक फैला दिखाई देता है।

▪ बीजाणुआधक का निर्माण (Formation of forespore): कोशिका के एक सिरे पर कोशिका भित्ति अन्तर्वलित हो जाती है। प्लाज्मा झिल्ली का अन्तर्वलन, केन्द्रीय पदार्थ के साथ कोशिका को दो भागों में विभाजित करता है: छोटा बीजाणुआधक (smaller forespore) तथा दीर्घ मातृ कोशिका (larger mother cell)। बीजीणु आधक अपने चारों ओर कोशिका भित्ति का निर्माण करता है जो बीजाणु भित्ति (spore wall) कहलाती है।

▪ अन्त:बीजाणु का परिपक्वन (Maturation of endospore): निर्माण के अन्तिम कुछ घण्टों में बीजाणु के आकार में असीमित वृद्धि होती है तथा अब ये पूर्ण अन्त: बीजाणु बन जाता है। मातृकोशिका (अब बीजाणुधानी, sporangium) इसके बाद बहुत कम समय के लिए जीवित रहती है या इसका कोशिका तत्व विघटित हो जाता है। अन्तत: कोशिका के आत्मलयन (autolysis) से बीजाणु मुक्त हो जाता है। अन्त: बीजाणु बनने की पूर्ण प्रक्रिया में लगभग 18 से 20 घण्टे लगते है। इनका प्रकीर्णन (dispersal) हवा द्वारा होता है तथा ये कई वर्षो तक शान्त सुषुप्तावस्था में पड़े रहते है।

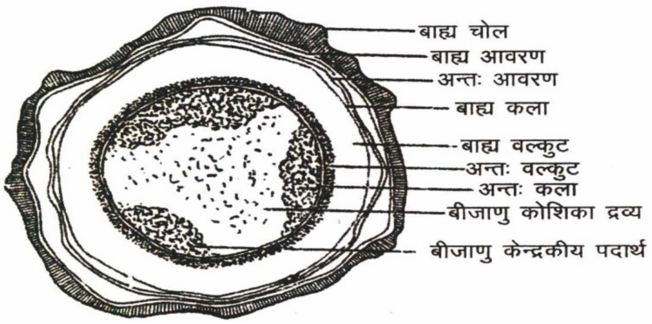


चित्र 8.11 जीवाणु में अन्त: बीजाणु (endospore) बनने का चक्र

➢ **अन्तः बीजाणु की संरचना (Structure of Endospore)**

अन्त: बीजाणु की यह एक केन्द्रीय भाग क्रोड (core) का बना होता है जो कि सघन कोशिकाद्रव्य (dense cytoplasm) द्वारा घिरा रहता है (चित्र 8.12)।

इसमें जल की मात्रा बहुत कम होती है परन्तु प्रोटीन की मात्रा अधिक होती है, जो कभी-कभी 90% तक पहुँच जाती है। जीवद्रव्य में डाईपिकोनिलिक अम्ल (dipiconilic acid) नामक स्थायीकारक (stabilizers) तथा अल्प मात्रा में विकर (enzymes) भी पाए जाते है। यह बीजाणु अध्यावरण (spore integument) या एक आवरण द्वारा ढका रहता है। अन्त: बीजाणु के जीवद्रव्य में डी.एन.ए. (DNA), राइबोसोम्स, t-RNA, सहायक कारक (accessory factors) तथा विकर पाए जाते है। m-RNA, अमीनोअम्ल तथा उनके विकर (enzymes) अनुपस्थित होते है। बीजाणु आवरण (spore envelope) का निर्माण आन्तरिक झिल्ली (inner membrane), वल्कुट (cortex), बाह्य झिल्ली (outer membrane) और बीजाणु चोल (spore coat) से मिलकर होता है। कुछ जातियों में एक बाह्य आवरण जिसे बाह्यचोल (exosporium) कहते है, भी पाया जाता है।



चित्र 8.12: जीवाणु में परिपक्व अन्त: जीवाणु (endospore) का अनुप्रस्थ काट

आन्तरिक कला एक इकाई कला (unit membrane) होती है। वल्कुट, पेप्टाइडोग्लाईकन (peptidoglycan) की अनेक परतों से मिलकर बना होता है। बाह्यकला (outer membrane) अन्त: बीजाणु को घेरती हुई कोशिका झिल्ली के समान होती है। बीजाणु चोल (spore coat) किरेटिन प्रोटीन का बना होता है जिसमें सिस्टीन (cysteine) तथा हाइड्रोफोबिक अमीनों अम्लो की बहुतायत होती है। यह रसायन प्रतिरोधी होता है। बाह्य चोल (exosporium), पॉलिसैकेराइड प्रोटीन झिल्ली होती है जिसमें कुछ मात्रा में लिपिड पाए जाते है। बीजाणु, मातृकोशिका के केन्द्र में पाया जाता है अथवा यह ध्रुवीय (polar) या उपध्रुवीय (subpolar) हो सकता है। अन्त:बीजाणु में तापमान की चरम सीमाओं, रोगाणुनाशियो तथा विषैले रसायनों के लिए अपूर्व प्रतिरोधी क्षमता होती है। एन्थ्रेक्स बेसिलस (Anthrax bacillus) का अन्त: बीजाणु 100^0C का तापमान 20 घंटे से भी अधिक समय तक सहन कर सकता है।

इसी तरह द्रवित हीलियम (-269^0C) का भी इन पर असर नहीं होता। निम्न लिखित कारणों कि वजह से अन्त:बीजाणु बहुत ही प्रतिरोधी (resistant) होते हैं:

(i) जल की अल्प मात्रा।

(ii) उपापचय क्रियाओं का अल्प मात्रा में होना।

(iii) बीजाणु चोल (spore coat) की अपारगम्यता (impermeability) तथा सुरक्षात्मक प्रवृत्ति।

(iv) सक्रिय विकरों की अल्प मात्रा

(v) स्थायीकारक पिकोनिलिक अम्ल की उपस्थिति।

(vi) बीजाणु में केल्शियम की बहुलता।

- **अन्त: बीजाणु का अंकुरण (Germination of endospores)**

जब अन्त: बीजाणुओं को अनुकूल परिस्थितियों में रखा जाता है तब उनमें कुछ ही घण्टों में अंकुरण शुरू हो जाता है। बीजाणुचोल (spore coat) द्वारा जल का अन्त:शोषण (imbibition) होता है तथा बीजाणु चोल मृदुलित (soft) हो जाता है। लवणों व भोज्य पदार्थो के अवशोषण के साथ ही बीजाणु का जीवद्रव्य फूल जाता है। इसके साथ ही बीजाणु के मध्य या एक सिरे से बीजाणु चोल टूट जाता है और वृद्धि करती हुई एक कोशिका बाहर निकलती है। बीजाणु भित्ती (spore wall) ही नई कोशिका की कोशिका भित्ति का कार्य करती है। कोशिका के बाहर निकलने से पहले, वाहक आर.एन.ए. (messanger RNA) बनता है जो कि बीजाणु में पहले अनुपस्थित होता है।

3. आनुवंशिक पुनर्योजन (Genetic Recombination)

जीवाणु जनन में कोशिकाओं का युग्मन नहीं होता परन्तु गुणसूत्र का कुछ भाग दाता (donor) कोशिका से ग्राही (recipient) कोशिका में स्थानान्तरित होकर एक आंशिक द्विगुणित कोशिका (partial diploid cell) जिसे मीरोजाइगोट (merozygote) कहते है, का निर्माण करता हैं, इनमें आनुवंशिक पदार्थ का आदान-प्रदान तीन प्रकार से होता है-

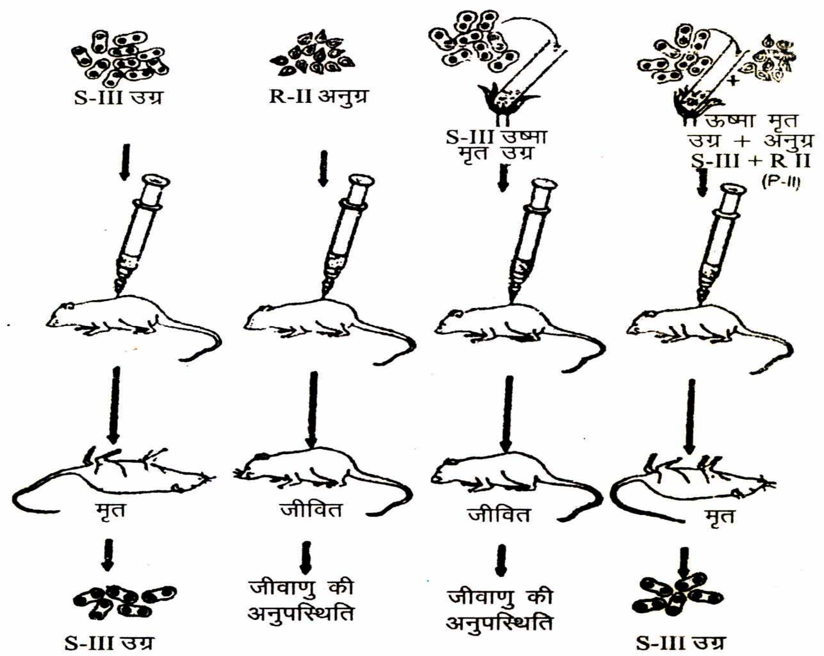
(1) रूपान्तरण (Transformation),(2) संयुग्मन (Conjugation) तथा

(3) पराक्रमण(Transduction)

1. रूपान्तरण (Transformation):

इस प्रक्रिया की खोज अंग्रेज जीवाणुविज्ञा फ्रेडरिक ग्रिफीथ (F. Griffith) ने 1928 में की थी। वे प्रभेद (strains) *डिप्लोकॉकस न्यूमोनी (Diplococcus pneumoniae)* के दो प्रभेदों पर कार्य कर रहे थे। एक प्रभेद की कोशिकाएँ संपुटित (capsulated) और चिकनी (smooth) थी एवं S III प्रकार का यह प्रभेद रोगजनक एवं उग्र (pathogenic and virulent) था। दूसरा प्रभेद रूक्ष (rough) प्रकार का था, इसमें संपुटिका नहीं थी। (non-capsulated) और यह RII प्रकार अरोगकारक एवं अनुग्र (non- pathogenic and virulent) था। (चित्र 8.13)

ग्रिफीथ ने प्रयोगों को चार चरणों में संपादित किया-



चित्र 8.13 ग्रिफीथ का जीवाणु डिप्लोकोकस निमोनी (*Diplococcus pneumoniae*)जीवाणु मे रूपान्तरण (transformation) के चरण

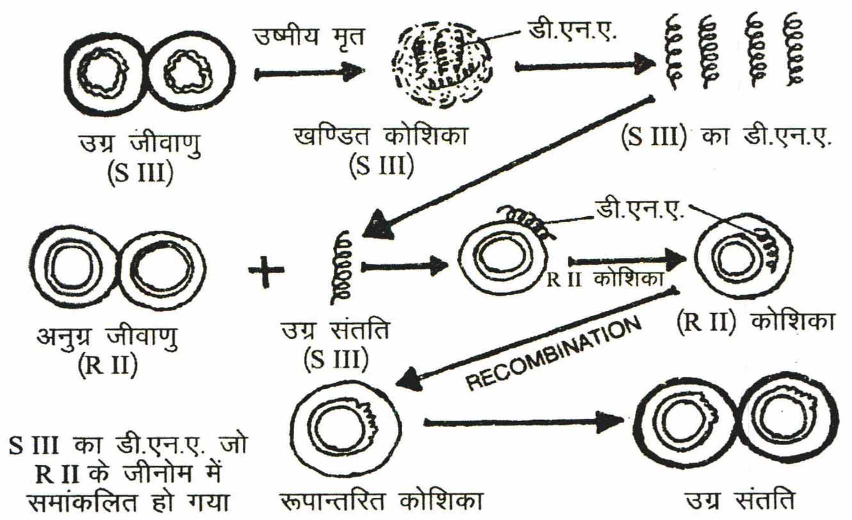
(i) सर्वप्रथम उसने S III को चूहे में अन्त:क्षेपित (inject) किया, सभी चूहों में संक्रमण हो गया एवं उनकी मृत्यु हो गई।

(ii) इसके पश्चात् उसने R II प्रकार का अन्त:क्षेपण किया जाता है तो चूहे निरोगी ही रहे।

(iii) ऊष्मा से (80^{0}C) निष्क्रिय हुई S III जीवीणु की कोशिकाओं (heat killed cells) को चूहों में अन्त: क्षेपित करने पर कोई प्रतिक्रिया नहीं हुई।

(iv) ग्रिफीथ ने जब S III ऊष्मा से मृत हुई (heat killed) और R II की जीवित कोशिकाओं को मिलाकर उन्हें चूहों में अन्त: क्षेपित किया तो उनकी आशा के विपरीत सभी चूहे मृत प्राप्त हुए। इन चूहों की शव परीक्षा करने पर उन्होंने मृत चूहों के शरीर से S III प्रकार की जीवित जीवाणु कोशिकाएँ पृथक (isolate) की जिनसे अगर माध्यम (agar medium) पर चिकनी (smooth) प्रकार की कोशिकाओं की कॉलोनी (colony) प्राप्त हुई।

इन प्रयोगों से ग्रीफिथ ने निष्कर्ष निकाला कि किसी तरह R II प्रकार के जीवाणु का S III प्रकार के जीवाणु में रूपान्तरण हो गया। (चित्र 8.14)



चित्र 8.14 R II जीवाणु के S III जीवाणु में रूपान्तरण (transformation) के चरण

1994 में एवरी, मैक्लिऑड तथा मैकार्टी (Avery, Macleod and McCarty) ने प्रयोग द्वारा सिद्ध किया कि रूपान्तरण का सिद्वान्त या कारक एक रासायनिक पदार्थ DNA है जो कि आनुवंशिकी (heredity) के लिए उत्तरदायी होता है। रूपान्तरण प्रक्रिया के लिए दाता डी.एन.ए. (donor DNA) का एकसूत्री (single stranded) होना आवश्यक है तथा एक निश्चित लम्बाई का DNA ही कोशिका में प्रवेश करता है। फिर यह जीवाणु गुणसूत्र (bacterial chromosome) के साथ संलग्न (bind) हो जाता है और उसमें समाविष्ट हो जाता है। इस प्रकार कोशिका का मूल DNA खण्ड अन्दर प्रविष्ट हुए DNA खण्ड से विस्थापित हो जाता है। एवरी, मैक्लिऑड व मैकार्टी को इस कार्य के लिए नोबल पुरस्कार से सम्मानित किया गया।

2. संयुग्मन (Conjugation)

यह प्रक्रिया पहली बार लीडरबर्ग तथा टाटम (Lederberg and Tatum) द्वारा (1946) में *ई. कोलाई (E. coli)* के K-12 प्रभेद में खोजी गई। इस खोज के लिए (1959) में उन्हें नोबल पुरस्कार से सम्मानित किया गया। इस प्रक्रिया का अध्ययन *स्यूडोमोनास (Pseudomonas), सालमोनेला (Salmonella), शाइगेला (Shigella) तथा विब्रियो (Vibrio)* इत्यादि में भी किया गया है।

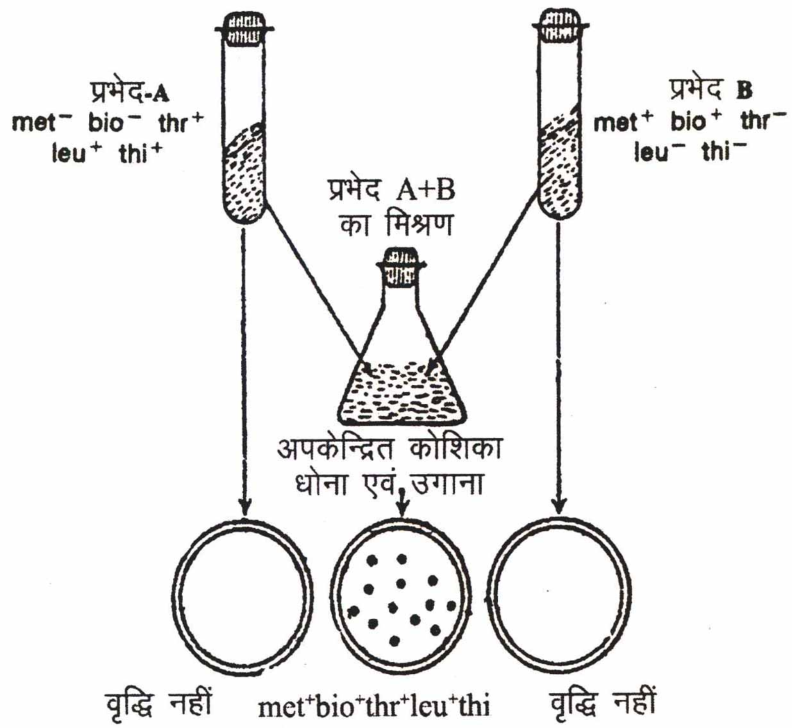
➢ **लीडरबर्ग और टाटम के प्रयोग (Lederburg & Tatum's experiment)**

इस प्रयोग में उन्होंने *ई. कोलाई (E. coli)* के दो असर्वसंश्लेषी प्रभेदों (auxotrophic strains) को उपयोग में लिया। इसमें से प्रत्येक को सामान्य वृद्धि के लिए संवर्धन न्यूनतम माध्यम (minimal culture medium) के अतिरिक्त एक या एक से अधिक विटामिन या अमीनों अम्ल का संपूरक भोजन (supplementation) देना पड़ता था। इस प्रकार के जीवाणु असर्वसंश्लेषी (auxotroph) कहलाते हैं (चित्र 8.15) । प्रयोग में लिए गए प्रभेद थे:

i. **प्रभेद ए (Strain-A) :** met^-, bio^-, thr^+, leu^+ या प्रभेद 58-161, जिन्हें वृद्धि के लिए मिथियोनीन (methionine) तथा बायोटिन (biotin) की आवश्यकता थी।

ii. **प्रभेद बी (Strain-B):** thr^-, lev^-, thi^- प्रभेद जिसे वृद्धि के लिए थ्रिओनिन (threonine), ल्यूसीन (leucine) तथा थायमीन (thiamine)ए की आवश्यकता थी।

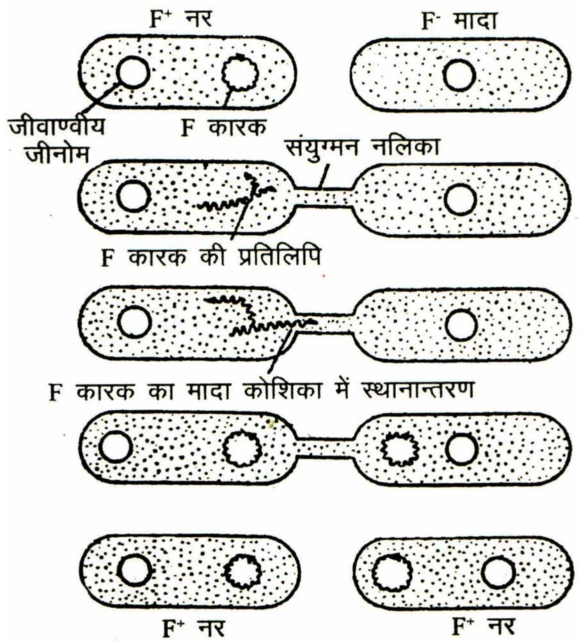
दोनों के संवर्धन को मिलाकर अपकेन्द्रण (centrifugation) किया गया तथा पूर्ण माध्यम (complete medium) (जिसमें वे संवर्धित किये गए थे) को हटाने के लिए अच्छी तरह धोया गया तथा उसके बाद उन्हें न्यूनतम माध्यम (minimal medium) पर संवर्धित किया गया। उन्होंने पाया कि अब वे जीवाणु सर्वसंश्लेषी (prototroph) हो गए। इनकी संख्या प्रति 10^7 जीवाणुओं में 1 थी। उनमें से अनेक जीवाणुओं को वृद्धि के लिए किसी भी संपूरक (supplement) की आवश्यकता नहीं थी जो यह सिद्ध करती है कि इनमें पुनर्योजित (recombinant bacteria) बने जो met^+, bio^+, thr^+, leu^+, thi^+ प्रकार के थे। यह तभी संभव है जबकि एक जीवाणु का डी.एन.ए. का कुछ भाग दूसरे जीवाणु में चला जाए। इस प्रक्रिया को संयुग्मन (conjugation) कहते हैं।



चित्र 8.15 जीवाणु ई. कोलाई *(E. coli)* में संयुग्मन (Conjugation)

➢ **संयुग्मन की क्रियाविधि (Mechanism of Conjugation)**

जीवाणु में संयुग्मन की क्रियाविधि का अध्ययन तीन वैज्ञानिकों, विस्कॉनसिन, यू.एस.ए. (Wisconsin USA) के लेडरबर्ग (Lederburg), लन्दन के हैज़ (Hayes) तथा पेरिस के वूलमान (Woolman) ने सम्मिलित रूप से किया। यह सिद्ध करने के लिए कि यह रूपान्तरण (transformation) नहीं है, उन्होंने जब जीवाणुओं का कोशिका रहित सत (cell free extract) दूसरे जीवाणुओं में मिलाया तो रूपान्तरण की प्रक्रिया नहीं हुई। उन्होंने यह भी प्रदर्शित किया कि *ई. कोलाई (E. coli)* की K_{12} प्रभेद में शारीरिक संबंध (physical contact) होता है तथा एक जीवाणु से डी.एन.ए. (DNA) दूसरे जीवाणु में एक संयुग्मन नलिका (conjugation tube) द्वारा जाता है। (चित्र 8.16)



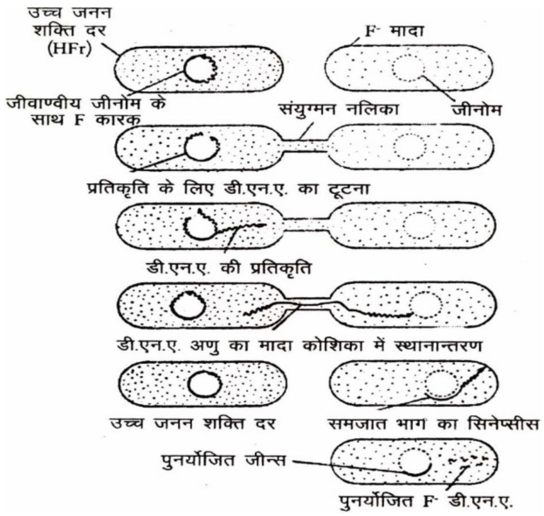
चित्र 826 : जीवाणु संयुग्मन (conjugation)

दाता/नर (F^-) कोशिकाओं में संयुग्न जिसमें उर्वरक कारक (fertility factor) के ग्राही कोशिका में जाने से यह दाता/नर कोशिका में बदल जाती है।

ई. कोलाई दो प्रकार की कोशिकाएँ होती है- दाता (donor) कोशिका और ग्राही (recipient) कोशिका। दाता कोशिका, नर कोशिका या उर्वरक कोशिका (fertile cell) अथवा F^+ कोशिका कहलाती है। तथा दूसरी ग्राही कोशिका F^- मादा कोशिका (recipient cell) कहलाती है। विपरीत प्रकार की दो कोशिकाएँ पास-पास जोड़ा बनाती हैं। दाता कोशिका में विशिष्ट प्रकार के रोम, पाईलाइ (pili) होते है जिन्हें लैंगिक पाईलाई (sex pili)ए कहते है जो कि इसे ग्राही कोशिका से संयुक्त करने में सहायक होते है। दाता कोशिका में यह गुण एक उर्वरक कारक या 'F' प्लाज्मिड, (fertility factor or 'F' plasmid) के कारण पाया जाता है। अब यह ज्ञात है कि यह F कारक एक वृत्ताकार DNA (circular DNA) अणु होता है जो कि एक जीवाणुभोजी (bacteriophage) के डी.एन.ए. के बराबर होता है। जब F^+ एवं F^- कोशिकाओं का संयुग्मन होता है तब जीवाणु का 'गुणसूत्र' इसमें भाग नहीं लेता है सिर्फ F कारक का एक द्विक (strand) दाता कोशिका से ग्राही कोशिका में से संयुग्मन नलिका (conjugation tube) मे से होकर प्रवेश करता है। एक संयुग्मन नलिका में होकर जाता है। इस प्रकार ग्राही कोशिका, दाता कोशिका (जिसमें F कारक हो) में बदल जाती है। अत: *ई. कोलाई* में लिंग संक्रामक (infections) कहलाता है। जीवाणु में F कारक जो कि एक संक्रामक भाग है अब तक एपीसोम (episome) कहलाता है। यह दो अवस्थाओं में रह सकता है- (i) कोशिकाद्रव्य (cytoplasm) में मुक्त रूप में या (ii) जीवाणु 'गुणसूत्र' से संयुक्त होकर। जब यह जीवाणु गुणसूत्र से संयुक्त हो जाता है तब दाता कोशिका उच्च आनुवांशिक रूपान्तरण दर

अथवा Hfr (high frequency of recombination call) कोशिका कहलाती है। यह एक नए प्रकार की दाता कोशिका होती है जिसमें पुनर्योजन की अत्यधिक तीव्रता होती है।

जब उच्च जनन शक्ति दर नर/दाता कोशिका (donor cell) (Hfr) का ग्राही कोशिका (F^-) से संयुग्मन होता है तब ग्राही कोशिका, नर/दाता कोशिका (F^+) में परिवर्तित नहीं होती हैं (चित्र 8.17)।



चित्र 8.17 जीवाणु संयुग्मन (conjugation) उच्च जननशक्ति दर दाता/नर (HFr) तथा ग्राही/मादा (F^-) कोशिकाओं में संयुग्मन जिससे पुनर्योजित ग्राही (recombinate recipient/female) कोशिका बनती है

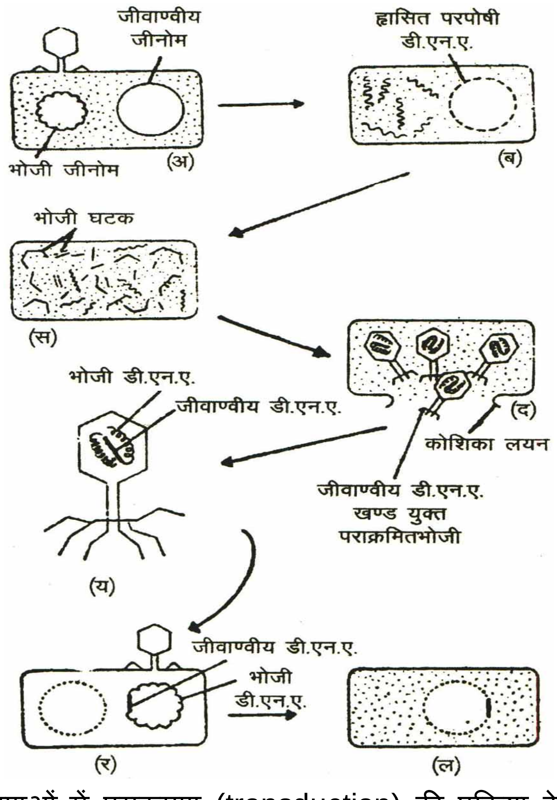
इसमें 'गुणसूत्र' की पुनरावृत्ति (replication) के बाद डी.एन.ए. का एक भाग जब ग्राही कोशिका (F^-) में पहुँच जाता है तब यह उसके 'गुणसूत्र' के समजात भागों (homologous protions) के डी.एन.ए. की जगह स्वयं लग जाता है तथा शेष विखण्डित हो जाता है। इस प्रकार यह F^- कोशिकाओं में पुनर्योजित हो जाता है। पुनरावृत्ति (replication) के लिए जीवाणु 'गुणसूत्र' F कारक के पास से टूट जाता है तथा यह रैखिक डी.एन.ए. (linear DNA) बन जाता है। जिसके अन्तिम छोर पर F कारक जुड़ा होता है। पूरे जीवाणु 'गुणसूत्र' का स्थानान्तरण ग्राही कोशिका (F^-) में होने में लगभग 2 घंटे लगते है परन्तु प्रकृति में यह संगम (mating) कभी भी ज्यादा देर नहीं बना रहता है। अत: इस कारण 'गुणसूत्र' का कुछ भाग ही ग्राही कोशिका में प्रवेश कर पाता है। इस प्रकार नई आनुवंशिक संकर (genetic hybrid) केवल आनुवंशिक रूप से द्विगुणित होती है। प्राय: द्विक गुणसूत्र के F कारक के स्थानान्तरण से पूर्व ही संयुग्मन रूक जाने से, दाता कोशिका सदैव नर/दाता (F^+) के रूप में कार्य करती रहती है। ग्राही कोशिका की द्विगुणित प्रवृति अल्पकालिक होती है।

3. पराक्रमण (Transduction)

दाता कोशिका से ग्राही कोशिका में जीवाणुभोजी (bacteriophage) के माध्यम से आनुवंशिक पदार्थ (genetic material) का स्थानान्तरण, पराक्रमण (Transduction)

कहलाता है। इस प्रक्रिया की खोज लेडरबर्ग (Lederberg) तथा उनके शिष्य जिंडर (Zinder) द्वारा सालमोनेला टाईफिम्यूरियम (Salmonella typhimurium) में 1952 में की गई थी।

उन्होंने इसके दो असर्वसंश्लेषी (auxotrophic) प्रभेद (strains) लेकर उन्हें मिलाकर संवर्धित किया। इससे काफी संख्या में सर्वसंश्लेषी प्रभेद (prototrophic strains) प्राप्त हुई। यह निश्चित करने के लिए कि सर्वसंश्लेषी प्रभेद संयुग्मन से ही प्राप्त हो रहे हैं किसी अन्य तरीके सें उन्होंने एक प्रयोग किया। इसके लिए उन्होंने दो असर्वसंश्लेषी प्रभेदों (A, B) को एक U आकार की नलिका में अलग-अलग रखा। इसके मध्य में एक ऐसी छन्निका (filter) लगी थी जिसमें से जीवाणु कोशिकाएँ आर-पार नहीं जा सकती थी परन्तु इससे छोटे अणु या पदार्थ आर-पार जा सकते थे। बाद में उन्होंने पाया कि दोनों प्रभेदों को अलग-अलग रखने पर भी सर्वसंश्लेषी उतनी ही संख्या में प्राप्त हुए जितनी पहले प्रयोग में हुए थे। इससे निष्कर्ष निकाला कि यह पुनर्योजन प्रक्रिया, संयुग्मन (conjugation) द्वारा नहीं हुई। इस प्रक्रिया पर डी.एन.एज (DNAse) विकर (enzyme) का भी कोई प्रभाव नहीं हुआ अत: यह रूपान्तरण (transformation) भी नहीं हो सकता था। इससे यह निष्कर्ष निकाला कि यह प्रक्रिया किसी छनने योग्य कारक (filterable agent) के द्वारा हुई जिसे बाद में जीवाणुभोजी P_{22} (bacteriophage) के रूप में पहचाना गया (चित्र 8.18)।



चित्र 8.18 जीवाणुओं में पराक्रमण (transduction) की प्रक्रिया के विभिन्न चरण

स्थानान्तरण की प्रक्रिया (Process of Transduction)

पराक्रमण प्रक्रिया दो प्रकार की होती है-

- **व्यापकीकृत पराक्रमण (Generalized tranduction)**

इसमें जीवाणु जीन (DNA) का कोई भी अंश विभोजी द्वारा स्थानान्तरित हो सकता है अत: यह व्यापकीकष्त पराक्रमण (generalized transduction) कहलाता है।

- **विशिष्ट पराक्रमण (Specialized transduction)**
- इस प्रक्रिया में जीवाणु का कोई विशिष्ट भाग ही स्थानान्तरित होता है। अत: यह विशिष्ट पराक्रमण (specialized transduction) कहलाता है।

जीवाणुभोजी की खोज के कुछ समय पश्चात् ही आन्द्रे लॉफ एवं सहयोगियों (Andre Lwoff *et al.,* 1953) ने सिद्ध किया कि कुछ जीवाणु प्रभेद (bacterial strains) ऐसे भी होते है जिसमें विभोजी द्वारा संक्रमण हो जाने पर तत्काल जीवाणु का लयन नहीं होता है, वरन् विभोजी डी.एन.ए. (phage DNA), जीवाणु डी.एन.ए. (bacterial DNA) में संयुक्त हो जाता है तथा जीवाणु 'गुणसूत्र' के साथ ही पुनरावृत्ति करता है। इस प्रकार के जीवाणु को लयजनक जीवाणु (lysogenic bacteria) कहते हैं तथा विभोजी, प्रोफेज (prophage) कहलाती है। कुछ विशेष प्रकार की दमनकर प्रोटीन (repressor protein), जीवाणु कोशिका को अनेक पीढ़ियों तक लयजनक अवस्था में बनाए रखते है। ये प्रोटीन, जीवाणु में विभोजी कणों के संश्लेषण को रोकती हैं। कुछ समय पश्चात् जब दमनकर प्रोटीन का निर्माण बन्द हो जाता है तब विभोजी कणों के घटकों का संश्लेषण प्रारम्भ हो जाता है।

विभोजी कणों के निर्माण से पहले जीवाणु डी.एन.ए. से विभोजी डी.एन.ए. टूटकर अलग हो जाता है। इस समय जीवाणु डी.एन.ए. के कुछ जीन (genes) भी विभोजी डी.एन.ए. के साथ आ जाते हैं तथा इसकी पुनरावृत्ति विभोजी डी.एन.ए. के साथ-साथ होती है। इस प्रकार सभी संतति विभोजी (progeny phase) नए प्रकार के होते है। अब ये संतति विभोजी किसी अन्य जीवाणु को संक्रमित करते है तब मातृ जीवाणु के जीन, नए जीवाणु में स्थानान्तरित हो जाते है।

8.2.9 जीवाणुओं का आर्थिक महत्त्व (Economic Importance of Bacteria)

अनेक पदार्थ जैसे मक्खन, दही, सिरका आदि के निर्माण में विभिन्न जीवाणुओं का उपयोग किया जाता है। जीवाणुओं द्वारा दुग्ध शर्करा का विघटन कर लेक्टिक अम्ल (lactic acid) बनाने की प्रक्रिया अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है जिसके द्वारा मक्खन और पनीर बनाया जाता है। चाय की पत्तियों का पक्वन (ripening), विशेष प्रकार की सुगंध और सुरूचि, चॉकलेट का स्वाद आदि के लिये भी जीवाणु ही जिम्मेदार है। एल्कोहॉल का सिरके में परिवर्तन भी जीवाणुओं की जैविक क्रियाओं के कारण ही सम्भव है। जीवाणुओं से हमे अनेक प्रतिजैविक (antibiotic) प्राप्त होते है। जीवाणु मृदा में उपस्थित कार्बनिक पदार्थो (organic matter) का विघटन कर उन्हें भू-रासायनिक चक्रों द्वारा पुन: मृदा में स्थापित करते हैं। भूमि की उर्वरकता बनाए रखने में जीवाणु महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। और ये अपमार्जक (scavenges) का कार्य भी करते हैं। मृतोपजीवी जीवाणु पेड़ पौधों एवं प्राणियों के मृत शरीर का क्षरण करते है एवं इस प्रक्रिया के द्वारा मृदा में उपस्थित जटिल यौगिको जैसे कार्बन, ऑक्सीजन, हाइड्रोजन, सल्फर तथा फॉस्फोरस आदि यौगिकों का सरल यौगिकों जैसे कि कार्बनडाईऑक्साइड पानी, नाइट्रेट, सल्फेट तथा फॉस्फेट में अपघटन करते हैं। इस प्रक्रिया का शहरों में मल निस्तारण तन्त्र (sewage disposal system) में उपयोग, पानी को शुद्ध तथा दुर्गन्धरहित करने के लिए किया जाता है।

विभिन्न प्रकार के जीवाणु जैसे कि: अमोनी कारक जीवाणु (ammonifying bacteria), नाइट्रीकारक जीवाणु (nitrifying bacteria), नाइट्रोजन यौगिकीकरण जीवाणु (nitrogen fixing bacteria)। मृदा में संयुक्त नाइट्रोजन की कुल मात्रा में वृद्धि करते हैं। नाइट्रोजन स्थिरीकारक जीवाणुओं में रखे गए सहजीवी (symbiotic) जीवाणु, मटर कुल (leguminosae family) पादपों की जड़ों पर स्थित ग्रन्थियों (nodules) में होते हैं जो मृदा कणों के मध्य उपस्थित वायुमण्डलीय नाइट्रोजन गैस को कार्बनिक यौगिकों में परिवर्तित कर देते हैं।

इसके अतिरिक्त डेरी उद्योग, चमड़ा उद्योग औद्योगिक विलायकों के निर्माण, रेशा उद्योग आदि में भी जीवाणुओं का उपयोग किया जाता है। तम्बाकु की पत्तियों के संसाधन (curing) और पकाने (ripening) का कार्य कुछ विशेष जीवाणुओं द्वारा विभिन्न प्रकार की गंध उत्पन्न करने में किया जाता है जिससे तम्बाकू की कीमत बढ़ती है।

जीवाणुओं का उपयोग विभिन्न औषधियों के निर्माण में किया जाता है। कुछ जीवाणु मनुष्य की आंत्र में सहजीवी के रूप में रहते है, ये विटामिन बी बनाते है तथा कुछ एन्जाइम भी उत्पन्न करते हैं जो भोजन पचाने में मदद करते है। विभिन्न प्रतिजैविकों का निर्माण भी जीवाणुओं की सहायता से किया जाता है। जीवाणुओं का उपयोग जैव उर्वरकों (biofertilizers) के निर्माण में जैवअध्ययन (bioassay) में, सूक्ष्मजैविकी कीटनाशकों (microbial insecticides) के निर्माण मे व सूक्ष्मजैविकी निश्चलन में (microbial immpbilization) में भी किया जाता है।

तालिका 8.3:जीवाणुओं का आर्थिक महत्व (Economic Importance of Bacteria)

उपयोग	**जीवाणु**
दूध से दही निर्माण में	*स्ट्रेप्टोकोकस लेक्टिस (Streptococcus lactis)*
सिरका निर्माण में	*एसीटोबेक्टर (Acetobacter)*
नाइट्रीकारक जीवाणु (Nitrifying bacteria)	*नाइट्रोमोनास (Nitromonas)* *नाइट्रोबेक्टर (Nitrobacter)*
मुक्तजीवी नाइट्रोजन यौगिकीकरण जीवाणु (free living nitrogen fixing bacteria)	*ऐजोबेक्टर बेजरिकिया (Azobacter beijerinckia)* *क्लॉस्ट्रीडियम (clostridium)*
सहजीवी नाइट्रोजन यौगिकी (Symbiotic nitrogen fixing bacteria)	*राइजोबियम लेग्यूमिनोसेरम (Rhizobium leguminosarum)*
तम्बाकू की पत्तियों के संसाधन (curing) एवं पकाने (ripening) में	*बेसीलस मेगाथीरियम (Bacillus megatherium)* *माइकोकॉकस (Mycococcus)*
रेशे (fibres) प्राप्त करने में	*क्लॉस्ट्रीडियम ब्यूटाइरियम (Clostridium butyrium)*
विटामिन-बी राइबोफ्लेविन के उत्पादन में	*क्लॉस्ट्रीडियम एसिटोब्युटाईलिकम (Clostridium acetobutylicum)*
प्रतिजैविकों के निर्माण में	
1. स्ट्रेप्टोमाइसिन (Streptomycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसिज स्पी.*

	(Streptomyces spp.)
2. क्लोरोमाइसिटीन (Chloromycetin)	*स्ट्रेप्टोमाइसिज स्पी.*
	(Streptomyces spp.)
3. ओरेमाइसिन (Auremycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसिज स्पी.*
	(Streptomyces spp.)
4. टैरामाइसिन (Teeramycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसिज स्पी.*
	(Streptomyces spp.)
5. टाइरोथ्रिसिन (Tyrothricin)	*बेसीलस ब्रेविस (Bacillus brevis)*
6. सबटिलिन (Subtilin)	*बैसीलस सबटिलिस (B. subtilis)*
7. पोलिमिक्सिन-बी (Polymyxin-B)	*बै. पोलिमिक्सा (B. polymyxa)*
जैव उर्वरकों के निर्माण में (As a biofertilizers)	*बैसीलस मेगाटीरियम (Bacillus megatherium)* *बै. पोलिमिक्सा (Bacillus polymyxa)* *स्यूडोमोनास फ्लोरेसेन्स (Pseudomonas fluorescens)* *राइजोबियम (Rhizobium)*
जैव अध्ययन (bioassay) में	*एजोटोबेक्टर (Azotobacter)*
सूक्ष्मजैविकी निश्चलन में (Microbial Immobilization)	*ईश्चिरिकिया कोली (Escherichia coli)*
सूक्ष्मजैविकी कीटनाशकों (Microbial inseticides) के निर्माण में	*बेसीलस थुरिन्जिएन्सिस (Bacillus thuringiensis)*

8.2.10 बोध प्रश्न

1.जीवाणुओं की खोज किसने की?

2.जीवाणुओं का पादप रोगों में महत्त्व सर्वप्रथम किसने बताया?

3.लेग्यूम पौधों की जड़ों में कौनसा जीवाणु पाया जाता है?

4.जीवाणु कोशिका में आनुवंशिक पदार्थ क्या होता है?

5.सबसे सूक्ष्म जीवाणु तथा सबसे दीर्घ जीवाणु का नाम बताइये।

6.ग्राम-ग्राही तथा ग्राम-अग्राही जीवाणुओं में दो अन्तर लिखिये।

7.ग्लाइकोकेलिक्स किसे कहते है?

8.चार रसायन संश्लेषी जीवाणुओं के नाम लिखिये।

9.जीवाणुओं के चार औषधीय उपयोग लिखिये।

10.दो विनाइट्रीकारक जीवाणुओं के नाम लिखिये।

8.3 आर्किया (Archaea)

8.3.1 प्रस्तावना (Introduction)

आर्किया सूक्ष्म, एक कोशिकीय, असीम केन्द्रकीय जीव हैं। इनमें असीम केन्द्रकी एंव ससीम केन्द्रकी जीवों के लक्षण पाये जाते है। यह माना जाता है कि यह पृथ्वी पर पैदा होने वाले प्रथम जीवों में से एक हैं क्योंकि ये उन विपरीत एवं प्रतिकूल परिस्थितियों में जैसे कि गरम पानी के स्त्रोत (hotwater springs), ज्वालामुखी (volcanoes) के अन्दर, गहरी समुद्री दरारों जिनमें सल्फाईड गैसें बनती है (deep sea vents rich in sulphide gases) आदि पाये जाते जो कि धरती पर आज से सैकड़ों साल पहले रहीं होंगी।

ज्यादातर ये जीव प्रतिकूल परिस्थितियों वाली जगहों पर पाये जाते हैं पर कुछ आर्किया खुले समुद्र (open sea), दलदल (marsh), मृदा (soil), सीवेज (sewage) इत्यादि में भी पाये जाते है। मिथेन उत्पादक आर्किया (methanogenic archaea) पशुओं, दीमक एवं मनुष्यों की आँतों में पाये जाते हैं। ज्यादातर आर्किया से कोई नुकसान नहीं होता है। परन्तु *हेलिकोबैक्टर पाइलोरी (Helicobacter pylori)* मनुष्य ऑतों में पाया जाता है और अल्सर (ulcer) पैदा करता है।

8.3.2 आर्किया के सामान्य लक्षण (General Characters of Archaea)

- यह सरल, एककोशिकिय, असीम केन्द्रकी जीव हैं।
- इनकी आकृति गोलाणु से लेकर छड़नुमा, सर्पिल अथवा आयाताकार होती है (spherical, rod shaped, spiral, rectangular or cuboid)।
- इनका आकार 0.1 से लेकर 15μm तक होता है।
- कुछ आर्किया समूह (aggregates) बनाते हैं या 200μm लम्बे तन्तुनुमा होते हैं।
- ये ज्यादातर अनक्सीय (anaerobic) होते हैं किन्तु ऑक्सीय (aerobic) एवं विकल्पी अनऑक्सिय (facultative anaerobic) आर्किया भी पाये जाते हैं।
- इनमें उपापचयी विविधता (metabolic variation) पायी जाती है।
- ये अकार्बनिक रसायनों जैसे कि हाइड्रोजन गैस, कार्बनडाइऑक्साइड, सल्फर के ऑक्सीकरण से ऊर्जा प्राप्त करते हैं।
- इनमें प्रकाश संश्लेषण नहीं होता है किन्तु कुछ जीवाणुओं में प्रकाश वर्णक (photopigment) बैक्टीरियोरहोडोप्सिन (bacteriorhodopsin) पाया जाता है और ये प्रकाश की उपस्थिति में ए.टी.पी. (ATP) का निर्माण कर सकते है।
- यह वर्णक बैंगनी रंग का होता है और दूसरे वर्णकों के समान प्रोटोनमोटीव फोर्स (proton motive force) के द्‌वारा ए.टी.पी. का संश्लेषण करते हैं।
- यह वर्णक मानव नेत्रों में पाये जाने वाले प्रोटीन रोडोप्सिन (rhodopsin) के समान होता है। आर्किया प्रतिकूल परिस्थितियों वाले स्थानों पर पाये जाते हैं।
- आर्किया कोशिका के यौगिक एवं विकर (enzymes) अत्यधिक तापमान या ठंड, या अम्लीय वातावरण राहने के आदि होते हैं।

- जो आर्किया अत्यधिक नमक वाले स्थानों पर पाये जाते हैं उन्हें हेलोबैक्टीरिया (halobacteria) कहते हैं और इन जीवाणु की कोशिकाओं की आन्तरिक विलय सान्द्रता (internal solute concerntration) बाह्य सान्द्रता से कई गुना ज्यादा होती है। इस प्रकार ये कोशिकाऐं बाह्यय परासरण (exosmosis) द्वारा जल की निकासी को रोकने में सक्षम होती है।
- आर्किया की कोशिका भित्ति में पेप्टाइडोग्लाइकन (peptidoglycan) नहीं पाया जाता है।
- इस समूह में चल एवं अचल दोनों प्रकार के जीवाणु पाये जाते हैं।
- चल आर्किया में ज्यादातर एक से ज्यादा कशाभिकायें कोशिका के एक छोर पर कोशिका झिल्ली से जुड़ी रहती है।
- आर्किया कोशिका में कोशिकांगों का अभाव होता है।
- कोशिका में डी.एन.ए. का एक द्विरन्जुकी सर्पिल, गोल तन्तु पाया जाता है।
- ज्यादातर आर्किया हानिकारक नहीं होते हैं।
- ये स्वपोषी होते है। स्वपोषी आर्किया रसोकार्बनिक स्वपोषी (chemolitho autotrophic) अथवा कार्बपोषी (organotrophic) होते हैं।
- आर्किया से हमें बहुत से फायदे भी होते हैं।

8.3.3 आर्किया की संरचना (Structure of Archaea)

आर्किया कोशिका की सरंचना अत्यन्त सरल होती है। यह असीम केन्द्रकी जीव है, इसलिये इनमें कोशिकांगों का अभाव होता है। कोशिका एक 15-30nm मोटी कोशिका भित्ति से आवरित होती है। कोशिका भित्ति ग्लाईकन एवं पेप्टाईड श्रृंखला (glycans and peptide chains) से निर्मित होता है। इसमें पेप्टाइडोग्लाइकन एवं डी-अमीनो अम्ल (peptidoglycan and D-amino acids) नहीं पाये जाते है। इसकी जगह इसमें दो प्रकार के ग्लाइकन; एन-ऐसिटाईलमिन्युरोनिक अम्ल (N-acetylminouronic acid, NAT or T) एवं एन-ऐसिटाईग्लुकोसामीन (N-acetyl glucosamine, NAG or G) पाये जाते हैं। ये शर्करायें आपस में β-1, 3-ग्लाईकोसाईडिक बन्धों (β-1, 3-glycosidic bonds) के द्वारा जुड़ी रहती है। ये बन्ध्य लयनकारी विकर (lysozymes) एवं पेनिसिलिन के प्रति प्रतिरोधी (resistant) होती है। पेप्टाईड श्रृंखलायें NAT से जुड़ी रहती है और इनके क्रॉस बन्ध (cross links) में केवल एल टाईप अमीनों अम्ल (L-type amino acids) ही पाये जाते हैं। कोशिका भित्ति में इसके अलावा गेलेक्टोसामीन (galactosamine) ग्लूकूरोनिक अम्ल (glucuronic acid), ग्लूकोस (glucose) एवं ऐसीटेट (acetate) भी पाये जाते है। भित्ति के अमीनो अम्ल ऋणावेशित सोडियम (negatively charged) आयन (Na^+ ions) को उदासीन (neutralize) कर देते हैं। इस कारण विपरीत परिस्थितियों में भी भित्ति एवं कोशिका का लयन (lysis) नहीं होता है।

आर्किया ग्राम ग्राही होते है। कुछ आर्किया में कोशिका भित्ति नहीं पाई जाती है। उदाहरण: थर्मोप्लाज्मा (Thermoplasma)। आर्किया की कोशिका झिल्ली जीवाणु एवं दूसरे

ससीम केन्द्रकी जीवों की कोशिका झिल्ली 1siHwgkshgs;gXyhljky glycerol), फास्फेट समूह (phosphate groups) प्रोटीन, लिपिड आदि से निर्मित होती है। झिल्ली में सबसे ज्यादा प्रतिशत प्रोटीन का होता है एवं स्टीरोल (sterol) का अभाव होता है। इसमें पाये जाने वाले फास्फोलिपिड (phospholipid)ए संरचनात्मक लीपिड (structural lipid) नहीं होते हैं क्योंकि आर्किया में झिल्ली संश्लेषण में वसा अम्लो (fatty acids) के स्थान पर बीस (20) कार्बन से बनी आइसोप्रीन (isoprene) की शाखित सह श्रृंखला (branched side chain) को काम में लिया जाता है। यह आइसोप्रीनोइड श्रृंखलाएं एल-ग्लिसरोल (L-glycerol) से ईथर लीन्केज (ether linkage) द्वारा जुड़ी होती है। आवास के आधार पर झिल्ली के लीपिडस में विविधता पाई जाती है। शाखित सह श्रृंखलाऐ झिल्ली की तरलता (fluidity) बढ़ाती हैं। इस कारण यह जीवाणु उच्च तापमान वाले स्थानों पर आसानी से जीवित (survive) रह सकते हैं।

कोशिका द्रव्य में एक गोलाकार सर्पिल द्विरज्जुकी (circular helical double stranded) डी.एन.ए. पाया जाता है। इसकी लम्बाई *ई. कोलाई (E. coli)* डी.एन.ए. की लम्बाई की एक चौथाई होती है। कुछ आर्किया में प्लजिमड (plasmid) पाये जाते हैं। जीनोम सीक्वेन्सिंग (genome sequencing) के द्वारा यह ज्ञात हुआ है कि आर्किया डी.एन.ए. के 56% जीन, जीवाणु एवं ससीम केन्द्रकी जीवों से बिल्कुल भिन्न हैं।

नेनोआरकियम इक्वी टेन्स (Nanoarchaem equitans): यह सबसे छोटा आर्किया जीवाणु है। यह एक अविकल्पी सहजीवी है और इसका जीनोम 0.491mbp का होता है। आर्किया के mRNA में दोनों असीम एवं ससीम केन्द्रकी जीवों के लक्षण पाये जाते हैं। यह पॉलीसिस्ट्रोनिक (polysystronic) होता है एवं इसमें ओपेरोन (operon) एवं इन्ट्रोन्स (introns) पाये जाते है। जीवाणु में इन्ट्रोन्स नहीं पाये जाते है। आर्किया के tRNA के राइबोसोम एवं क्षारक (bases), जीवाणु राइबोसोम एवं क्षारकों से भिन्न होते हैं। ससीमकेन्द्रकी जीवों की तरह राइबोसोमस डीफ्थीरिया टॉक्सिन (diphtheria toxin) एवं एन-आइसोमाइसिन (N-isomycin) के प्रति संवेदी (sensitive) होते हैं और असीम केन्द्रकी जीवाणुओं के समान 70S प्रकार के होते हैं। आर्किया पर उन प्रतिजैविकों का कोई असर नहीं होता जो सामान्यता जीवाणुओं के प्रोटीन संश्लेषण प्रभावित करते हैं। जैसे कि: टेट्रासाइक्लिन (tetracycline), इरिथ्रोमाइसिन (erythromycin), क्लोरमफेनिकोल (chloromphenicol) आदि। आर्किया के आर.एन.ए. पॉलिमरेस (RNA polymerase) भी यूकेरिटिक जीवो के पॉलीमरेस से ज्यादा समानता रखते हैं। ये विकर बड़े, जटिल एवं रिफेम्पिसन (Rifampicin) के प्रति प्रतिरोधी (resistant) होते हैं।

8.3.4 आर्किया का जनन (Reproduction in Archaea)

आर्किया में लैंगिक जनन नहीं पाया जाता है। इनमें द्विविखण्डन (binary fission) अथवा खण्डीभवन (fragmentation) जैसे तरीकों के द्वारा जनन होता है । इनके जीन विनिमय (genetic exchange) के बारे में ज्यादा जानकारी नही है किन्तु यह माना जाता है

कि यह प्लाज्मिड द्वारा ट्रांसडक्शन (plasmid mediated transduction) से होता है। संयुग्मन (conjugation) एवं रूपान्तरण (transformation) प्रक्रियाओं के बारे में भी जानकारी विवादित (debatable) हैं।

8.3.5 आर्किया के प्रकार (Types of Archaea)

उपापचयी क्रियाओं के आधार पर आर्किया को निम्नलिखित भागों में बाँटा गया है:

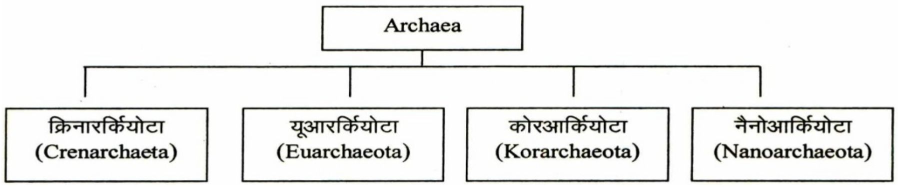
1. **मीथेनोजन्स (Methanogens) :** ऐसे आर्किया जिनमें उपापचयी क्रिया का अन्तिम उत्पाद मीथेन (methane) हो। ये ज्यादातर पशुओं के रयूमेन (rumen) में पाये जाते हैं एवं अनऑक्सीय (anaerobic) होते हैं। ये रसोकार्बनिक स्वपोषी (chemo organotrophs) होते हैं और हाइड्रोजन गैस, फारमेट (formate), मीथेनोल (methanol) और अन्य यौगिकों का अपचयन (reduction) कर ए.टी.पी. का संश्लेषण करते हैं।
2. **हेलोफिलिक आर्किया (Halophilic archaea) :** ये ऑक्सीय जीव ऐसी जगहों पर मिलते हैं जहाँ नमक की सान्द्रता बहुत ज्यादा होती है।
3. **थर्मोफिलिक अथवा एसिडोथर्मोफिलिक (Thermophilic or acidothermophilic)** : ये जीवाणु उच्च तापमान (70-75^{0}C) एवं अम्लीय आवासों में पाये जाते हैं। ये ज्यादातर गरम पानी के स्त्रोतों (hot springs), डैड सी (dead sea), द ग्रेट साल्ट लेक (The great salt lake) इत्यादि जगहों पर पाये जाते हे।
4. **हाईपरथर्मोफाइल्स (Hyperthermophiles)** : ये जीवाणु 80^{0}C से 105^{0}C से तक के उच्च तापमान को सहन कर सकते हैं।

8.3.6 आर्किया का वर्गीकरण (Classification of Archaea)

1977 से पहले जगत् प्रोकेरियोटा (Kingdom Prokaryota) केवल दो उपजगत (subkingdoms) आर्किबेक्टिरिया एवं बेक्टिरिया (archaebacteria and bacteria) में विभाजित था। 1977 में वोसे एवं फॉक्स (Woese and Fox) नामक वैज्ञानिकों ने 16S rRNA के डी.एन.ए. के न्युक्लियोटाईड अनुक्रम (nucleotide sequence) के अध्ययन के आधार पर यह सिद्ध किया कि आर्किबेक्टीरिया में जीवाणु एवं ससीम केन्द्रकीय (eukaryotic) जीवों के लक्षण पाये जाते हैं अत: उन्हें एक अलग और स्वतन्त्र जगत का दर्जा मिलना चाहिये। उनके अनुसार प्राणी जगत को तीन डोमेन (domain) में विभाजित करना चाहिये:

- **आर्किया (Archaea) :** जो पहले आर्किबैक्टिरिया के नाम से जाने जाते थे।
- **बैक्टिरिया (Bacteria) :** जिन्हे पहले यूबैक्टिरिया कहा जाता था।
- **यूकेरिया (Eukarya) :** ससीम केन्द्रकी जीव।

बर्गीज मेन्युअल (Bergeys Manual) के अनुसार आर्कीया को 5 समूहों में विभाजित किया गया है। ssRNA अध्ययन के अनुसार आर्किया को निम्नलिखित चार समूहों मे विभाजित किया गया है:



8.3.7 आर्किया का आर्थिक महत्व (Economic Importance of Archaea)

आर्किया के विकर (enzymes) उच्च तापमान को सहन कर सकते हैं इसलिये इनका औद्योगिक और वैज्ञानिक प्रक्रियाओं (industrial and scientific processes) में बहुत उपयोग किया जाता है। *थर्मस ऐक्वेटिकस (thermos aquaticus)* नामक जीवाणु से प्राप्त टॉक पॉलिमरेस (Taq polymerase) विकर पी.सी.आर (PCR) में काम आता हैं। आर्किया के विकर अपमार्जक (detergents) में मिलाये जाते हैं क्योंकि ये उच्च तापमान एवं pH पर भी सक्रिय (active) रहते हैं। इन्हें बायोलीचींग (bioleaching) में भी प्रयोग में लिया जाता है।

तालिका 8.4: आर्किया, बैक्टीरिया एवं यूकेरिया में भिन्नता एवं समानता (Difference and Similarities Between Archaea, Bacteria and Eukarya):

लक्षण	आर्किया	बैक्टीरिया	यूकेरिया
कोशिका भित्ति मे पेप्टाइडोग्लाइकन की उपस्थिति	अनुपस्थित	उपस्थित	अनुपस्थित
कोशिका झिल्ली लिपिड	ग्लीसरोल ईथर लिपिड	ग्लीसरोल-एस्टर लिपिड	ग्लीसरोल- एस्टर लिपिड
प्रोटीन संश्लेषण	टाटा बन्ध (TATA binding) प्रोटीन एवं TFIIB का ट्रांसक्रिप्शन में उपयोग	अनुपयोग	उपयोग
	मिथियोनिन (methionine) का इमीशियेटर tRNA की तरह उपयोग	फोरमाइलामिथियोनिन (formylmethonine) का उपयोग	मिथियोनिन का उपयोग
हिस्टोन प्रोटीन (histones proteins)	उपस्थित	अनुपस्थित	उपस्थित
डिफ्थीरिया टॉक्सिन (toxins) के प्रति संवेदनशीलता (sensitivity)	संवेदनशील (sensitive)	प्रतिरोधी (resistant)	संवेदनशील (sensitive)
क्लोरमफेनिकोल,	प्रतिरोधी (resistant)	संवेदनशील (sensitive)	प्रतिरोधी

इरिथ्रोमाईसिन एवं स्ट्रेप्टोमाइसिन के प्रति संवेदनशीलता			(resistant)
राइबोसोम्स (ribosomes)	70S	70S	80S
आनुवांशिक पदाथृ	डी.एन.ए., द्विरज्जुकी, एक अणु	डी.एन.ए., द्विरज्जुकी, एक अणु	डी.एन.ए., द्विरज्जुकी, एक से ज्यादा अणु
जीनोम (genome)	गोलाकार (circular)	गोलाकार (circular)	रेखीय (linear)
इन्ट्रोन्स (introns)	उपस्थित	अनुपस्थित	उपस्थित
प्लाज्मिड (plasmid)	उपस्थित	उपस्थित	अनुपस्थित
प्रतिकूल आवास मे रहने की क्षमता	उपस्थित	उपस्थित	विविधता
लैंगिक जनन	अनुपस्थित	अनुपस्थित	उपस्थित
कोशिका संरचना	एककोशिकीय असीम केन्द्रकी	एककोशिकीय असीम केन्द्रकी	एकबहु कोशिकीय ससीम केन्द्रकी
प्रकाश वर्णक (photopigment)	बैक्टीरियोरहोडोप्सिन (bacteriorhodopsin)	बैक्टीरियोक्लोरोफिल (bacterio chlorophyll) क्लोरोबियम (chlorobium)	क्लोरोफिल (chlorophyll)

8.3.8 बोध प्रश्न

1. आर्किबेक्टीरिया के महत्वपूर्ण सामान्य लक्षण लिखिये।
2. आर्किया में आनुवंशिक पदार्थ क्या होता है?
3. सबसे सूक्ष्म आर्किबेक्टीरिया पर एक टिप्पणी लिखिए।
4. आर्किया, बेक्टीरिया तथा यूकेरिया में चार तुलनात्मक विश्लेषण बताइये।
5. उपापचयी क्रियाओं के आधार पर आर्किया को कितने प्रकारों में बाँटा गया है?
6. बर्जीस मेन्यूअल के आधार पर आर्किया को कितने समूहों में बांटा गया है?

8.4 नील हरित जीवाणु (Cyanobacteria)

8.4.1 प्रस्तावना (Introduction)

नील हरित जीवाणु को पहले शैवाल वर्ग में रखा गया था एवं इन्हें नील हरित शैवाल (blue green algae) अथवा साइनोफाईटा (eyanophyta) के नाम से जाना जाता था।

8.4.2 सामान्य लक्षण (General Characters)

- दोनों ही नील-हरित जीवाणु एक कोशिकीय एवं तन्तुमय रूपों में पाए जाते हैं।

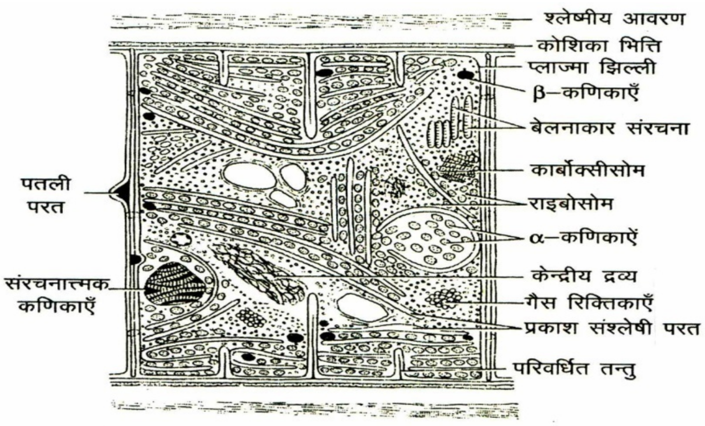
- इनकी कोशिका भित्ति ग्राम निगेटिव प्रकार की होती है, यद्यपि कुछ नील-हरित जीवाणु ग्राम पॉजिटिव जीवाणु से दूरस्थ जातिवृत्तीय सम्बन्ध रखते है।
- ये अक्सर अचल होते हैं लेकिन कुछ नील हरित जीवाणु विसर्पी (creeping) या घूर्णन गति (rotation movement) प्रदर्शित करते हैं।
- ये प्रकाश संश्लेषी (photosynthetic pigments) वर्णक युक्त होते हैं जो थैलेनुमा एकल झिल्लीबद्ध थाइलेकॉइड (sac like unit membrane bound thylakoid) में पाये जाते हैं। इसमें पाये जाने वाले प्राथमिक वर्णक है: क्लोरोफिल- α एवं कैरोटिनॉइडस और सहायक वर्णक (accessory pigments) है: फाइकोबिलिन्स (phycobillins), सी-फाइकोसायनिन (C-phycocyanin) (नीला वर्णक) और सी-फाइकोइरिथ्रीन (C-phycoerythrin) (लाल वर्णक)।
- सहायक वर्णक प्रकाश की उन तरंगदैर्ध्यों को अवशोषित करते है जो कि क्लोरोफिल व कैरोटिनॉइडस द्वारा अवशोषित नहीं होती हैं।
- इनमे भोजन का संग्रहण ग्लाइकोजन के रूप में होता है।
- जैवरासायनिक रूप से, नील-हरित जीवाणु लाल शैवाल के हरितलवकों के समान होते हैं।
- ये मुख्यतया कायिक विधियों द्वारा जनन करते हैं। ये खण्डों में टूट जाते हैं जिन्हे हार्मोगोनिया कहा जाता है जो विलग होकर नये निवहों में विकसित हो जाते हैं। कुछ जातियाँ बीजाणुओं का निर्माण करती है जिन्हें एकाइनीट (akinete) कहा जाता है, जो कार्यात्मक रूप से जीवाण्वीय अन्त:बीजाणुओं (endospores) के समजात होते हैं। एकाइनीट ऊष्मा (heat), हिमांक बिन्दु (freezing point) पर और शुष्कावस्था (dehydrated stage) के प्रति रोधी होते हैं और प्रतिकूल वातावरणीय परिस्थितियों में जीवित रहते हैं।
- प्लावक (floating) नील-हरित जीवाणु गैस पुटिका युक्त होते हैं जो उन्हें प्लवन में सहायता देती हैं।
- नील-हरित जीवाणु कुछ यौगिकों का निर्माण करते हैं जिन्हें जिओस्मीन (geosmins) कहा जाता है। ये जल की दुर्गन्ध एवं स्वाद हेतु उत्तरदायी होते हैं।
- नील-हरित जीवाणु जल में रंगीन ब्लूम (water colour bloom) बनाते हैं। कोशिकाओं व ब्लूम का रंग कोशिकाओं के चारों और उपस्थित श्लेष्मीय आवरण में उपस्थित वर्णकों के कारण होता है।
- विभिन्न जातियों में आवरण का रंग अलग-अलग जैसे पीला, भूरा, लाल, हरा, नीला, बैंगनी और नीला-काला होता है।
- कुछ नील हरित जीवाणु वातावरणीय नाइट्रोजन का स्थिरीकरण (nitrogen fixation) करते है।
- N_2 स्थिरीकरण अक्सर हैटेरोसिस्ट (heterocyst) में होता है, जो विशेषीकृत (slecialized), दीर्घित कोशिकाएँ (elongated cells) होती है एवं तन्तु की सम्पूर्ण लम्बाई में जगह-जगह पर या तन्तु के सिरे पर वितरित होती है।
- हैटेरोसिस्ट में बहुत सुक्ष्म मात्रा में फाइकोबिलिन वर्णक (phycolilin pigment) तथा केवल प्रकाश-संश्लेषी तंत्र I (pjotosystem I) पाया जाता है।
- कुछ नील-हरित जीवाणु लिवरवर्ट्स (liverworts), फर्नस (ferns), साइकेड्स (cycades), कशाभिकीय प्रोटोजोआ (flagella protozoans) और शैवाल (algae) के साथ सहजीवी

(symbiotic) सम्बन्ध बनाते हैं। ये अक्सर यूकेरियोटिक कोशिकाओं के अन्त: सहजीवी के रूप में पाए जाते है। उदाहरण: जलीय फर्न *एजोला (Azolla)* के साथ, *एनाबीना (Anabaena)* की एक जाति, लाइकेन (lichens) में कवक एवं *नॉस्टॉक (Nostoc)*, एनाबीना एवं प्रावलाभ मूल (mycorhiza) में, *साइकेडस (cycades)* की जड़े एवं नील हरित शैवाल *एनाबिना साइकेड़ी (Anabaena cycadeae)*। प्लावक नील-हरित जीवाणु "प्राथमिक उत्पादक (primary consumers)" के रूप में कार्य करते हैं और समुद्री वातावरण की खाद्य श्रृंखला के आधार है। ये पृथ्वी के ऑक्सीय वातावरण हेतु भी उत्तरदायी होते हैं।

8.4.3 साइनोबैक्टिरिया की कोशिका संरचना (Structure of Cyanobacterial Cell)

नील हरित जीवाणु/शैवाल में प्रोकेरियोटिक प्रकार का कोशिका संगठन होता है। कोशिका में संगठित केन्द्रक, क्रोमेटोफोर व माइटोकॉन्ड्रिया का अभाव होता है। कोशिका द्रव्य साइक्लोसिस (cyclosis) या प्रवाही गति प्रदर्शित नहीं करता (चित्र 8.19)। कोशिका या तन्तु एक श्लेष्मीय आवरण से आवरित रहता है। निवही रूपों (colonial forms) में कोशिकाएँ श्लेष्मकीय आधात्री से घिरी होती है। कोशिका भित्ति बहुस्तरीय संरचना होती है तथा चार परतों (L_1 L_2 L_3 L_4) की बनी होती है। प्रत्येक परत 10nm मोटी तथा प्लाज्मोडेस्मेटा (plasmodesmata) से संबद्ध होती है। इसमें छिद्र होते हैं जिससे श्लेष्म स्त्रावित होता है। कोशिका भित्ति की परत ग्लूकोपॉलीमर (glucopolymer) की बनी होती है जो तीन अमीनों अम्लो डाइअमीनोपाइमेलिक अम्ल (diaaminopimelic acid), ग्लूटेमिक अम्ल (glutamic acid) और एलानिन (alanine) तथा दो अमीनों शर्कराओं:ग्लूकोसामीन एवं म्यूरैमिक अम्ल (glucosamine and muramic acid) की बनी होती है तथा इनका अनुपात 1:1:1:2 होता है। यह ग्राम निगेटिव जीवाणु की कोशिका भित्ति के समान होती है।

कोशिका झिल्ली प्रारूपिक रूप से 75 Å मोटी इकाई झिल्ली होती है। कुछ स्थानों पर कोशिका झिल्ली अर्न्तवलित होकर मीजोसोम्स का निर्माण करती है। कोशिका द्रव्य में दो क्षेत्र पाए जाते है। क्रोमोप्लाज्म (chromoplasm) तथा भीतर रंगहीन सेन्ट्रोप्लाज्म (centroplasm) क्षेत्र होता है।



चित्र 8.19 प्रारूपिक साइनोफाइसी कोशिका की परासंरचना

थाइलेकॉइड (thylakoid) एक चपटी, नलिकानुमा संरचना के रूप में पाया जाता है जो परिधीय (peripheral), समानान्तर (parallel) या संकेन्द्री (concentric) हो सकता है। प्रकाशसंश्लेषी वर्णक लैमिली (lamallae) में उपस्थित होते हैं। कोशिका में महत्वपूर्ण प्रकाश संश्लेषी वर्णक क्लोरोफिल-a (chlorophyll-a), जल में विलेय रंगीन c-फायकोसाइनिन (c-phycocyanin) तथा लाल रंग के c-फायकोइरिथ्रिन (c-phycoerythrin) होते हैं। दो एलोफायकोसाइनिन (allophycocyanin), कैरोटिन (carotine) और मिक्सोजैन्थोफिल (myxoxanthophyll) भी निर्मित होते है एवं लैमिलर झिल्ली से सबद्ध सूक्ष्म संरचनाओं जिन्हें फायकोबिलिसोम्स (phycobilisomes) कहते हैं के भीतर पाए जाते हैं।

कोशिकीय समावेशन (inclusions) इस प्रकार है:-

- **ग्लाइकोजन या α-कण (Glycogen or α-particles):** ये जीव प्रकाश संश्लेषी उत्पादों को अधिक से अधिक संग्रहित करते हैं जिसका प्रकाश या कार्बनडाइऑक्साइड की अनुपस्थिति में उपयोग किया जाता है। इसे साइनोफायसियिन स्टार्च भी कहा जाता है।
- **साइनोफायसियन कण (Cyanophycean granules):** ये कण एस्पार्टिक अम्ल (aspartic acid) एवं एरायमिन (arymine) के बने होते हैं जो नाइट्रोजन की अधिकता वाली स्थिति में पाए जाते हैं।
- **कार्बोक्सीसोम (Carboxysomes):** ये बहु फलनकाय संरचनाएँ होती हैं जो राइबुलोस 1, 5-बाइफॉस्फेट कार्बोक्सीलेस (Ribulose 1, 5-biphosphate carboxylase or RUBP carboxylase) किण्वक को संग्रहित करती है।
- **फॉस्सेट काय (Phosphate bodies):** फॉस्फेट समृद्ध वातावरण (phosphate rich environment) में उच्च अणुभार (high molecular weight) रेखीय (linear) पॉलीफॉस्फेटस (polyphosphates) समूह एकत्रित होकर वर्तुलाकार (spherical) पॉलीफॉस्फेट कणों (polyphosphate granules), वॉल्युटिन कणों (volutin granules) अथवा मेटाक्रोमेटिक कणों (metachromatic granules) का निर्माण करते हैं। ये फॉस्फेट को संग्रहित करते हैं जिसकों उपयोग फॉस्फेट की कमी के समय किया जाता है।
- **गैस रिक्तिकाएँ (Gas vacuoles):** आभारी रिक्तिकाएँ जो *पॉलीसिस्टिस (Polycystis)* एवं *एनाबीना (Anabaena)* में पाई जाती है।

सेण्ट्रोप्लाज्म रंगहीन होता है। इसमें निम्न समावेश (inclusions) पाए जाते है:-

1. **राइबोसोम्स (Ribosomes) :** 70S प्रकार के होते है।
2. **केन्द्रकीय पदार्थ या जीनोम (Nuclear material or genome) :** केन्द्रक आदिम (primitive) प्रकार का होता है। इसमें केन्द्रकीय झिल्ली (nuclear membrane), केन्द्रक द्रव्य (nucleoplasm) आदि का अभाव होता है। आनुवंशिक पदार्थ नग्न डी.एन.ए. (naked DNA) का बना होता है जो केन्द्रीय क्षेत्र में वितरित होता है। DNA क्षार संगठन (DNA base composition) के आधार पर जीनोम को निम्नलिखित प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है:-
   - क्रुकोसिएलिएन (Chroococealean):- (35-71 मोल्स % G+C)
   - ऑसिलेटीरियन (Oscillatorian):- (40-67 मोल्स % G+C)

- प्लूरोकैप्सेलिएन (Plurocapsalean):- (39-47 मोल्स % G+C)
- हैटेरोसिस्टस (Heterocystous):- (38-47 मोल्स % G+C)

डी.एन.ए. का अणुभार (molecular weight) 22 से $7.4x10^9$ डाल्टन होता है। आकार (size) लगभग 2.2। से $2.47x10^9$ डाल्टन होता है जो *ई. कोलाई (E. Coli)* के डी.एन.ए. के तुलनात्मक होता है। कुछ नील-हरित जीवाणुओं में सहसंयोजी बन्ध (covalent bond) से बन्धित बन्द वलयाकार डी.एन.ए. (closed circular DNA) होता है जिसका संगठन एवं कार्य अज्ञात है। इन्हे सम्भवत: क्रिप्टिक प्लाज्मिड (cryptic plasmids) कहा जाता है।

8.4.4 आवास (Habitat)

मुख्यतया स्वच्छ जल में पाये जाते हैं तथा पादप प्लवकों (phytoplanktons) और जल ब्लूम के प्राथमिक घटक हैं। कठोर जल वाली झीलों, नालियों तथा नम स्थानों जिसमें अपघटित कार्बनिक पदार्थ होते हैं उनमें नील-हरित जीवाणु प्रचुरता से पाए जाते हैं। कभी-कभी एक या दो जातियाँ अत्यधिक वृद्धि प्रदर्शित करती है तथा जल को एक विशेष रंग रूप प्रदान करती है। इस प्रक्रिया को 'water bloom' के नाम से जाता है। सामान्य ब्लूम जातियाँ *माइक्रोसिस्टिस (Microcystis), एनाबीना (Anabaena), ऑसिलेटोरिया (Oscillatoria), एनाबीनोप्सिस (Anabanopesis), आथ्रोस्पाइरा (Arthrospira), स्पाइरूलिना (Spirulina)* इत्यादि है। *ट्राइकोडेस्मियम इरिथ्रियम (Trichodesmium erythraeum)* एक लाल रंग की जाति है जो लाल सागर (Red sea) को लाल रंग प्रदान करती है जिससे इसका नाम लाल सागर पड़ा। समुद्री जातियाँ कैमीसाइफोनेल्स (Chamaesiphonales) और प्लूरोकैप्सेल्स (Pleurocapsales) से सम्बन्धित होता है। *डर्मोकार्पा प्रैजीना (Dermocarpa prasina)* अधिपादप या समुद्री शैवाल पर अधिपादप (epiphyte) के रूप में पाया जाता है। कुछ जातियाँ उच्च तापमान को सहन कर सकती है तथा गर्म सल्फर झरनों में पाई जाती है, इन्हें थर्मल शैवाल (thermal algae) कहा जाता है। कुछ जातियाँ बहुत कम तापमान को सहन कर सकती है उदाहरणार्थ- *फॉरमिडियम (Phormidium)* जो अण्टार्कटिका में पाया गया है। *एनाबीनिओलम (Anabaeniolum)* और *ऑसिलोस्पाइरा (Oscillospira)* मनुष्य और जन्तुओं की आंत्र में परजीवी होती है। वृहद् प्रकार के आवासों हेतु निम्न कारक उत्तरदायी होते है:-

a. अत्यधिक प्रतिरोधी प्रकृति (Extremely resistant nature)
b. नाइट्रोजन स्थिरीकरण क्षमता (Nitrogen fixation capacity)
c. सहजीवी सम्बन्ध निर्मित करने की क्षमता (Symbiotic association)
d. जिलेटिनीकृत आवरण (Gelatinous sheath) की उपस्थिति जो इसे सूखने (dessication) से बचाती है।
e. जीवद्रव्य में प्रोटीन अणुओं की सघनता (Compactness)।

थैलस विस्तार (Thallus range) : थैलस विभिन्न रूपों में पाया जाता है:-

a. **एककोशिकीय रूप (Unicellular forms):** यह रूप वर्तुलाकार (spherical0) या अण्डाकार (oval) हो सकता है। उदाहरणार्थ: क्रूकोकस (Chroococus), सिनेकोकोकस (Synechococcus), एनासिस्टिस (Anacystis) इत्यादि।

b. **निवही रूप (Colonial forms):** इस रूप में अक्सर कोशिकाएं जिलेटिनीकृत आधात्री में पाई जाती है तथा निवह दो रूपों में पाया जा सकता है:

➢ **अतन्तुकीय (Non-filamentous):** यह रूप घनाकार (cubical), अण्डाकार (oval), वर्तुलाकार (spherical), वर्गाकार (square), अनियमित (irregular) इत्यादि प्रकार का हो सकता है। आकृति विभाजन के तल और इसकी दिशा पर निर्भर करती है। उदाहरणार्थ: *गोमफोस्फैयरा (Gomphosphaera)* → खोखली, सिनोबिनयल निवह। *यूकेप्सिस एल्पाइना (Eucapsis alphina)* → कोशिकाओं की चपटी तश्तरी।

➢ **तन्तुकीय निवह (Filamentous colonies):** यदि विभाजन लगातार एक ही तल व दिशा में होता रहता है तो यह एक आवरित तन्तु का निर्माण करता है जिसे ट्राइकोम (trichome) कहते है। ट्राइकोम अक्सर सीधा होता है तथा शाखित या अशाखित हो सकता है। उदाहरणार्थ: *आथ्रोस्पाइरा (Arthrospira), स्पाइरूलिना (Spirulina)* → वर्तुलाकार कुण्डलित (spirally coiled) तथा अशाखित (unbranched)।

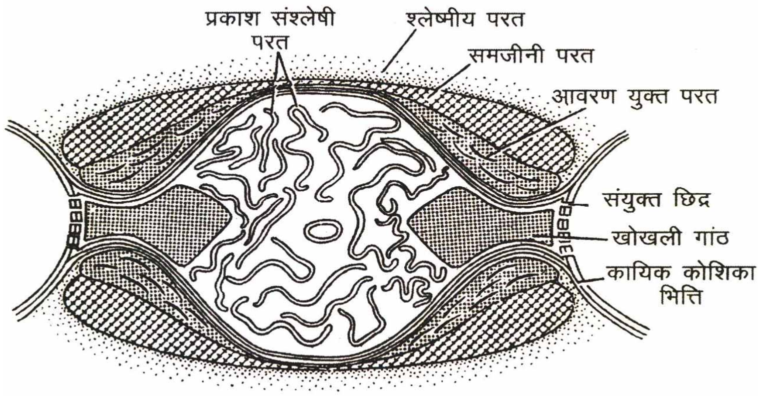
ऑसिलेटोरिया (Oscillatoria), लिंग्ब्या (Lyngbya) → सीधा एवं एकाकी तथा अशाखित तन्तु।

➢ **हैटेरोसिस्ट (Heterocysts):** हैटेरोसिस्ट एक विशेष प्रकार की संरचना है जो नॉस्टोकेल्स (Nostocales) और स्टाइगोनिमेटेल्स (Stigonematales) द्वारा निर्मित होती है परन्तु ऑसिलेटोरिएसी (Oscillatoriaceae) द्वारा नहीं। हैटेरोसिस्ट कायिक कोशिका से लम्बी, मोटी भित्ति युक्त तथा धुंधले पीले (pale yellow) रंग की होती है। यह मोटे आवरण से घिरी रहती है जो द्विस्तरीय होता है। बाह्य परत पेक्टिन एवं आन्तरिक परत सेल्यूलोस की बनी होती है। कोशिका द्रव्य ध्रुवीय छिद्रों द्वारा निरन्तरता (continuity) का अनुरक्षण (maintain) करता है। ये छिद्र बाद में बटन के समान प्लग द्वारा बन्द हो जाते है; जिन्हें ध्रुवीय ग्रन्थियाँ (Polar nodules) कहा जाता है। कोशिका भित्ति ध्रुवीय क्षेत्रों के समीप अपेक्षाकृत मोटी होती है तथा कोशिकाद्रव्यी पदार्थ संमागी होता है। थाइलेकॉइड (thylakoid) उपस्थित तथा राइबोसोम संख्या में कम होते है, अन्य कोशिकीय समावेशन (cell inclusion) अनुपस्थित होते हैं DNA उपस्थित होता है। क्लोरोफिल-a, एलोफायकोसायनिन (allophycocyanin) और c-फायकोसायनिन जो की सूक्ष्म तरंगदैर्ध्यी वर्णक है, अनुपस्थित या बहुत सूक्ष्म मात्रा में उपस्थित होते है। लम्बी तरंगदेर्ध्य वाले वर्णक जैसे क्लोरोफिल-a का दीर्घित तरंगदैर्ध्यी रूप तथा कैरोटिनॉइड उपस्थित होते हैं। हैटेरोसिस्ट वर्णकों (pigments) की कम सान्द्रता या अनुपस्थिति होने से रिक्त चक्रिका (empty disc) के रूप में प्रतीत होती है (चित्र 8.20)। स्थिति (position) के आधार पर हैटेरोसिस्ट को निम्नलिखित प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है:-

a. **अन्तर्वेशी (Intercalary):** यह कायिक कोशिकाओं के बीच नियमित अन्तरालों पर पाई जाती है तथा दो ध्रुवीय ग्रन्थियों युक्त होती है।

b. **अन्तस्थ (Terminal):** यह अन्तिम सिरे पर पाई जाती है तथा एक ध्रुवीय ग्रन्थि युक्त होती है। यह निम्न प्रकार की होती है:-

- **आधारीय (Basal):** *ग्लिओट्राइकिया (Gloeotrichia), रिवुलेरिया (Rivularia)*
- **पार्श्वीय एवं अवृन्तीय (Lateral and sessile):** *नॉस्टोकोप्सिस* (Nostocopsis) → इसमें हटेरोसिस्ट सत्य पार्श्वीय शाखा (true lateral branch) पर अन्तस्थ रूप से पाई जाती है।
- **पार्श्वीय एवं वृन्तीय (Lateral and pedicellate):** अन्तस्थ उदाहरणार्थ- *स्टाइगोनिमा (Sitgonema)*



चित्र 8.20 परिवर्धित हेटेरोसिस्ट की संरचना

- **हैटेरोसिस्ट के कार्य (Functions of Heterocyst)**
  1. ये बीजाणुनुमा संरचना होती है।
  2. भोजन संग्रहण हेतु भण्डारगृह के रूप में कार्य करती है।
  3. किण्वकों का भण्डार गृह है।
  4. हॉर्मोगोनिया के पृथक्करण में सहायक होती है।
  5. वृद्धि एवं विभाजन को प्रेरित करती है।
  6. अवशेषी बीजाणु है।
  7. उन पदार्थों का स्त्रवण करती है जो परिवर्धन में सहायक हैं।
  8. ये नाइट्रोजन स्थिरीकरण का मुख्य स्थल हैं तथा किण्वक नाइट्रोजिनेज रखते है।
  9. हैटेरोसिस्ट नाइट्रोजन के पुर्नचक्रण, अल्पव्यव में तथा नाइट्रोजन की कमी युक्त परिस्थितियों में अस्तित्व को संभव बनाती है।
  10. *नॉस्टॉक कम्यून (Nostoc commune), टॉलीपोथ्रिक्स एलीकिनाई (Tolypothrix elekinii)* इत्यादि में यह वृद्धि कर नये तन्तु का निर्माण करती है।

8.4.5 साइनोबेक्टिरिया का वर्गीकरण (Classification of Cyanobacteria)

प्रारम्भ में नील हरित जीवाणु को शैवाल के साथ रखा गया तथा उन्हे मिक्सोफाइसी या सायनोफाइसी कहा गया। फ्रिश (fristsch) ने नील-हरित जीवाणुओं को 5 गुणों व 2 वर्गो में विभक्त किया।

मिक्सोफायसी (fristch, 1945)				
वर्ग A होंर्मोगोन अनुपस्थित (Absence of harmogones)			वर्ग B होंर्मोगोन उपस्थित (Presence of hormogones)	
क्रूकोकेल्स hroococales) एककोशिकीय, निवही, ल्मेलॉइड, अन्तः बीजाणुओं का निर्माण। उदाहरण: क्रूकोकस (Chroococcus)	(Chaemosiphonales) कीमोसाइफोनेल्स एककोशिकीय, निवही, आधी या शैलकोद्भिद, बाहय या अन्तः बीजाणुओं का निर्माण करते हैं। उदाहरण: प्लूरोकेप्सा (pleurocapsa)	प्लूरोकैप्सेल्स (Pleurocapsales) विषमतन्तुकीय जो अन्तः बीजाणुओं का निर्माण करते है। उदाहरण : प्लूरोकेप्सा (pleurocapsa)	नोस्टोकेल्स (Nostocales) तन्तुमय, आभासी शाखन, हैटेरोसिस्ट उपस्थित, जनन होंर्मोगोनिया और एकाइनीट द्वारा उदाहरण : नोंस्टॉक (Nostock)	स्टाइगोनीमेटेल्स (Stigonematales) विशमतन्तुकीय, सत्य शाखन, उपस्थित एवं जनन होंर्मोगोनिया एकाइनीट और होमोसिस्ट द्वारा उदाहरण : स्टाइगोनिमा (stigonema)

नील हरित जीवाणु का वर्गीकरण (Ripka, 1979)

खण्ड I	**खण्ड II**	**खण्ड III**	**खण्ड IV**	**खण्ड V**
एककोशिकीय/निवही जनन द्विविखण्डन और मुकूलन द्वारा उदाहरण: *ग्लोइओकैप्सा (Gleocapsa), कीमोसाइफन (Chaemosiphon)*	एककोशिकीय/निवही तथा बहु गुणित विखण्डन द्वारा गुणित होते है। उदाहरण: *डर्मोकार्पा (Dermocarpa), जीनोकोकस (Xenococcus)*	तन्तुमय हॉर्मोगोनिया का निर्माण करते है। उदाहरण: *ऑसिलेटोरिया (Oscillatoria), स्पाइरूलिना (Spirulina)*	तन्तुमय हैटेरोसिस्ट युक्त, आभासी शाखन, हॉर्मोगोनिया व एकाइनीट की उपस्थिति। उदाहरण: *नॉस्टॉक (Nostoc), एनाबीना (Anabaena)*	तन्तुमय सत्य शाखन, हॉर्मोगोनिया, हैटेरोसिस्ट, एकाइनीट, हॉर्मोसिस्ट्स उपस्थिति। उदाहरण: *फिश्चेरिला (Fischerella), मेस्टीगोक्लेडस (Mastigocladus)*

8.4.6 साइनोबेक्टिरिया का जनन (Cyanobacterial Reproduction)

नील-हरित जीवाणु कायिक विधियों जैसे विखण्डन (fission) और द्विविखण्डन (binary fission) द्वारा जनन करते हैं। कभी-कभी कुछ विशेष संरचनाएँ भी बनती है जो जनन हेतु उत्तरदायी होती हैं जैसे:

1. **हार्मोगोन्स (Hormogones):** ये तन्तु के छोटे टुकडे होते हैं तथा अनेक तरीकों से निर्मित होते हैं:
   - **साधारण विखण्डन द्वारा:** उदाहरणार्थ- *ऑसिलेटोरिया (Oscillatoria), सिलिन्ड्रोस्पर्मम (Cylindererospermum)*।
   - **छोटी शाखाओं में विभाजन द्वारा:** उदाहरणार्थ - *फिश्चेरेलोप्सिस (Fischerellopsis)*।
   - **पृथक्कृत चक्रिकाओं (Separation discs) के निर्माण द्वारा:** प्रत्येक 3-4 कोशिकाओं के बाद, एक जिलेटिनी चक्रिका (disc) निर्मित होती है। यह जल अवशोषित कर फूल जाती है। चक्रिका (disc) के लगातार पतन से तन्तु (filament) कुछ छोटे खण्डों या हार्मोगोन्स में टूट जाता है। उदाहरणार्थ: *ऑसिलेटोरिया (Oscillatoria), फॉरमिडियम (Phormidium)*।

2. **एकाइनीट (Akinetes):** ये वर्तुलाकार (spherical) या अण्डाकार (oval) विश्रामावस्था (resting bodies) होती है जो साइनोफायसियन कणों (cyanophycean granules) के कारण भूरी प्रतीत होती है। ये एकाकी या श्रृंखला के रूप में हो सकती है। किन्हीं जातियों में इसकी स्थिति भिन्न होती है। उदाहरण: *ग्लिओट्रिकीया (Gleotrichia)* में एकाइनीट हैटेरोसिस्ट से संलग्न होता है। *नॉस्टॉक (Nostoc)* में एकाइनीट हैटेरोसिस्ट से कुछ कोशिका दूर होता है। ये प्रतिकूल परिस्थितियों में बनते हैं। कायिक कोशिकाएँ दीर्घित (enlarge) होती है; खाद्य पदार्थ संग्रहित करती है तथा मोटी भित्ति का निर्माण करती है। विश्राम अवधि के बाद ये अंकुरित होकर नये तन्तु का निर्माण करते हैं।

3. **अन्त:बीजागु, बाहयय बीजाणु और नैनोसिस्ट (Endospore, exospores and nannocyst):** अतन्तुकीय (nonfilamentous) साइनोबैक्टीरिया जैसे- *कैमीसाइफन (Chamaesiphon)* अपने स्वतंत्र सिरे से मुकुलनुमा संरचना (bud like structure) के निर्माण द्वारा जनन करते हैं। इन्हें बाहमबीजाणु (exospores) कहा जाता है। जीवद्रव्य का आन्तरिक भाग खण्डित होकर अन्त: बीजाणुओं का निर्माण करता है जो मुक्त होते हैं और नये तन्तुओं का निर्माण करते है। उदाहरणार्थ: *डर्मोकार्पा)Dermocarpa(*, *नैनोसिस्ट्स (Nanocysts)* अन्त: बीजाणु के निर्माण के समान तरीके से बनते है। लेकिन उनमें कोशिकाओं का दीर्घण (enlargement) नहीं होता है। उदाहरणार्थ: *माइक्रोसिस्टिस (Microcystis)*।

4. **हॉर्मोस्पोर (Hormospores) द्वारा:** रूपान्तरित हॉर्मोन्स को हॉर्मोस्पोर कहते हैं। इन्हें हॉर्मोसिस्ट (hormocysts) या स्यूडोहॉर्मोगोनिया (pseudohormogonia) के नाम से भी जाना जाता है। ये तन्तु के सिरे से निर्मित होते है। सिरे पर कोशिकाओं के छोटे खण्ड मोटे वर्णकीय आवरण से आवरित रहते हैं। अत: ये संरचनाएँ बहुकोशिकीय बीजाणु के समान चिरकालिक संरचनाएँ होती हैं। उदाहरणार्थ- *वैस्टीएला (Wastiella)*।

5. **प्लैनोकोकाई (Planococci):** एककोशिकीय हॉमोगोन्स जो विसर्पी गति (creeping movement) प्रदर्शित करते हैं। उदाहरणार्थ- *डेस्मोसाइफन (Desmosiphon)*।

6. **पाल्मेलॉइड अवस्था (Palmelloid stage):** *एनाबीना (Anabaena)* में कोशिकाएँ पृथक्करण के पश्चात् जिलेटिनीकृत आधात्री (gelatinous matrix) में समावेशित हो जाती है।

- **लैंगिक जनन (Sexual reproduction):**

इन प्राणियों में लैंगिक जनन अनुपस्थित होता है। जननांगों का निर्माण नहीं होता परन्तु फिर भी आनुवंशिक पुनर्योजन (genetic recombination) निम्न विधियों द्वारा देखा गया है:-

1. **रूपान्तरण (Transformation) द्वारा:** यह *एग्मेनेलम क्वाड्रप्लीकेटम (Agmenellum quadruplicatum)* में देखा गया है।
2. **पारक्रमण (Transduction) द्वारा:** यद्यपि सायनोफेज (LPP-17, SM-1, N-1 इत्यादि) का अस्तित्व है परन्तु पारक्रमण को नहीं देखा गया है।
3. **संयुग्मन (Conjugation) द्वारा:** कुमार और वेदा द्वारा 1954 में संयुग्मकों (conjugants) के निर्माण को एनासिस्टिस नाइडूलैंस (Anacystis nidulans) में देखा गया है।

8.4.7 साइनोबेक्टिरिया में पोषण (Nutrition in Cyanobacteria)

सभी नील-हरित जीवाणुओं में प्रकाशसंश्लेषी उपकरण (photosynthetic apparatus) पाया जाता है तथा ये जीवाणु अपना भोजन स्वयं बनाने में सक्षम होते हैं। ये ऑक्सीजन निर्मुक्ति (oxygen evolving) प्रकार का प्रकाश-संश्लेषण (photosynthesis) अर्थात्- ऑक्सीजनित प्रकाश संश्लेषण (oxygenic photosynthesis) प्रदर्शित करते हैं तथा अविकल्पी प्रकाशस्वपोषी (photoautotrophs) होते हैं। इनमें क्लोरोफिल a और फायकोसायनिन (phycocyanin) होता है। फायकोसायनिन नील-हरित जीवाणुओं को सीमित प्रकाश परिस्थितियों (limited light conditions) में प्रकाशसंश्लेषण करने योग्य बनाता है और यह हरा, लाल या नारंगी और पीला तरंग दैर्ध्य का प्रकाश अवशोषित करते है। प्रकाशसंश्लेषी उत्पाद (photosynthetic product) शर्करा और ग्लाइकोजन होते है।

नाइट्रोजनीय पदार्थ न्यूक्लिओप्रोटीन (nucleoprotein), एल्बूमेन (albumen) इत्यादि के रूप में उपस्थित होते हैं। संग्रहित भोजन के रूप में वसा बूंदें (oil droplets) और सायनोफायसियन कण (cyanophycean granules) उपस्थित होते हैं।

8.4.8 साइनोबेक्टिरिया का चलन (Locomotion of Cyanobacteria)

नील-हरित जीवाणुओं में गतिशील संरचनाएँ पूर्णतया अनुपस्थित होती हैं अधिकांश जातियाँ विसरण (gliding), विसर्पी (creeping) या घूर्णन गति (rotator movement) प्रदर्शित करती हैं।

8.4.9 साइनोबेक्टिरिया में जीवाणुओं से समानता (Similarities Between Cyanobacteria and Bacteria)

- प्रोकेरियोटिक कोशिका संरचना तथा चल बीजाणुओं की अनुपस्थिति।

- कोशिका भित्ति (cell wall) में म्यूकोपॉलीमर (mucopolymer) की उपस्थिति।
- जिलेटिनीकृत आवरण (gelatinous sheath) की उपस्थिति।
- नाइट्रोजन स्थिरीकरण (nitrogen fixation) की क्षमता।
- जनन विखण्डन या बीजाणुओं द्वारा।
- लैंगिक जनन की अनुपस्थिति।
- आनुवंशिक पुनर्योजन (genetic recombination) की उपस्थिति।
- विशेष प्रकाशसंश्लेषी वर्णकों (photosynthetic pigments) की उपस्थिति।
- शुष्कावस्था (dessication) को सहन करने की क्षमता।
- सल्फरमय वातावरण में वृद्धि करने की क्षमता ।
- सम्भवतः सबसे पहले जीव ।
- समान कार्यिकी (equal physiology)।
- मृतोवजीवी (saprophytic) रूप में रहने की क्षमता।

8.4.10 साइनोबेक्टिरिया एवं शैवाल में समानता (Similarities BetweenCyanobacteria and Algae)

1. फायकोबिलिन्स (phycobillins) (फायकोसायनिन और फायकोइरिथ्रिन) की उपस्थिति।
2. फ्लोरिडियन और सायनोफाइसियन स्टार्च (floridean and cyanophycean starch) में समानता।
3. लिनोलिक एवं α-लिनोलिक अम्ल (linoleic and α-linolic acid) की उपस्थिति।
4. मुख्य सेल्यूलोस घटक लिनोलिक अम्ल सेल्यूलोस (cellulose component) जाइलन (xylans) होते हैं।
5. एककोशिकीय, तन्तुमय रूपों व आभासी शाखाओं (false branches) की उपस्थिति।
6. अर्न्तग्रन्धित (interconnecting) भित्ति छिद्रों (wall pores) की उपस्थिति।

8.4.11 साइनोबेक्टिरिया एवं शैवाल मे भिन्नता (Difference Between Cyanobacteria and Algae)

1. सत्य केन्द्रक (true nucleus) की अनुपस्थिति तथा भित्ति आवरित (wall bound) कोशिकांगों (cell organelles) की अनुपस्थिति।
2. कोशिका भित्ति में सेल्युलोज (cellulose) की अनुपस्थिति।
3. लैंगिक जनन की अनुपस्थिति।

8.4.12 नील-हरित जीवाणुओं का आर्थिक महत्व (Economic Importance of Cyanobacteria)

1. नाइट्रोजन स्थिरीकरण (N_2 fixation) में सहायक: उदाहरण: *नॉस्टॉक (Nostoc), एनाबीना (Anabaena), सिलिन्ड्रोस्पर्मम (Cylindrospermum), कैलोथ्रिक्स (Calothrix), टॉलीयोथ्रिक्स (Tolypothrix)* इत्यादि ।

2. क्षारीय भूमि के पुर्नग्रहण में सहायक (help in reclaimation of alkaline lands): नॉस्टॉक (Nostoc), साइटोनिमा (Scytonema) इत्यादि की क्षारीय मृदा पर वृद्धि एक मोटी परत का निर्माण करती है। निरन्तर रूप से होने वाली वृद्धि मृदा का pH कम कर देती है।
3. मृत्यु एवं क्षय द्वारा मृदा में कार्बनिक पदार्थो को मिलाने में सहायक जिससे मृदा की उर्वरता में वृद्धि होती है।
4. मछलियों हेतु भोजन के रूप में: उदाहरणार्थ: *ऑसिलेटोरिया (Oscillatoria), स्पाइरूलिना (Spirulina), एनाबीना (Anabaena), माइक्रोसिस्टिस (Microcystis)*।
5. जल में ब्लूम का कारण जिससे जल के O_2 के स्तर (oxygen level) में गिरावट आती है।
6. पीने योग्य जल का संदूषण (contamination): नील-हरित जीवाणु जल को दुर्गन्धित बनाते हैं तथा इनके रंग व स्वाद को भी विपरीत कर देते हैं।
7. विषैली जातियाँ मवेशियों एवं मछलियों में मृत्यु का कारण होती है। उदाहरणार्थ: *एफैनीजोमेनन (Aphanizomonon), एनाबीना जाति (Anabaena sp.), माइक्रोसिस्टिस जाति (Microcystis sp.)* यह माना जाता है कि *माइक्रोसिस्टिस* में एक तंत्रिकाविष (neurotoxin) होता है।
8. नील-हरित जीवाणु दुर्गन्ध उत्पन्न करते हैं और लवण को गुलावी रस्ट लाल रंग (pink rust red colour) प्रदान करते हैं जिससे लवण निर्माण बन्द हो जाता है।

नील हरित जीवाणुओं का नियंत्रण (control) कॉपर सल्फेट और सोडियम आर्सिनेट के द्वारा किया जा सकता है।

8.4.13 बोध प्रश्न

1. नील हरित जीवाणुओं की कोशिका मे कौनसे वर्णक पाए जाते है?
2. जियोस्मिज़ेड (geosmins) क्या है तथा इसके क्या महत्व है?
3. नील हरित जीवाणुओं मे नाइट्रोजन स्थिरीकरण किस कोशिका मे होता है?
4. तन्तुकीय निवह बनाने वाले दो साइनोबेक्टीरिया के नाम लिखिए।
5. हेटेरोसिस्ट के चार महत्वपूर्ण कार्य लिखिये।
6. नाइट्रोजन स्थिरीकरण मे सहायक जीवाणुओं के नाम लिखिये।

8.5 एक्टिनोमाईसिटीज (Actinomycetes)

8.5.1 प्रस्तावना (Introduction)

एक्टिनोमाईसिटिज शब्द की उत्पत्ति ग्रीक भाषा के शब्दों *एक्टिस (actis)* = किरण (ray) एवं *माइकस (mykes)* = कवक (fungi) से हुई है। यह तन्तुनुमा परपोषी जीव है और मृदा में पाये जाते हैं, इसलिए इन्हें पहले कवक समूह के साथ रखा गया था एवं इनका नाम किरण कवक (ray fungi) रखा गया था। अब इन्हें तन्तुनुमा जीवाणु माना जाता है, क्योंकि इनकी कोशिका संरचना असीम केन्द्रकी होती हैं। ये मृदा, जल, गोबर, दुग्ध एवं दूसरे खाद्य पदार्थो में पाये जाते हैं। ज्यादातर ये जीव मृतोपजीवी (saprophytes) होते हैं परन्तु कुछ ऐसे

भी हैं जो मनुष्यों, जन्तुओं और पौधों में रोग फैलाते हैं। इन्हें कवक और जीवाणु के बीच की कड़ी भी कहा जाता है।

8.5.2 एक्टिनोमाईसिटीज के सामान्य लक्षण (General Characters of Actinomycetes)

- एक्टिनोमाईसिटिज एक कोशिकीय, तन्तुनुमा, असीम केन्द्रकी सरल जीव हैं।
- इनके तन्तु शाखित एवं अपटित (branched and aseptate) होते है। तन्तुओं का व्यास 0.2-1.2µ तक होता हैं।
- ये ग्राम ग्राही (gram positive) जीवाणु होते हैं।
- इनके तन्तु या तो बहुत अधिक विकसित होते हैं जैसे कि स्ट्रेप्टोमाईसिटेसी (streptomycetaceae) में या फिर बहुत छोटे होते हैं जैसे कि माइकोबेक्टिरियेसी (mycobacteriaceae) में।
- कछ स्पीशीज में तन्तु में विखण्डन (fragmentation) द्वारा गोलाभ (coccoid) या लम्बी (elongated) या डीफ्थीरियोइड (diphtheriod) कोशिकाओं का निर्माण होता है।
- कोशिका में जीव द्रव्य पहले तो समांग (homogenous) होता है परन्तु कोशिका के व्यस्क (mature) हो जाने पर उसमें रिक्तिकाओं का निर्माण हो जाता है।
- कोशिका में वसा, कणिकामय एवं छड़नुमा संरचनाऐं दिखाई देती है।
- इसमें द्विस्तरीय झिल्लीबद्ध सत्य केन्द्रक (double membrane bound true nucleus) का अभाव होता है।
- इन्हें कृत्रिम माध्यम (artificial medium) में संवर्धित (culture) किया जा सकता है।
- *एक्टिनोप्लेन्स (Actinioplanes)* नामक स्पीशीज को छोड़ कर बाकि सारे वंश (genera) अचल (non motile) होते हैं।
- कुछ स्पीशीज केवल तन्तुनुमा आकार में ही जीवन चक्र पूरा करती हैं। इनमें जनन विशिष्ट प्रकार के एक कोशिकीय बीजाणुओं से होता है।
- प्रोएक्टिनोमाईसिटीज कोशिकाओं में निर्धारित (limited) एवं संक्रामक (transitory) तन्तुमय अवस्था (mycelia stage) पाई जाती है। इनमें जनन के समय विखण्डन द्वारा छोटी-छोटी छड़नुमा कोशिकाऐं बनती है। ये बीजाणु का निर्माण नहीं करती। उदाहरण: *एक्टिनोमाइसिटीज (Actinomycetes), माइकोबैक्टिरियम (Mycobacterium), नोकारडिया (Nocardia)*।
- बाकि सारी स्पीशीज जैसे कि लेक्टिक एसिड जीवाणु (lactic acid bacteria), *स्ट्रेप्टोकोकस (Streptococcus), ल्युकोनोस्टोक (Leuconostoc), लेक्टोबैसिलस (Lactobacillus)* एवं *सूक्ष्मगोलाभ (Micrococci)* जैसे कि *स्टेफाइलोकोकस (Staphylococcus), माइक्रोकोकस (Micrococcus)* एवं *सारसीना (Sarcina)* इत्यादि ग्राम-ग्राही होते हैं एवं इनकी कोशिका संरचना सरल होती है। इनमें बीजाणु का निर्माण नहीं होता है।
- माइकोबेक्टिरियेसी (Mycobacteriaceae) के जीवाणु एसिड फास्ट (acid fast) प्रकार के होते है।
- नोकारडियेसी (Nocardiaceae) दुर्बल (weak), एसिडफास्ट (acid fast) जीवाणु होते हैं।

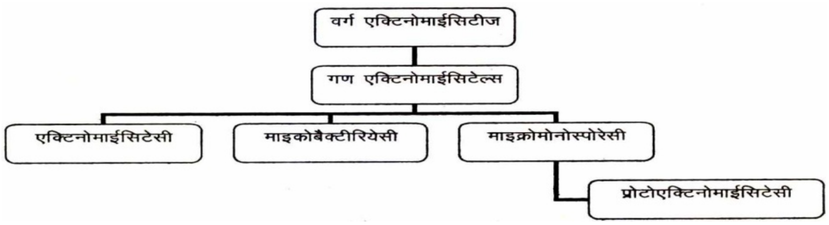
- ज्यादातर स्पीशीज में श्वसन अविकल्पी ऑक्सीय (Obligate aerobic) प्रकार का होता है। परन्तु कुछ जीवाणुओं में अनआक्सीय (anaerobic) या विकल्पी आक्सीय (facultative aerobic) अथवा अनआक्सीय (anaerobic) श्वसन भी पाया जाता है।

8.5.3 एक्टिनोमाईसीटीज का जनन (Reproduction of Actinomycetes)

ज्यादातर ये जीवाणु विखण्डन के द्वारा प्रजनन करते हैं। उदाहरण: *नोकारडिया (Norcardia), एक्टिनोमाईसिस (Actinomyces)*। कुछ मुकुलन (budding), बीजाणु या कोनिडिया बीजाणु (spores and conidia spores) के द्वारा जनन करते हैं। बीजाणु एवं कोनीडिया बीजाणु अथवा बीजाणुघर (conidiophore) पर एकल (single) या श्रृंखला (chain) में लगते हैं। उदाहरण: *एक्टिनोप्लेन्स (Actinoplanes), स्ट्रेप्टोमाईसिज (Streptomyces)* जिनमें बीजाणु श्रृंखला में लगते हैं एवं *माइक्रोमोनोस्पोरा (Micromonospora)* जिनमें बीजाणु या तो एकल या समूहों में लगते हैं।

8.5.4 एक्टिनोमाईसिटीज का वर्गीकरण (Classification of Actinomycetes)

इसमें से पहले दो कुल आर्थिक दृष्टि से बहुत महत्वपूर्ण है।



8.5.5 एक्टिनोमाईसिटीज का आर्थिक महत्त्व (Economic Importance of Actinomycetes)

यह समूह प्रतिजैविक निर्माण की वजह से बहुत महत्वपूर्ण है। *स्ट्रेप्टोमाईसिस (Streptomyces)* से स्ट्रेप्टोमाईसिन (streptomycin), क्लोरेमफेनिकोल (chloremphenicol), क्लोरोटेट्रासाइक्लिन (chlorotetracyclin) नियोमाइसिन (neomycin) इत्यादि प्रतिजैविक प्राप्त होते हैं। कुछ एक्टिनो जीवाणु मनुष्यों एवं जन्तुओं में रोग भी फैलाते हैं। उदाहरण: *माइकोबैक्टिरियम टयूबरक्युलोसिस (Mycobacterium tuberculosis)* से टी.बी. यानि टयूबरक्युलोसिस (tuberculosis) नामक रोग होता हैं। इसी प्रकार *मा. लेप्री (M. leprae)* से कुष्ठ (leprosy) नामक रोग फैलता है।

इस समूह में सहजीवी एवं नाइट्रोजन स्थिरीकरण (nitrogen fixing) जीवाणु भी पाये जाते हैं। जैसे: *फैन्किया (frankia)*। यह स्पीशीज लैग्यूम (legume) कुल के अलावा अलेग्यूमी (nonleguminous) पादपों के साथ सहजीवन बिताती हैं। फैन्किया नामक एक्टिनो जीवाणु *केजुराईना (Casuarina)* की जड़ों में सहजीवन व्यतीत करता है और पौधे में इसके बदले नाइट्रोजन का स्थिरीकरण करता है। *एक्टिनोमाईसिस स्केबीज (Actinomycis scabies)* द्वारा आलू में पोटेटो स्केब (potato scab) नामक रोग पैदा होता है।

तालिका 8.5 : कैष्टोमाश्तीज (Streptomyces) से स्त्रावित होने वाले साधारण प्रतिजैविक:

प्रतिजैवीक	उत्पादक जीव (स्त्रोत)	क्रिया सीमा
स्ट्रेप्टोमाइसीन, एक्टीडीन (Streptomycin, Actidin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज ग्रिसियस (Streptomyces griseus)*	ग्राम-धनात्मक एवं ग्राम ऋणात्मक जीवाणु, माइकोलैंक्टीसिम टयूबरक्युलोसिस, इन्फ्लूएन्जा, मेनिन्जाइटिस
नियोमाइसीन (Neomycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज फैडी (Streptomyces fradiae)*	ग्राम- ऋणात्मक एवं ग्राम-धनात्मक जीवाणु
वायोमाइसीन (Viomycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज फ्लोरिडी (Streptomyces floridae)*	ग्राम- ऋणात्मक एवं ग्राम-धनात्मक जीवाणु
क्लोरोटेट्रासाइक्लीन या ऑरियोमाइसीन (Chlorotetracyline or Aureomycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज ऑरियोफेशिएन्स (Streptomyces aureofaciens)*	ग्राम- ऋणात्मक एवं धनात्मक जीवाणु, टाइफॉइड, रिकेट्सिया
नोवोबायोसीन (Novobiocin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज निवियस (Streptomyces niveus)*	प्रोटियस एवं डिप्लोकोकस जीवाणु
इरिथ्रामाइसीन (Erythromycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज इरिथ्रस (Streptomyces erythreus)*	ग्राम-धनात्मक जीवाणु, डिप्थीरिया
टैरामाइसीन (Terramycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज राइमोसस (Streptomyces rimosus)*	ग्राम-धनात्मक/ऋणात्मक जीवाणु
एम्फोमाइसीन (Amphomycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज कैनस (Streptomyces canus)*	ग्राम-धनात्मक जीवाणु
एम्फोटैरिसिन बी (Amphotericin B)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज नोडोसस (Streptomyces nodojus)*	यीस्ट, कवक
ल्यूकोमाइसीन (Leucomycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज कीटोसोएन्सीज (Streptomyces kitasoensis)*	ग्राम-धनात्मक जीवाणु
ट्राइकोमाइसीन (Trichomycin)	*स्ट्रेप्टोमाइसीज हैकीजोएन्सिस*	यीस्ट एवं कवक

	(Streptomyces hachijoensis)	

8.5.6 बोध प्रश्न

1. एक्टिनोमाइसिटीज के सामान्य लक्षण बताइए।
2. एक्टिनोमाइसिटीज मे श्वसन प्रक्रिया कैसी होती है?
3. एक्टिनोमाइसिटीज का औषधीय महत्त्व बताइए।

8.6 सारांश

वातावरण में अनगिनत सूक्ष्मजीव उपस्थित होते हैं। सूक्ष्मजीव अत्यन्त छोटे, एक कोशिकीय, असीम केन्द्रकी जीव होते हैं। इनकी कोशिका संरचना बहुत सरल होती है। ये ज्यादातर कायिक विधि द्वारा जनन करते है। प्रतिकूल परिस्थिति में कुछ जीवाणु अन्तःबीजाणु अथवा अन्य संरचनाओं का निर्माण करते हैं। जीवाणुओं से हमें लाभ एवं हानि दोनों होते हैं। जीवाणु मृत कार्बनिक वस्तुओं का अपघटन कर पर्यावरण को शुद्ध करते हैं। जीवाणु किण्वन द्वारा मनुष्यों के लिए कई खाद्य एवं पेय वस्तुओं का निर्माण करते है जैसे दही, सिरका, ऐल्कोहल आदि। जीवाणुओं की सहायता से कई अन्य कार्बनिक अम्लो जैसे की लैक्टिक अम्ल, सिट्रीक अम्ल आदि एवं प्रतिजैविकों का उत्पादन भी किया जाता है। जीवाणु कृषि के दृष्टि कोण से भी महत्वपूर्ण होते हैं। जीवाणु कार्बनिक पदार्थो का विघटन कर खनिज तत्वों को भू जैव रसायनिक चक्र द्वारा भूमि में वापस लौटाते हैं एवं भूमि की उर्वरकता में वृद्धि करते हैं जैसे कि सल्फर जीवाणु, अमोनीकारक जीवाणु, नाइट्रीकारक जीवाणु तथा नाइट्रोजन यौगिकीकरण जीवाणु। सूक्ष्म जीवों का प्रयोग प्रतिजैविकों, वैक्सिन इत्यादि के निर्माण में भी किया जाता है। सूक्ष्म जीवों से पौधों, जानवरों एवं मनुष्यों में विभिन्न प्रकार के रोग पैदा होते है। इस प्रकार सूक्ष्म जीव हमारे लिए अत्यन्त महत्वपूर्ण होते हैं।

8.7 शब्दावली

1. **जीवाणु (Bacteria):** सूक्ष्म छड़ (little rod) के समान।
2. **जीवाणु विज्ञान (Bacteriology):** जीवाणुओं के अध्ययन से संबंधित विज्ञान की शाखा जिसमें जीवाणुओं का विस्तृत अध्ययन किया जाता है।
3. **बहु रूपी (Pleomorphic):** कुछ जीवाणुओं में वातावरण अनुसार अपने आकार एवं आमाप में अस्थायी परिवर्तन करने की क्षमता।
4. **अशूक (Atrichous):** कशाभिका (flagella) का अभाव तथा अचल जीव।
5. **शूक (Trichous):** कशाभिकाओं की उपस्थिति वाले तथा चल जीवाणु
6. **ग्लाइकोकेलिक्स (Glycocalyx):** कुछ जीवाणुओं में कोशिका श्यान (viscous) पदार्थ की एक परत से घिरी रहती है इसे ग्लाइकोकेलिक्स कहते हैं।
7. **ग्राम-ग्राही (Gram positive):** जो जीवाणु ग्राम के अभिरंजन प्रक्रिया में एल्कोहॉल से धोने पर भी अभिरंजित बने रहते है।
8. **ग्राम-अग्राही (Gram negative):** जो जीवाणु एल्कोहॉल से विरंजीकृत (decolorise) हो जाते हैं।

9. **प्रतिजन (Antigen):** ये बहुशर्करा अणु होते हैं जो कला की सतह से गलमुच्छ (whiskers) की तरह बाहर की ओर निकलती रहती है।
10. **पॉलीबीटा हाइड्रॉक्सी ब्यूटायरेट (Polybeta hydroxybutyrate or PHB):** जीवाणुओं में पाए जाने वाले संचित खाद्य पदार्थ।
11. **पूयन (Putrefaction):** मृतोपजीवी द्वारा किण्वन (fermentation) प्रक्रिया से प्रोटीन का विघटन।
12. **पराक्रमण (Transduction):** दाता कोशिका से ग्राही कोशिका में जीवाणुभोजी (bacteriophage) के माध्यम से आनुवंशिक पदार्थ का स्थानान्तरण।
13. **प्रोफेज (Prophage):** सहजीवी जीवाणु, अनियमित एवं शाखित कोशिकाओं के रूप में हो जाते है जो V, T या Y का आकार ग्रहण कर लेते है।
14. **हेलोबेक्टीरिया (Halobacteria):** अत्यधिक नमक वाले स्थानों पर पाए जाने वाले जीवाणु।
15. **हाईपरथर्मोफाइल्स (Hyperthermophiles):** ये जीवाणु $80^{0}C$ से $105^{0}C$ तक के उच्च तापमान को सहन कर सकते है।
16. **जियोस्मिन (Geosmins):** नील हरित जीवाणु द्वारा निर्मित ऐसे जो गीली मृदा मे से आने वाली गंध के लिए उत्तरदायी होते है।
17. **एक्टिनोमाइसिटीज (Actinomycetes):** तन्तुमय जीवाणु जिन्हें पहले कवक माना जाता था। ग्रीक शब्द एक्टिस (actis) = किरण (ray) + माइकस (mykes) = कवक
18. **मृतोपजीवी (Saprophytes):** जो जीवाणु मृत कार्बनिक पदार्थो पर आश्रित रहते हैं।
19. **एकाइनीट (Akinete):** वर्तुलाकार या अण्डाकार विश्रामावस्था (resting bodies) जो कि नील हरित जीवाणुओं में कायिक जनन के लिए उत्तरदायी होती है।

8.8 संदर्भ ग्रन्थ (Reference Books)

1. पी.डी. शर्मा 1999, माइक्रोबायलॉजी (द्वितीय संस्करण)। रस्तोगी पब्लिकेशन्स, शिवाजी रोड, मेरठ।
2. माइकेल जे. पेल्कजार, ई.सी.एस.चेन तथा नोयल आर. क्रेग 1988, माइक्रोबायलोजी (पाँचवा संस्करण)। मेक ग्रॉ हिल बुल कम्पनी, न्यूयॉर्क।
3. के. शर्मा, 2007, मेन्यूअल ऑफ माइक्रोबायलॉजी (द्वितीय संस्करण)। अनशन लिमिटेड, केन्ट।
4. एल.एम. प्रेस्कोट, जे.पी. हार्लें तथा डी.ए. क्लीन 1993, माइक्रोबायलॉजी (द्वितीय संस्करण)। Wm.C. ब्राऊन पब्लिशर्स, यू.एस.ए.।
5. डी.के. पान्डे, जे.पी. सैनी तथा केलाश अग्रवाल 2003, कवक विज्ञान, सूक्ष्मजीव विज्ञान एवं पादप-रोग विज्ञान। कॉलेज बुक हाउस, चौड़ा रास्ता, जयपुर।

8.9 बोध प्रश्नों के उत्तर

8.2.10

1. जीवाणुओं की खोज सर्वप्रथम एक डच वैज्ञानिक ल्यूवेनहॉक ने (10 जून 1675) में की थी।
2. जीवाणुओं का पादप रोगों में महत्व सर्वप्रथम ब्यूरिल (Burrill, 1878) ने बताया था।

3. लेग्यूम पौधों की जड़ों में उपस्थित गांठो (nodules) में *राइजोबियम* नामक जीवाणु उपस्थित होता है।

4. जीवाणु में आर.एन.ए. (RNA) तथा डी.एन.ए. (DNA) दोनों प्रकार के न्यूक्लीक अम्ल पाए जाते है।

5. सबसे सूक्ष्मजीवाणु यूबेक्टीरियम (Eubacterium) *डायलिस्टर न्यूमोसिन्टिस (Dialister pneumosintes)* तथा *स्पाइरिलियम वोल्युटेन्स (Spirillium volutans)* वृहदाकार जीवाणु है।

6.	**ग्राम-ग्राही**	**ग्राम-अग्राही**
1.	पेप्टाइडोग्लाईकन कीं मात्रा अधिक होती है (80%) तथा शेष (20%) प्रोटीन एवं बहु शर्करा होती है। बाह्य झिल्ली नहीं पाई जाती है।	पेप्टाइडोग्लाईकन कीं मात्रा कम होती है (5-15%)। बाह्य झिल्ली उपस्थित होती है। जिसमें फोस्फोलिपिड 35%, प्रोटीन 15% तथा लिपोपोलिसैकेराइड्स 50% तक होते है।
2.	ये पेनिसिलिन (penicillin) के प्रति संवेदनशील (sensitive) होते हैं।	पेनिसिलिन के प्रति अधिक प्रतिरोधी होते हैं।

7. कुछ जीवाणुओं में कोशिका, श्यान (viscous) पदार्थ की एक परत से घिरी रहती है इसे ग्लाइकोकेलिक्स (glycocalyx) कहते है ।

8. *बेगियाटोआ (Beggiatoa), थायोथ्रिक्स (Thiothrix), थायोबेसीलस (Thiobacillus), फेरोबेसीलस (Ferrobacillus)*।

9. जीवाणुओं से विभिन्न प्रकार के प्रति जैविक (antibiotic) पदार्थ बनाए जाते है। जो रोगों के जीवाणुओं को नष्ट करने के काम में लिये जाते है। जैसे कि स्ट्रेप्टोमाइसिन, ग्रीसियोफुल्विन, पेनिसिलिन आदि।
   - *स्ट्रेप्टोमाइसिज* की विभिन्न जातियों से स्ट्रेप्टोमाइसिन, क्लोरोमाइसिन, ओरेमाइसिन, टैरामाइसिन आदि बनाए जाते है।
   - कुछ जीवाणुओं के द्वारा उत्पन्न रासायनिक पदार्थ, बाहर से आने वाले रोगजनक जीवाणुओं को शरीर में प्रवेश करने से रोकते हैं।
   - कुछ जीवाणु *ईश्चरिकिया कोली (E. coli)* मनुष्य की आंत्र में सहजीवी जीवाणु के रूप में पाया जाता है।
   - जीवाणुओं की कुछ जातियों से राइबोफ्लेविन-बी विटामिनों में से एक, *क्लॉस्ट्रीडियम एसिटो ब्यूटाइलिकम* के द्वारा संश्लेषित किया जाता है।

10. *1. बेसीलस डीनाइट्रीफिकेन्स (Bacillus denitrificans)*
    2. *थायोबेसीलस डीनाइट्रीफिकेन्स (Thiobacillus denitrificans)*

8.3.8

1. आर्किया सूक्ष्म एककोशिकीय, असीमकेन्द्रकीय जीव है। इनकी आकृति गोलाणु से लेकर सर्पिल, छड़नुमा आयताकार हो सकती है। ये अधिकतर अनऑक्सीय (anaerobic) होते हैं किन्तु ऑक्सीय एवं विकल्पी अनऑक्सीय (facultative anaerobic) आर्किया भी पाए जाते हैं।

2. आर्किबेक्टीरिया की कोशिका में आनुवंशिक पदार्थ डी.एन.ए. का द्विरज्जुकी सर्पिल, गोल तन्तु पाया जाता है।
3. सबसे सूक्ष्म आर्किया *नेनोआरकियम इक्वीटेन्स (Nanoarchaeum equitans)* है और इसका जीनोम 0.491Mbp का होता है। आर्किया के mRNA में दोनों असीम एवं ससमी केन्द्रकी जीवों के लक्षण पाए जाते है। यह पोलिसिस्ट्रोनिक (polysystromic) होता है एवं इसमें ओपेरोन एवं इन्ट्रोन्स पाए जाते है। आर्किया के आर.एन.ए. पोलीमरेज (R.N.A. polymerase) भी यूकेरियोटिक पोलिमरेस से ज्यादा समानता रखते है। ये विकर बड़े जटिल एवं रिफेम्पिसिन के प्रति प्रतिरोधी (resistant) होते हैं।

4.	लक्षण	आर्किया	बेक्टीरिया	यूकेरिया
1.	कोशिका भित्ति मे पेप्टाइडोग्लाईकन की उपस्थिति	अनुपस्थिति	उपस्थिति	अनुपस्थिति
2.	कोशिका झिल्ली लिपिड्स	ग्लीसरोल-ईथर	ग्लीसरोल-एस्टर	ग्लीसरोल-एस्टर
3.	हिस्टोन प्रोटीन	उपस्थिति	अनुपस्थिति	उपस्थिति
4.	जीनोम	गोलाकार	गोलाकार	रेखीय

5. उपापचयी क्रियाओं के आधार पर आर्किया को निम्न भागों में बांटा गया है-

1. **मीथेनोजन्स:** ऐसे आर्किया जिनमें उपापचयी क्रिया का अन्तिम उत्पाद मीथेन हो। ये ज्यादातर पशुओं के रयूमेन (rumen) में पाए जाते हैं एवं अनॉक्सीय (anaerobic) होते हैं।

2. **हेलोफिलिक आर्किया:** ये नमक की अधिक सान्द्रता वाली जगहों पर पाए जाते हैं।

3. **थर्मोफिलिक या थर्मोएसिडोफिलिक:** ये जीवाणु उच्च तापमान (70-75^{0}C) एवं अम्लीय आवासों में पाए जाते हैं।

4. **हाईपर थर्माफाइल्स:** ये 80^{0}C- 105^{0}C तक के उच्च तापमान में पाए जाते हैं।

5. वर्जीस मेन्यूअल के अनुसार आर्किया को 5 समूहों में विभाजित किया गया है। RNA अध्ययन के अनुसार आर्किया को चार समूहों में बांटा गया है-

1. क्रिनारकियोटा (Crenarchaeota)
2. यूआरकियोटा (Euarchaeota)
3. कोराआर्कियोटा (Korarchaeota)
4. नेनोआर्कियोटा (Nanoarchaeota)

8.4.13

1. नील हरित जीवाणुओं मे क्लोरोफिल- α, केरोटीनोइड तथा सहायक वर्णक फाइकोबिलिन्स, फायकोसायनिन तथा फाइकोइरिथ्रिन होते है।
2. नील हरित जीवाणु कुछ यौगिकों को निर्माण करते हैं जिन्हें जिओस्मिन कहा जाता है ये जल की दुर्गन्ध तथा स्वाद हेतु उत्तरदायी होते हैं।
3. कुछ नील हरित जीवाणु वातावरणीय नाइट्रोजन का स्थिरीकरण करते है। N_2 स्थिरीकरण अक्सर हेटेरोसिस्ट में होता है, जो विशेषीकृत, दीर्घित कोशिकाएँ होती हैं। हेटेरोसिस्ट बहु त सूक्ष्म मात्रा में फाइकोबिलिन वर्णक तथा प्रकाश संश्लेषी तन्त्र । युक्त होती हैं।

4. *आर्थ्रोस्पाइरा (Arthrospira)* एवं *स्पाइरूलिना (Spirulina)*
5. 1. यह भोजन संग्रहण हेतु भण्डारगृह के रूप में कार्य करती है।
   2. ये किण्वकों (enztmes) का भण्डारगृह है।
   3. हार्मोगोनिया के पृथक्करण में सहायक होती है।
   4. ये उन पदार्थों को स्त्रावित करती है जो परिवर्धन में सहायक होते हैं।
   6. *नास्टॉक, एनाबीना, सिलिन्ड्रोस्पर्मम, कैलोथ्रिक्स एवं टॉलिपोथ्रिक्स*।

8.5.6

1. एक्टिनोमाइसिटीज एक कोशिकीय, तन्तुनुमा, असीम केन्द्रकी सरल जीव होते हैं। इनके तन्तु, शाखित एवं अपटीय होते है। ये ग्राम-ग्राही जीवाणु होते हैं। इनमें द्विस्तरीय झिल्ली तथा सत्य केन्द्रक का अभाव होता है।
2. ज्यादातर स्पीशीज में श्वसन अविकल्पी ऑक्सीय होता है। परन्तु कुछ जीवाणुओं में अनॉक्सीय या विकल्पी ऑक्सीय श्वसन भी पाया जाता है।
3. एक्टिनोमाइसिटीज प्रतिजैविक निर्माण की दृष्टि से महत्वपूर्ण है। स्ट्रेप्टोमाइसिस से स्ट्रेप्टोमाईसिन (Streptomycin), क्लोरेम्फेनिकोल (Chloremphenicol), क्लोरोटेट्रासाईलिन (Chlorotetracyclin), नियोमाइसिन (Neomycin) आदि प्रतिजैविक प्राप्त होते है।

8.10 अभ्यासार्थ प्रश्न

1. जीवाणुओं के वर्गीकरण का संक्षिप्त वर्णन करिये।
2. जीवाणुओं की कोशिका संरचना का विस्तार से वर्णन कीजिए।
3. ग्राम अभिरंजक (Gram's stain) क्या है? इसकी क्रियाविधि का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।
4. जीवाणुओं में जनन की विभिन्न विधियों का वर्णन कीजिये।
5. जीवाणुओं में संयुग्मन (conjugation) द्वारा आनुवंशिक पुनर्योजन (genetic recombination) का वर्णन कीजिये।
6. "जीवाणु हमारे सबसे बड़े मित्र एवं शत्रु है" इस कथन की व्याख्या कीजिये।
7. आर्किया पर एक लेख लिखिए।
8. नील हरित जीवाणुओं की कोशिका संरचना का वर्णन कीजिए।
9. नील हरित जीवाणुओं में जनन प्रक्रिया का वर्णन कीजिये।
10. एक्टिनोमाइसिटीज पर लेख लिखिये।

इकाई - 9

Unit - 9

ससीम केन्द्रकी सूक्ष्मजीव

(Eukaryotic Microorganisms)

इकाई की रूपरेखा

9.0 उद्देश्य (Objective)

कुछ ससीम केन्द्रकी जीव अपने सूक्ष्म आकार के कारण सूक्ष्मजीवों की श्रेणी में गिने जाते हैं। इस पाठ में ऐसे ससीम केन्द्रकी सूक्ष्मजीवों जैसे कवकों, शैवालों, यीस्ट और प्रोटोजोआ की संरचना, लक्षण, प्रजनन तथा इनके आर्थिक महत्वों का उल्लेख किया गया है। इस पाठ का अध्ययन करने से निम्नलिखित बिन्दुओं से अवगत हो जायेंगे:

- कवक, शैवाल, प्रोटोजोआ और यीस्ट क्या है।
- कवक की संरचना, लक्षण, जनन तथा आर्थिक महत्व का ज्ञान।
- शैवाल की संरचना, वर्गीकरण, लक्षण तथा शैवालों का आर्थिक महत्व।
- यीस्ट के लक्षण, प्रकार तथा जनन।
- प्रोटोजोआ के लक्षण, प्रकार, प्रोटोजोआ जनित हानिकारक रोग एवं आर्थिक महत्व।

9.1 प्रस्तावना (Introduction)

कुछ ससीम केन्द्रकी जीव अपने सूक्ष्म आकार एवं अध्ययन के लिये उपयोग में लिये जाने वाले तरीकों के कारण असीम केन्द्रकी जीवों की श्रेणी में सम्मिलित किये जाते हैं। इस श्रेणी में कवक, कुछ शैवाल एवं प्रोटोजोआ को सम्मिलित किया गया है।

सूक्ष्मजैविकी में सूक्ष्म जीवों का भी महत्वपूर्ण योगदान है। यह सूक्ष्मजीव पादपों, पशुओं और मनुष्यों के लिए आर्थिक महत्व भी रखते हैं। इनमें से कुछ हानिकारक भी होते हैं। कवक फसलों में आर्थिक हानि के लिए उत्तरदायी होती है। कवकों का आर्थिक महत्व भी होता है। इनके द्वारा कई औषधियाँ, एन्जाइम, कार्बनिक अम्लों इत्यादि का उत्पादन किया जाता है। इसी प्रकार से शैवाल, यीस्ट तथा प्रोटोजोआ भी हानिकारक तथा लाभदायक होते हैं। शैवालों व यीस्ट का उपयोग भी एन्जाइम उत्पादन, अनुसंधान में एवं औषधियों के निर्माण में किया जाता है। प्रोटोजोआ स्वतन्त्र जीवी एवं परजीवी होते हैं। यह अपना भोजन दूसरे जीव से प्राप्त करते हैं। यह मनुष्यों एवं जन्तुओं में कई बीमारियाँ पैदा करते हैं।

इस प्रकार से यह सूक्ष्मजीव आर्थिक दृष्टि से बहुत महत्व रखते हैं, तथा इनका उपयोग विभिन्न प्रकार के अनुसंधान कार्यों में किया जाता है जो कि नई खोजों के लिए महत्वपूर्ण है। इन ससीम केन्द्रकी सूक्ष्मजीवों का संक्षिप्त वर्णन इस प्रकार है।

9.2 यीस्ट (Yeast)

9.2.1 प्रस्तावना (Introduction)

यीस्ट शब्द का उपयोग विस्तृत रूप से कवक के विषमांगी (complex) समूह हेतु किया जाता है। यीस्ट एक कोशिकीय सूक्ष्म जीव है। यीस्ट को क्रीगर-वान रिज (Kreger-Van Rij) द्वारा 1973 में कवक के रूप में परिभाषित किया गया। इसके जीवन चक्र में एकल कोशिका एवं आभासी कवकजाल (pseudo mycelium) दोनों रूप पाये जाते हैं। ये मुकुलन या विखण्डन द्वारा जनन करती हैं।

9.2.2 सामान्य लक्षण (General Characters)

- यीस्ट मुख्यत: शर्करा का किण्वन (fermentation) करती है।
- अधिकांश यीस्ट मृतोपजीवी (saprophyte) होती हैं जो शर्करायुक्त माध्यम जैसे पुष्प मकरंद, रसीले एवं पके हुए फलों तथा दूध में, मुदा, जन्तुओं के अपशिष्ट पदार्थो एवं पादप के विभिन्न भागों में पाई जाती है।
- यीस्ट समूह के सभी जीवों का सुकाय (thallus) एककोशिकीय होता है जो मुकुलन (budding) या विखण्डन (fission) द्वारा अलैंगिक रूप से गुणित (asexual multiplication) होता है।
- कायिक कोशिकाएं (vegetative cells) व्यक्तिगत रूप से कभी-कभी आसंजित (adhere) होकर आभासी कवकजाल (pseudomycelium) बनाती है।
- कायिक कोशिकायें अण्डाकार होती हैं।
- यीस्ट को उच्च श्रेणी कवकों के तीन वर्गो में वर्गीकृत किया गया है: एस्कोमाइसिटीज (Ascomycetes), बेसिडियोमाइसिटीज (Basidiomycetes) और फंजाई इंपरफैक्टाई (Fungi imperfectii)।
- यीस्ट कोशिकाओं का उपयोग ऐल्कोहॉलिक किण्वन (alcoholic fermentation) के लिये किया जाता है।
- यीस्ट समूह का सबसे महत्त्वपूर्ण जीव *सैकेरोमाइसिस सैरिविसी (Saccharomyces cervisiae)* एक ऐस्कोजीनस यीस्ट है।
- यीस्ट में लैंगिक जनन एस्कोबीजाणु के द्वारा होता है।
- यीस्ट की वृद्धिवस्था (life cycle) में एक निश्चित अवस्था पर कायिक कोशिकाएं रूपान्तरित (transform) होकर एसाई (asci) का निर्माण करती है। प्रत्येक एस्कस (ascus) में चार एस्कोजीवाणु (ascospores) पाए जाते है।
- इस आधार पर इसे वर्ग ऐस्कोमाइसीटिज (Ascomycetes) में रखा गया है।
- यीस्ट से बहुत सी महत्वपूर्ण खाद्य वस्तुओं एवं पेय पदार्थ का निर्माण किया जाता है।

9.2.3 वंश (Genus)- सैकेरोमाइसिस (Saccharomyces)

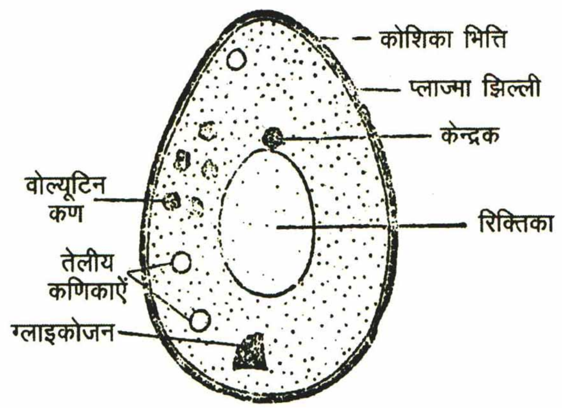
वान्डरवाल्ट (Wander Walt, 1971) ने *सैकेरोमाइसिस सेसुंलेटो (Saccharomyces sansu lato)* की 41 प्रजातियों को खोजा जिनको 4 वर्गो में रखा गया है- वर्ग 1 इसमें *सैकेरोमाइसिस सेसुं स्ट्रिक्टो (Saccharomyces sansu stricto)* को शामिल किया गया है उदा. *से. सेरिवेसी (Saccharomyces cerevisiae)* की द्विगुणित (diploid) प्रजातियाँ वर्ग 2 व 3 में अगुणित प्रजातियों को रखा गया है जिसमें *जाइगोसैकेरोमाइसिज (Zygosaccharomyces)* तथा *टोरूलोस्पोरा (Torulospora)* वंश रखे गये हैं।

वर्ग 4 में जातिवृत्तिय विषमांगी वंश (Phylogenetic heterogenous genera) रखे गये हैं। सारी प्रजातियाँ शर्कराओं (sugars) को किण्वित करती है इसलिए इसका नाम *सैकेरो (saccharo)*- शर्करा (sugar) तथा *माइसिज (myces)*- फंजाई (fungi) रखा गया है। *से. सेरिवेसी* को "वाणिज्यिक यीस्ट" (yeast of commerce) या बेकर्स और ब्रूअर यीस्ट भी कहा जाता है। यीस्ट कोशिकाओं में विटामिन B-कॉम्पलेक्स होने के कारण, यीस्ट गोलियों (tablets) को दवाई के रूप में काम में लिया जाता है।

कायिक कोशिकाएं (vegetative cells) अगुणित (haploid) या द्विगुणित (diploid) होती है। दोनों प्रावस्थाएं सामान्य रूप से एक होती है और एक-दूसरे से एकान्तरित (alternate) होती हैं। दोनों प्रावस्थाओं की कोशिकाएं मुकूलन द्वारा जनन करने में समर्थ होती हैं। अगुणित कोशिकाएं छोटी होती हैं तथा द्विगुणित कोशिकाओं के आकार से आधी होती हैं। ठोस पोषक अगर माध्यम (solid nutrient agar medium) पर यह कवक, श्लेष्मी (slimy), श्वेत तथा धीमी वृद्धि करने वाले निवह (colony) बनाती है।

9.2.4 यीस्ट की कोशिका संरचना (Cell Structure of Yeast)

यीस्ट में दो प्रकार की कोशिकायें पाई जाती है अगुणित एवं द्विगुणित। इन अण्डाकार (oval) कोशिकाओं की भित्ति काइटिन फाइब्रिल (chitin fibrils) की बनी होती है जिसमें पॉलिसैकेराइड मेनन (mannan) और ग्लूकन (glucan) होता है। इसमें एक बड़ी केन्द्रीय रिक्तिका (vacuole) पाई जाती है जो कि जीवद्रव्य को परिधी की ओर धकेलती है। इसमें अन्य कोशिकांग (cell organelles) जैसे कि केन्द्रक (nucleus), माइटोकॉन्ड्रिया (mitochondria) और संचयी भोज्य कणिकाएं (reserve food granules) जैसे ग्लाइकोजन, तेल और वोल्युटिन कणिकाएं (voluting granules) भी पाए जाते हैं (चित्र 9.I)।



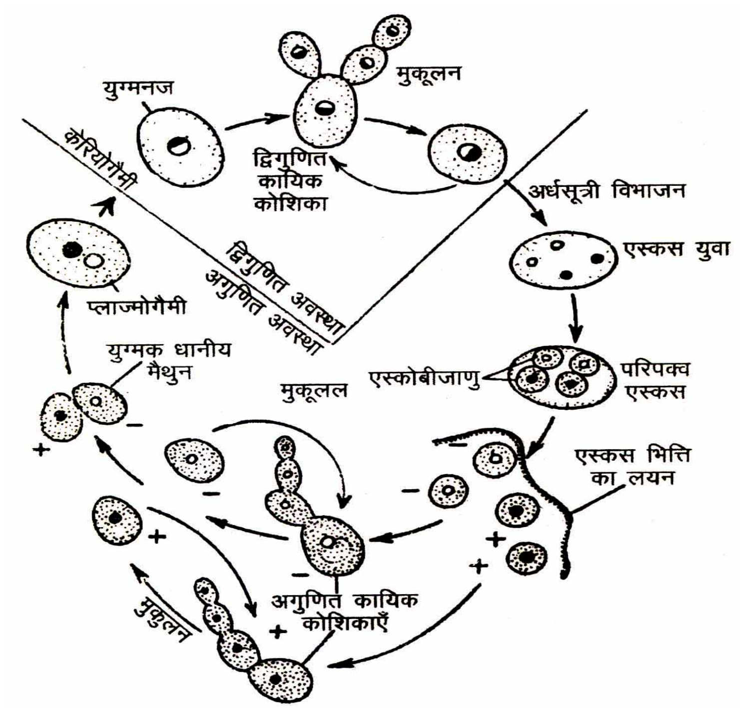
चित्र 9.1 सैकेरोमाइसिज सैरिविसी की प्रारूपिक कोशिका

9.2.5 यीस्ट में जनन एवं जीवनचक्र (Yeast Reproduction and Life Cycle)

अगुणित और द्विगुणित दोनों कोशिकाएं मुकुलन (budding) द्वारा कायिक जनन करती हैं।

कोशिका भित्ति का एक छोटा भाग मृदु (soft) हो जाता है और एक मुकुल के समान बाहर आ जाता है। अब यह वृद्धि करता है तथा कुछ समय बाद यह एक संकुचन द्वारा अलग हो जाता है। अब कोशिका का केन्द्रक एक संकुचन द्वारा विभाजित हो जाता है तथा संतति केन्द्रक (daughter nucleus) अन्य कोशिकांगों के साथ मुकुल में प्रवेश कर जाता है। मातृकोशिका से पृथक होने से पहले इस मुकुल से उसी समय एक और मुकुल बन जाता है और इस प्रकार ऐसी कोशिकाओं की एक श्रृंखला बन जाती है।

से. सेरिविसी (S. cerevisiae) में अगुणित-द्विगुणित (haplo-diplobiontic) प्रकार का जीवन चक्र पाया जाता है जिसमें दोनों अगुणित और द्विगुणित प्रावस्थाएं समान रूप से उत्तरदायी और महत्वपूर्ण होती हैं। दोनों प्रकार की कायिक कोशिकाएं अगुणित और द्विगुणित होती हैं जो कि मुकूलन (budding) द्वारा गुणन करती है। विपरीत संयुग्मी विभेद (opposite mating type) की अगुणित कोशिकाएं कोशिकाद्रव्य एवं केन्द्रक संलयन (plasmogamy and karyogamy) के पश्चात् द्विगुणित कोशिकाएं (diploid cells) बनाती है और इस प्रकार द्विगुणित प्रावस्था को प्रारम्भ करती हैं। द्विगुणित प्रावस्था के अन्त में, द्विगुणित केन्द्रक अर्धसुत्री विभाजन (meiosis) करता है और चार अगुणित केन्द्रक बनते हैं जिसके चारों ओर चार एस्कोबीजाणु (ascospores) विकसित हो जाते हैं। इस प्रकार द्विगुणित कोशिकाएं स्थायी एसाई (potential asci) होती है। एस्कस भित्ति (ascus wall) के टूटने पर, ये मुक्त होकर कायिक कोशिकाओं के रूप में वृद्धि करती हैं तथा अगुणित बीजाणुओं का निर्माण करती है (चित्र 9.2)।



चित्र 9.2 *सैकेरोमाइसिज सैरिविसी* का जीवन चक्र

इस वंश के अतिरिक्त कुल- सैकेरोमइसिटेसी में आने वाले कुछ वंश इस प्रकार हैं-

- *शइजोसैकेरोमाइसिज (Schizosaccharomyces)*: इन्हें विखण्डन यीस्ट (fission yeast) भी कहा जाता है।
- *सैकेरोमाइकोड (Saccharomycode)*
- *टोरूला (Torula)* एवं *टोरूलोप्सिस (Torulopsis)*: मछलियों एवं जन्तुओं के लिये चारे (fodder) के रूप में काम ली जाती है।
- *केन्डिडा (Candida)*: मनुष्यों में रोग कारक।

9.2.8 यीस्ट का वर्गीकरण (Classification of Yeast)

यह जी.सी. एन्सवर्थ (G.C. Ainsworth, 1973) द्वारा दिया गया था। इसमें सम्मिलित हैं-

- **जगत (Kingdom)=**माइकोटा (Mycota): पर्णहरित (Chlorophyll) अनुपस्थित होता है, संचित भोज्य पदार्थ (reserve food) ग्लाइकोजन होता है तथा कोशिका भित्ति कवक सेलुलोज (fungal cellulose) से निर्मित होती है ।
- **प्रभाग (Division)-**युमाइकोटा (Eumycota): इसमें पूरी कायिक अवस्था (vegetative phase) के दौरान एक निश्चित कोशिका भित्ति उपस्थित होती है।
- **उप-प्रभाग (Sub-division)-**एस्कोमाइकोटिना (Ascomycotina): लैंगिक जनन ऐस्कोबीजाणु द्वारा होना। एस्कोबीजाणु (ascospores), एस्कस (ascus) के अन्दर बनते हैं। एस्कोबीजाणु निश्चित संख्या में, दो के गुणन में सामान्यतया आठ होते हैं।

- **वर्ग (Class)-***हेमीएस्कोमाइसिटीज (Hemiascomycetes)*: सूकाय एककोशिकीय (unicellular) या यीस्ट (yeast) के समान होता है। एसाई (asci), नग्न (naked) तथा सीधे युग्मनज (zygote) से निर्मित होती है। एस्को जीनस हाइफी तथ एस्कोकार्प नहीं बनते हैं।
- **गण (Order)-**एन्डोमाइसिटेल्स (Endomycetales): युग्मनज (Zygote) सीधे एस्कस (ascus) से बनता है।
- **कुल (Family)-**सैकेरोमाइसिटेसी (Saccharomycetaceae): इस कुल में एस्कोजीनस यीस्ट शामिल किये गए है जो कि लाक्षणिक तौर पर शर्कराओं (sugars) को किण्वित (ferment) करते हैं। अधिकतर यीस्ट मृतोपजीवी होती हैं जो कि शर्करायुक्त पदार्थों (sugary substances) जैसे कि पुष्प मकरंद (flower nectar), पके फलों (ripe fruits) पर पाए जाते हैं और दूध, मृदा, जन्तु के उत्सर्जित पदार्थों तथा पादप भागों पर पाए जाते हैं।

9.2.7 यीस्ट का आर्थिक महत्व (Economic Importance of Yeast)

कवकों के उपापचय में असीमित विविधता है। इस तथ्य का उपयोग उनके माध्यम से विभिन्न प्रकार के कार्बनिक अम्ल, एल्कोहल, विकर व अन्य पदार्थों को प्राप्त करने में किया जाता है। यह पदार्थ कवकों के उपापचय उत्पादों के रूप में प्राप्त होते हैं। कुछ उपयोग निम्न प्रकार है-

1. उद्योगों में महत्व:

यीस्ट शर्कराओं का किण्वन कर उन्हें इथाईल एल्कोहॉल व कार्बनडाई ऑक्साइड में बदल देता है। इस क्रिया का उपयोग एल्कोहॉल निर्माण व बेकरी उद्योग में किया जाता है। एल्कोहॉल एक महत्वपूर्ण रासायनिक पदार्थ है जिसका उपयोग मदिरा तैयार करने में किया जाता है। इसके अतिरिक्त एल्कोहॉल, औषधि, रंग, साबुन प्लास्टिक इत्यादि उद्योगों में भी महत्वपूर्ण है। किण्वन में विमुक्त कार्बनडाई ऑक्साइड का उपयोग बेकरी उत्पादों (डबल रोटी, केक आदि) को फुलाने व हल्का बनाने में होता है।

2. औषधि के रूप में महत्व:

औषधि के रूप में कवकों में यीस्ट समूह का भी काफी महत्व है। विटामीन बी-कॉम्पलेक्स (vitamin B-complex) की प्रचुर मात्रा मिलने के कारण इनका उपयोग विटामिन युक्त औषधियां बनाने में किया जाता है। पराबैंगनी किरणों से उपचारित करने पर इनमें विटामिन डी का अग्रगामी पदार्थ अर्गोस्टीरोल (ergosterol) भी बन जाता है। यीस्ट में उपस्थित कई गुणकारी विकर भोजन पचाने के काम में आते हैं। कुछ यीस्ट बैन्जल्डिहाईड (benzaldehyde) नामक रासायनिक पदार्थ से एफेड्रिन नामक औषधि संश्लेषित कर सकते हैं। यह औषधि श्वांस सम्बन्धी रोगों जैसे दमा के उपचार में काम आती है। मधुमेह रोग के नियन्त्रण में भी यीस्ट सहायक होते हैं क्योंकि इनमे इन्सुलिन (insulin) सदृश्य एक पदार्थ उपस्थित होता है।

9.2.8 बोध प्रश्न

1. यीस्ट के तीन सामान्य लक्षण लिखिए।

2. यीस्ट का वर्गीकरण दीजिए।

3. यीस्ट का आर्थिक महत्व समझाइये।

9.3 कवक (Fungi)

9.3.1 प्रस्तावना (Introduction)

कवक शब्द का उद्‌गम लैटिन भाषा के शब्द *माइकस (Mykes)* से हुआ है जिसका शाब्दिक अर्थ मशरूम अथवा छत्रक (mushroom) है। विज्ञान की वह शाखा जिसमें कवक का विस्तृत अध्ययन किया जाता है, कवक विज्ञान अथवा माइकोलॉजी (Mycology, *mykes*=mushroom, *logos*=study) कहलाती है। ल्यूवेनहुक (Leeumenhook) ने अपने साधारण सूक्ष्मदर्शी में यीस्ट का अध्ययन किया तथा रोबर्ट हुक (Robest Hook, 1965) ने अपनी किताब माइक्रोग्राफिया (Micrographia) में सूक्ष्मकवक को विस्तृत रूप से चित्रित किया। लेकिन कवक के बारे में सम्पूर्ण विवरण सर्वप्रथम माइकेली (Micheli, 1929) ने अपनी किताब नोवा प्लान्टेरम जेनेरा *(Nova Plantarum genera)* में प्रकाशित किया इसलिये माइकेली को माइकोलोजी का पिता (Father of Mycology) कहा जाता है। लिनियस (Linnaeus) ने अपनी किताब स्पीशीज प्लान्टेरम् ‘Species plantarum’ मे कवक को कृमि (worms) के रूप में वर्गीकृत किया।

फाइस (Fries) ने अपनी किताब सिस्टेमा माइकोलोगिकम (Systema Mycologicum) में कवक का प्रथम वर्गीकरण दिया। De Bary को पादप रोग विज्ञान (Plant Pathology) का पिता कहा जाता है। इन्होंने आलू में *फाइटोपथोरा इनफेस्टेन्स (Phytophthora infestans)* के द्वारा होने वाली बीमारी late blight को सत्यापित किया था।

9.3.2 कवक के सामान्य लक्षण (General Characters of Fungi)

- कवक क्लोरोफिल रहित, यूकेरीयोटिक, पादपकाय सूक्ष्मजीव है।
- कवक पादपकाय, जड़, तना व पत्तियों में विभाजित नहीं होता है।
- इनमें संवहन तंत्र का अभाव होता है। पादपकाय आकारिकी विविधता (morphological diversity) दर्शाता है। यह एककोशिकीय यीस्ट से लेकर (yeasts), अमीबिय; स्लाईम मोल्ड (slime molds) या फिर बहुकोशिकिय तन्तुमय (multicellular filamentous); एल्बूगो (Albugo) प्रकार के हो सकते हैं।
- तन्तुमय पादपकाय के कवक तन्तुओं (hyphae) का समूह कवक जाल (mycelium) कहलाता है।
- कवक तन्तु दो प्रकार का होता है: पटयुक्त कोशिकीय जैसे कि अस्टिलागो (Ustilago) या पटविहीन व संकोशिक (coenocytic) जैसे कि एल्बूगो (Albugo)।
- पट प्राय: छिद्रयुक्त होते हैं। बेसीडियोमाइसिटीज को छोड़ कर सभी वर्गो में पट छिद्र सरल होते है। बेसीडियोमाइसिटीज में डोल छिद्री (dolipore septum) पट पाये जाते हैं।

- श्लेष्म फँफूद (slime molds) को अपवाद स्वरूप छोड़कर अन्य सभी कवकों में जीवद्रव्य एक सुस्पष्ट कोशिका भित्ति से घिरा रहता है।
- कोशिका भित्ति काइटिन (chitin) की होती है परन्तु ऊमाइसिटीज (Oomycetes) वर्ग में कोशिका भित्ति कवक सेलुलोस (fungal cellulose) से निर्मित होती है।
- पर्णहरित के अभाव के कारण कवक प्रकाश संश्लेषण नहीं कर सकते हैं, अत: ये परपोषित (heterotrophic) होते हैं एवं परजीवी (parasites), मृतोपजीवी (saparophyte) या (symbiont) के रूप में जीवन निर्वाह करते है।
- परजीवी कवक अविकल्पी परजीवी (obligate parasites) या विकल्पी मृतोपजीवी (facultative parasites) होते है।
- इसी प्रकार मृतोपजीवी कवक अविकल्पी मृतोपजीवी (obligate saprophytes) या विकल्पी परजीवी (facultative saprophytes) होते हैं।
- कवक तन्तु सम अथवा विषमकेन्द्रकी (homo-or-heterokaryotic), अगुणित (haploid), द्विकेन्द्रकी (dikaryotic) अथवा (diploid) होते हैं। कवक जीवन चक्र सरल से लेकर जटिल प्रकार का होता है। कवकों में एकलपीढ़ी अगुणित, एकलपीढ़ी द्विगुणित एवं द्विपीढ़ी (haplobiontic, haplobiontic diplontic and diplobiontic life cycle) आदि प्रकार के जीवन चक्र पाये जाते हैं।
- इनमें जनन कायिक (vegetative), अलैंगिक (asexual) एवं लैंगिक (sexual) तीनों विधियों द्वारा होता है।
- लैंगिक जनन द्वारा युग्मनज (zygote) का निर्माण होता है।
- उच्चस्तरीय कवकों में फलकीय संरचना का निर्माण होता है जिसे फलनकाय (sporocarps) कहते हैं।
- कायिक जनन-विखण्डन (fragmentation), द्विविभाजन (binary fission) तथा मुकुलन (budding) द्वारा होता है।
- अलैंगिक जनन प्राय: अनुकूल परिस्थितियों में बीजाणुओं (spores) द्वारा होता है। इनमें चलबीजाणु (zoospores), अचलबीजाणु (aplanospores), कोनीडियम (conidium) प्रकार के बीजाणु पाये जाते हैं।
- कवकों के एक सवंर्ग इयूटेरोमाइसिटीज को छोड़कर शेष सभी सदस्यों में लैंगिक प्रजनन पाया जाता है।
- युग्मकों की आमाप एवं गतिशीलता के आधार पर लैंगिक प्रजनन तीन प्रकार का होता है। समयुग्मन (Isogamy), असमयुग्मन (Anisogamy) व विषमयुग्मन (Oogamy)।

9.3.3 पादपकाय संरचना (Thallus Structure)

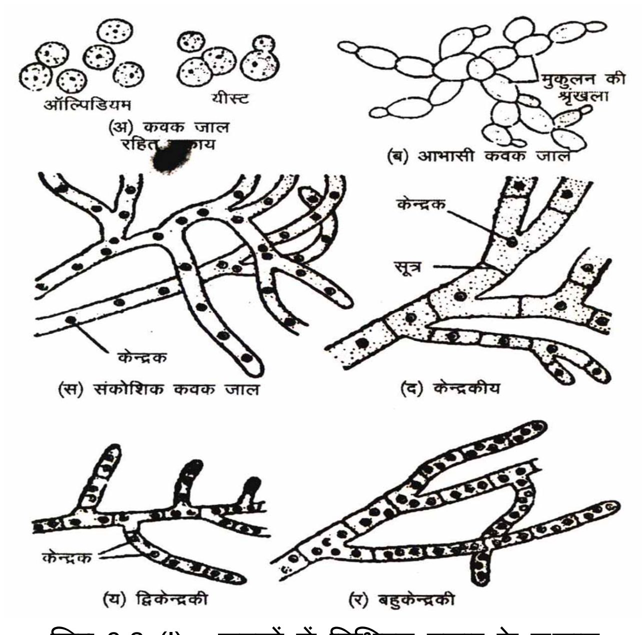
पादपकाय संरचना की दृष्टि से कवकों में काफी भिन्नता पाई जाती है। कुछ कवक एककोशिकीय तथा तन्तुमय होते हैं। एक कोशिकीय थैलस की संरचना अमीबीय (amoeboid) अथवा निश्चित आकार की होती है। अमीबीय थैलस मिक्सोमाइकोटा में पाया जाता है। अमीबीय अवस्था में एक या अधिक केन्द्रक पाये जाते हैं तथा इसमें कोशिका भित्ति का अभाव होता है। जनन के समय सम्पूर्ण थैलस एक जननिक इकाई में परिवर्तित हो जाता है। एक ही थैलस में

कायिक व जननिक (vegetative and reproductive) अवस्था एक साथ नहीं पाई जाती है। उदाहरण: *प्लाज्मोडियोफोरा (Plasmodiophora)*।

निश्चित यूमाइकोटा (Eumycota) में पाये जाने वाले कवकों की कोशिका दृढ़ भित्ति से आवरित होती है जिस कारण इनका आकार निश्चित होता है। थैलस को पूर्णकायफलिक (halocarpic) थैलस कहते है। उदाहरण: निम्न श्रेणी का एक कोशिकीय कवक जैसे *ओलपिडियम (Olpidium), सिनकाइट्रियम (Synchytrium)* आदि। ये गतिशील चलबीजाणु का निर्माण करते हैं (चित्र 9.3)।

उच्च श्रेणी के एक कोशिकीय कवक जैसे *यीस्ट, सेकेरोमाइसीज (Saccharomyces)*, शाइजोसेकेरोमाइसीज (Schizosaccharomyces) आदि मुकुलन व संलयन द्वारा जनन करते हैं।

बहुसंख्यक कवकों में पादपकाय (thallus) बारीक, कोमल व शाखित तन्तुओं (delicate and branched filaments) का बना होता है। यह तन्तु कवक सूत्र (hyphae) कहलाते हैं। अधिकांश कवकों में कवकतन्तु समूह में होते हैं। इस समूह को कवकजाल (mycelium) कहते हैं।



चित्र 9.3 (I) : कवकों में विभिन्न प्रकार के सुकाय

(अ) एक कोशिकीय (ब) आभासी कवक जाल (स) संकोशिका कवकजाल (द-र) पटयुक्त कवकजाल

तन्तुमय कवकसूत्र पटयुक्त या पटहीन होते हैं। पटयुक्त कवकसूत्र (hyphae) ऐस्कोमाईसीटिज एवं बेसीडियोमाइसिटीज में पाये जाते हैं। पटयुक्त तन्तु एक, द्वि अथवा बहुकेन्द्रकी होते हैं। पट प्राय: छिद्रयुक्त होते हैं। बेसीडियोमाइसिटीज में डोल छिद्री पट (dolipore septa) पाये जाते हैं। ऐसे छिद्रों के दोनों ओर एक दोहरी संरचना होती है, जिसे पट छिद्र आच्छद (septal pore cap) अथवा पेरेन्थोसोम (parenthosome) कहते हैं। ये पट एक प्रकार का कपाट (valve) होता है। निम्न श्रेणी के कवकों में कवक जाल में आन्तरिक

विभाजन अथवा पट का अभाव होता है। इस प्रकार के कवक सूत्र सकोशिकी (coenocytic) कहलाते है। (चित्र 9.3)

तालिका 9.1:पादपकाय के प्रकार एवं उदाहरण (Types of Thallus and Examples)

कायिक पादपकाय			
एक कोशिकीय		बहुकोशिकीय	
अमीबीय कोशिका भित्ति अनुपस्थित	निश्चित आकार कोशिका भित्ति उपस्थित	पटयुक्त तन्तुमय	पटहीन तन्तुमय
मिक्सोमाइसीटीज मे उदाहरण: *प्लाज्मोडियोफोरा*	काइट्रिडियोमाइसीटिज एस्कोमाइसीटिज मे पायी जाती है। उदाहरण: *सिनकाइट्रियम, सैकेरोमाइसीज*	ऐस्कोमाइसिटीज, बेसीडियोमाइसिटीज तथा ड्यूटेरोमाइसिटीज मे उदाहरण: क्लेविसेप्स, पक्सिनिया, अस्टिलागो	जाइगोमाइसिटीज, ऊमाइसिटीज मे उदाहरण: ऐल्बूगो तथा पाईथियम

कवक तन्तुओं में रंगहीन, धानीयुक्त कोशिकाद्रव्य पाया जाता है। इसमे अन्तप्रर्दव्यी जालिका, माइटोकॉन्ड्रिया, राइबोसोम, गॉल्जीकाय के अतिरिक्त अनेक अजैव पदार्थ (जैसे संचित खाद्य पदार्थ) पाये जाते है। कवकों में पाये जाने वाले माइटोकोन्ड्रिया की संरचना उच्च वर्गो के माइटोकोन्ड्रिया के समान होती है। कवक तन्तु की कोशिकाओं में एक बड़ी अथवा अनेक छोटी-छोटी रसधानियाँ (vacuole) होती है। प्रत्येक रसधानी के चारों ओर एक पतली झिल्ली होती है जिसे टोनोप्लास्ट (tonoplast) कहते हैं। कवकों में क्लोरोफिल का अभाव होता है परन्तु कैरोटिनॉइड सामान्य रूप से पाये जाते हैं। इनमें भोजन का संचय वसा एवं ग्लाइकोजन (pats and glycogen) के रूप में होता है। कवक तन्तु परपोषी में अन्तर या अन्तरा कोशिकीय (inter or intracellular) रूप से रहते हैं। अन्तर कोशिकीय कवक तन्तु परपोषी कोशिका से भोजन का अवशोषण एक विशिष्ट प्रकार की संरचना से करते हैं। इस सरंचना को चूषकांग (haustoria) कहते हैं एवं इसका आकार कवक स्पीशीज पर निर्भर करता है।

9.3.4 कवक में प्रजनन (Fungal Reproduction)

कवक अन्योन्य सामान्यत: तीन प्रकार से प्रजनन करते हैं:

1. **कायिक प्रजनन (Vegetative reproduction):** कायिक प्रजनन में पादप काय का एक भाग या उसका परिवर्तित स्वरूप, मातृ पादप से अलग होकर, नये पादप के रूप में विकसित होता है। इस प्रकार दो प्रजनन में, प्रजनन की इकाइयों की कोशिका भित्तियाँ या तो पूर्ण रूप से पैतृक होती है या आंशिक रूप से। कवकों में कायिक प्रजनन की निम्नलिखित विधियाँ हैं:

➢ **विखण्डन (Fission):** इन विधियों में कवक थैलस अनेक खण्डों में विभक्त हो जाता है तथा प्रत्येक खण्ड नये पादप को जन्म देने में समर्थ होता है। *म्यूकर (Mucor), ऐस्कोबोलस (Ascobolus)* इत्यादि में विखण्डन द्वारा जनन अतिसामान्य होता है। इनमें कवक सूत्र संघटक कोशिकाओं में टूट जाता है तथा प्रत्येक खण्ड एक बीजाणु (spore), आर्थोबीजाणु (arthospore) या ऑइडिया (oidia) कहलाता है।

➢ **द्विविभाजन (Binary fission):** सरल एक कोशिकीय कवकों में इस विधि से प्रजनन होता है। पादप कोशिका अनुप्रस्थ संकीर्णन एवं भित्ति द्वारा दो बराबर पुत्री कोशिकाओं (daughter cells) में विभक्त हो जाती है। प्रत्येक पुत्री कोशिका अलग हो कर एक नया सूकाय बनाती है। उदाहरण: यीस्ट।

➢ **मुकुलन (Budding):** इस विधि में मातृ कोशिका से एक अतिवृद्धि (outgrowth) निकलती है जो आकार में बढ़ती जाती है। मातृ कोशिका का केन्द्रक विभाजित होकर दो केन्द्रकों का निर्माण करता है। इनमें से एक केन्द्रक इस अतिवृद्धि में कोशिकाओं के साथ गमन करता है। तत्पश्चात् भित्ति पदार्थो की परत बन जाने से अतिवृद्धि का अपनी मातृ कोशिका से सम्बंध विच्छेद हो जाता है। अन्तत: यह अतिवृद्धि मुकुल (bud) मातृ कोशिका से अलग हो जाती है तथा नये पादपकाय में विकसित हो जाती है। उदाहरण: एककोशिकीय कवक। कवकों में कायिक जनन तन्तुजटा (rhizomorph) एवं स्क्लेरोशियम (sclerotium) द्वारा भी होता है। उदाहरण: *अर्मिलेरिया मिलिया (Armillaria mellea)* में तन्तुजटा द्वारा जनन होता है।

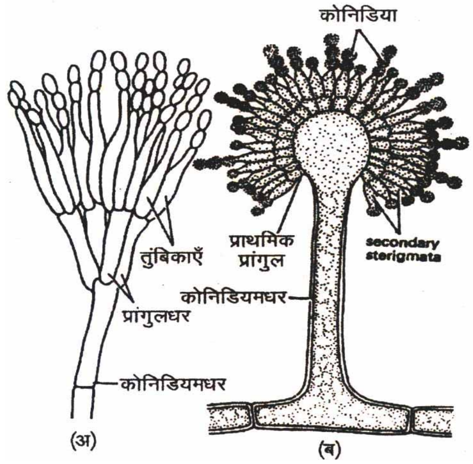
2. **अलैंगिक प्रजनन (Asexual reproduction):** लगभग 20% कवकों में प्रवर्धन केवल अलैंगिक विधियों से होता है। अलैंगिक जनन प्राय: अनुकूल परिस्थितियों में अनेक प्रकार के कोनिडिया (conidia) अथवा बीजाणुओं (spores) द्वारा होता है। बीजाणु एककोशिकीय उदाहरण: *एस्पर्जिलस, पेनिसिलियम (Aspergillus, Penicillium)* अथवा बहुकोशिकीय उदाहरण: *अलटर्नेरिया, सर्कोस्पोरा (Alternaria, Cercospora)* होते है। अचल बीजाणुओं को आर्थोबीजाणु (arthrospores) तथा क्लेमाइडोबीजाणु (chlamydospore) कहते है।

बीजाणु का परिवर्धन अंतर्जात (endogenous) या बहिर्जात (exogenous) होता है। बीजाणु के जीवद्रव्य में पानी की मात्रा कम होती है एवं जीवद्रव्य चक्रण नहीं पाया जाता है। उपापचय धीमा होता हैं तथा धानियों का अभाव होता है। अलैंगिक बीजाणु को सूत्र बीजाणु (mitospores) कहते हैं, इनके निर्माण में अर्धसूत्री विभाजन नहीं होता है। अनेक कवकों में बीजाणुओं का उत्पादन कोष अथवा थैलीनुमा संरचना में होता है जिसे बीजाणुधानी (sporangium) कहते हैं। बीजाणुधानी धारण करने वाले कवक तन्तु को बीजाणुधानीधर (sporangiophore) कहते हैं। बीजाणु निम्न लिखित प्रकार के होते हैं:

➢ **चलबीजाणु (Zoospores):** अधिकांश आद्य जलीय कवकों में चलबीजाणु बनते हैं। इनका निर्माण थैली सदृश्य संरचनाओं, चलबीजाणुधानीयो (zoosporangia) में कोशिका द्रव्य के विदलन (cleavage) द्वारा होता है। चलबीजाणु अनावृत, एक कोशिकीय, एक केन्द्रकी व चलनशील संरचनायें होती हैं। कवकों में तीन प्रकार के चल बीजाणु पाये जाते हैं-

- एक कशाभिकी चलबीजाणु (uniflagellated zoospores) जिसमें कशाभिका पश्च भाग में स्थित होती है, यह कशाभिका प्रतोद (whiplash) प्रकार की होती है। उदाहरण- *सिन्काइट्रियम (Synchytrium)*।
- एक कशाभिकी चलबीजाणु जिसमे कशाभिका अग्रभाग में तथा कूर्च (tinsel) प्रकार की होती है। उदाहरण: राइजीडियोमाइसिज (Rhizidiomyces)।
- द्विकशाभिकी चल बीजाणु (biflagellate zoospores) जिसमें कशाभिकायें अग्रभाग या पार्श्व में लगी होती हैं। इनमें से एक प्रतोद (whiplash) व दूसरी कूर्च (tinsel) कशाभिका होती है। उदाहरण- *फाइटोप्थोरा (Phytophthora), एल्ब्यूगो (Albugo)*।

- **अचलबीजाणु या बीजाणुधानीय बीजाणु (Aplanospores or Sporangiospores):** बीजाणु अचल, एककोशिकीय, एक या बहु केन्द्रकीय होते हैं, इनकी आकृति गोल या दीर्घवृत्ताकार होती है। इनका निर्माण गोलाकार या बेलनाकार बीजाणु धानियों में कोशिका द्रव्य के वितरण द्वारा होता है। अचल बीजाणु अनुकूल परिस्थितियों में अंकुरित होकर नया कवकजाल बनाते हैं।
- **कोनीडिया या कोनिडियोबीजाणु (Conidia or Conidiospores):** सामान्यत: कवकसूत्र के शीर्ष या पार्श्व में बहिर्जात (exogenously) बनने वाले अचलपाती (deciduous) अलैंगिक बीजाणु कोनीडिया या कोनिडियाबीजाणु कहे जाते हैं एवं एकल या श्रृंखला में कोनीडियमधर (conidiophore) पर लगते हैं, जो शाखित (branched) या अशाखित (unbranched), पटयुक्त (septate) या पटहीन (aseptate) हो सकता है। (चित्र 9.4)



चित्र 9.4 कोनिडिया निर्माण द्वारा अलैंगिक जनन

- **अलैंगिक फलन (Asexual Fuctification):** कवकों में मिलने वाले कुछ अलैंगिक फलन इस प्रकार है:

▪ **एसरवुलस (Acervulus):** परजीवी कवकों द्वारा परपोषी की बाह्यत्वचा या उपचर्म (cuticle) के नीचे कवकसूत्र एकत्रित होकर एक सघन चटाई निर्मित करते हैं जिनसे तश्तरी रूपी संरचनाऐ बनती है जिन्हें एसरवुलस कहा जाता है। कवकसूत्र चटाई से छोटे-छोटे सघन कोनीडियाधर (conidiophore) निकलते हैं जिनके शीर्ष से कोनीडिया बनते हैं। उदाहरण- *कोलेटोट्राइकम (Colletotrichum)*।

▪ **स्पोरोडोकियम (Sporodochium):** ये परजीवी कवकों द्वारा परपोषियों पर बनते हैं। इनका निचला भाग बिम्बाकार स्ट्रोमा (stroma) का बना होता है जो परपोषी के उत्तकों को नष्ट कर बाहर निकल आता है। इनकी खुली सतह से छोटे शाखित कोनिडियाधर निकलते हैं, जो एक दूसरे को छूते है। कोनिडियाधर के शीर्ष से कोनिडिया बनते हैं। उदाहरण- *फ्यूज़ेरियम (Fusarium)* ।

▪ **कोरेमियम या सिन्नेमा (Coremium or Synnema):** कोनीडियाधर परस्पर एकत्रित होकर एक लम्बी स्तम्भ सदृश्य बीजाणु धारण करने वाली संरचना बनाते हैं। निचले भाग में कोनीडियाधर परस्पर जुड़े हुये होते हैं तथा ऊपरी भाग में अलग-अलग रहते हैं उदाहरण- *ग्रेफियम (Graphium), आर्थोबोट्रायम (Arthobotryum)*।

- **पिक्नीडियम (Pychidium):** यह फ्लास्क की आकृति का अलैंगिक फलन है। इसकी भित्ति कूट मृदूतक (pseudoparenchyma) से निर्मित होती है। आन्तरिक सतह पर अनेक छोटे कानीडियाधर लगे होते हैं जिनके शीर्ष पर कोनीडिया बनते हैं। यह बीजाणु पिक्नीयो बीजाणु (pycniospores) भी कहे जाते हैं। पिक्नीडियम एक छोटे से छिद्र द्वारा बाहर खुलती है। यह छिद्र आस्यक (ostiole) कहलाता है। पिक्नीडियम अनेक कवकों जैसे *सेप्टोरिया (Septoria)* व *पक्सीनिया (Puccinia)* द्वारा बनाये जाते है।

3. लैंगिक प्रजनन (Sexual Reproduction)

लैंगिक प्रजनन एक अनुकूल मौसम में होता है। लैंगिक प्रजनन का मुख्य उद्देश्य अनुवांशिक विभिन्नता उत्पन्न करना है जिसमें लैंगिक कोशिका, लैंगिक अंग या दो केन्द्रकों का संलयन होता है। साधारणत: कवकजाल एक विशिष्ट संरचना में लैंगिक कोशिकाओं या युग्मको का निर्माण करता है। यदि कवक द्वारा बनाये गये लैंगिक अंगों में आकारिकीय दृष्टि (morphologically) से कोई अन्तर न हो अर्थात उनमें नर व मादा का विभेद न हो सके तो ऐसी युग्मकधानियों को समयुग्मकधानियॉ (isogametangia) कहा जाता है तथा उसमें बनने वाले युग्मकों को समयुग्मक (isogametes) कहा जाता है।

अगर आकारिकीय दृष्टि से (morphologically) युग्मकधानियों में असमानता हो तो उसे विषम युग्मधानियां (heterogametangia) तथा उसमें बनने वाले युग्मकों को विषम युग्मक (heterogametes) कहते हैं। ऐसी स्थिति में नर युग्मकधानी को पुंधानी (antheridium) व मादा युग्मकधानी को अण्डधानी (oogonium) कहते हैं।

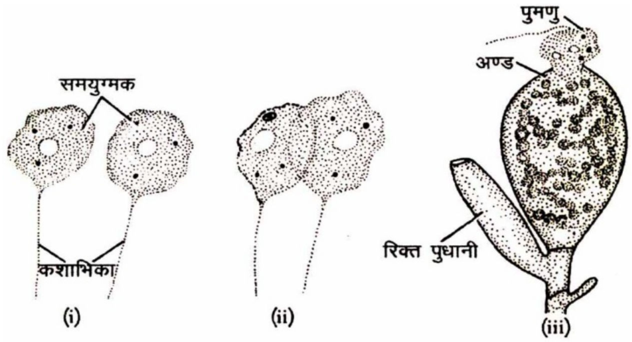
लैंगिक प्रजनन प्रक्रम में निम्नलिखत तीन स्पष्ट प्रक्रियाएँ होती हैं-

- **कोशिकाद्रव्यी संलयन अथवा प्लैज्मोगैमी (Plasmogamy):** इस प्रक्रिया में दो निषेच्य युग्मक अथवा लिंग कोशिकाएँ एक-दूसरे के निकट पहुँचती है तथा उनके जीवद्रव्यको का संलयन होता है। इस प्रकार प्लैज्मोगैमी में जीवद्रव्यको के साथ-साथ दो निषेच्य केन्द्रक भी एक-दूसरे के समीप पहुँचते हैं।
- **केन्द्रक संलयन अथवा केरिओगैमी (Karyogamy):** इस प्रक्रिया में प्लैज्मोगैमी द्वारा निकट लाये गये दो केन्द्रकों के संयोजन से एक द्विगुणित केन्द्रक का निर्माण होता है। द्विगुणित केन्द्रक युक्त इस कोशिका को जाइगोट (Zygote) कहा जाता है एवं यह निषेचन के समान होता है। कुछ कवकों जैसे संवर्ग एस्कोमाइसिटीज एवं बैसिडियोमाइसिटीज के सदस्यों में निषेच्य केन्द्रक, युग्मों के रूप में विद्यमान रहते हैं। इन युग्मों को केन्द्रक यूग्म (dikaryon) कहते हैं। यह प्रावस्था द्विकेन्द्रक प्रावस्था (disaryophase) कहलाती है। द्विगुणित केन्द्रक को सिनकेरिओन (synkaryon) भी कहते हैं। केन्द्रक संलयन के पश्चात् द्विगुणित केन्द्रक का अर्द्धसूत्री विभाजन होता है जिसके परिणामस्वरूप पुन: अगुणित प्रावस्था स्थापित होती है।
- **अर्धसूत्रण (Meiosis):** अपचायक विभाजन (reduction division) जो अगुणित कोशिका अथवा बीजाणु (spores) का निर्माण करता है। अर्द्धसूत्रण दो प्रकार का होता है। प्रथम युग्मकधानीय (gametic) जो की युग्मक निर्माण के समय होता है एवं दूसरा जाइगोटीक (Zygotic) जो जाइगोट के निर्माण के समय होता है।

द्विगुणित कवक में युग्मकधानीय अर्धसूत्रण होता है तथा अगुणित कवक में अर्द्धसूत्री विभाजन जाइगोट बनाने के बाद होता है जिससे बनने वाले बीजाणु अगुणित होते हैं व ये अंकुरित (germinate) होकर अगुणित कवकजाल का निर्माण करते हैं।

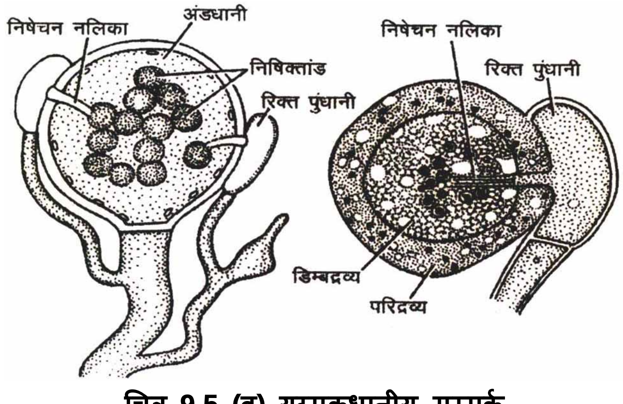
➢ **लैंगिक जनन की विधियाँ (Methods of sexual reproduction):** कवकों में निषेच्य केन्द्रक निन्नलिखित विधियों द्वारा एक दूसरे के समीप आते हैं:

▪ **चलयुग्मकी मैथुन (Planogametic copulation):** अनावृत (naked) तथा चलनशील (motile) युग्मक, चलयुग्मक (planogamete) कहे जाते है। इनका संलयन चलयुग्मकी मैथुन कहलाता है। यह समयुग्मन, असमयुग्मन या विषमयुग्मन के रूप में हो सकता है। उदाहरण: *एलोमाइसिस (Allomyces)*। (चित्र 9.5 अ)



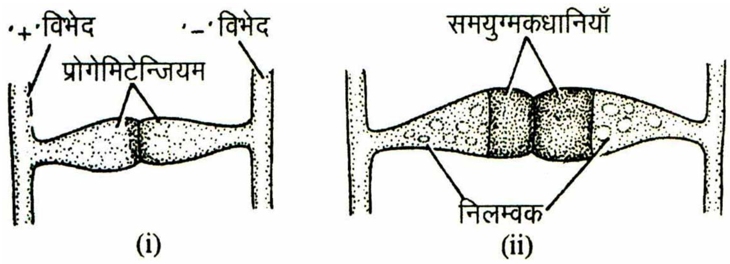
चित्र 9.5 (अ) चलयुग्मकी मैथुन: (i) समयुग्मन, (ii) असमयुग्मन,(iii) विषमयुग्मन

▪ **युग्मकधानीय संम्पर्क (Gametangial contact):** कुछ कवकों में युग्मक अचल एवं असमान आकार के होते हैं तथा युग्मक धानियों से स्वतंत्र नहीं होते हैं। नर तथा मादा जननांग एक-दूसरे के सम्पर्क में आते हैं तथा ऐसी स्थिति में नरयुग्मक या नर केन्द्रक का स्थानान्तरण पुंधानी (antheridium) से अण्डधानी (oogonium) में एक छिद्र या नलिका की सहायता से होता है। उदाहरण: *एलब्यूगो (Albugo), पाइथियम (Pythium)* आदि। (चित्र 9.5 ब)



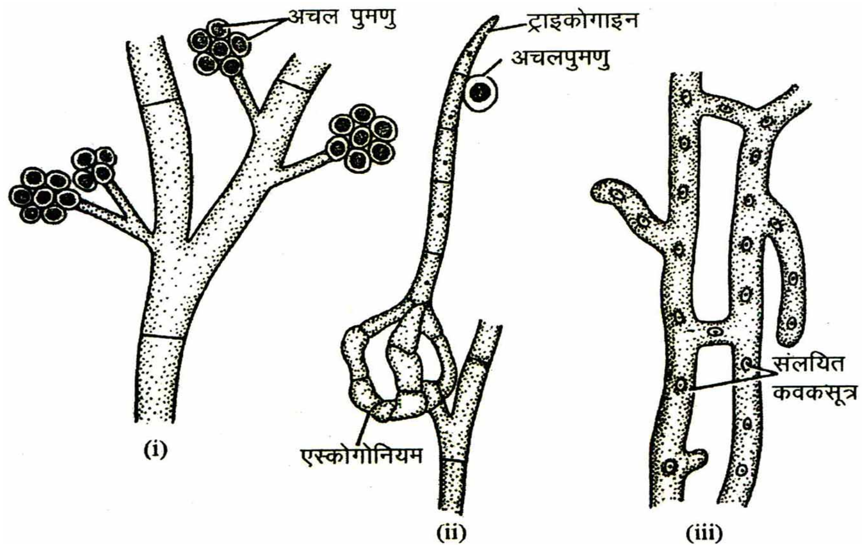
चित्र 9.5 (ब) युग्मकधानीय सम्पर्क

▪ **कायिक युग्मन (Somatogamy):** इस विधि में दो कायिक कोशिकाएँ या कवकसूत्र परस्पर संलयित होकर yakd izd;kizjehkdjrsg^mnkgj.k% *माकेला (Morchella), पेजाइजा (Peziza), अस्टीलेगी मेडिस (Ustilago maydis)*। (चित्र 9.5 स)



चित्र 9.5 (स) लैंगिक जनन: कायिक युग्मन

- **युग्मकधानीय मैथुन (Gametangial copulation):** यह भी उन कवकों में होता है जिनमें युग्मक अचल होते है। इस विधि में संलयित होने वाली दोनों युग्मकधानियों को उभयनिष्ठ भित्ति का विलोप हो जाता है तथा दोनों युग्मकधानियों की सम्पूर्ण अन्तर्वस्तुएं परस्पर संयोजित हो जाती है। उदाहरण: *म्यूकर (Mucor), पाइलोबोलस (Pilobolus)*।
- **अचल पुमणु युग्मन (Spermatisation):** इस विधि में नर युग्मक अचल पुमणु (spermatia) कहे जाते हैं तथा ये छोटी अचल, एक केन्द्रकीय व बीजाणु सदृश्य संरचनायें होती हैं। ये (नर युग्मक) जल अथवा वायु कीट द्वारा विशिष्ट ग्राही कवक सूत्रों (receptive hyphae) तक पहुँचते हैं। सम्पर्क स्थल पर भित्ति गलन हो जाता है व अचल पुमणु की अन्तर्वस्तुएँ कोशिका द्रव्य लयन द्वारा ग्राही कवक सूत्र में प्रवेश कर जाती हैं। उदाहरण: पक्सीनिया (Puccinia), न्यूरोस्पोरा (Neurospora)। (चित्र 9.5 द)



चित्र 9.5 (द) लैंगिक जनन (i)-(ii). अचलपुमणुयुग्मक (iii)..कायिक युग्मन

9.3.5 कवक का जीवन चक्र (Life Cycle of Fungi)

लैंगिक जनन करने वाले सजीवों में जीवन में, अनेक आकारिकी एवं कोशिकी अवस्थायें क्रमबद्ध रूप से अस्तित्व में आती रहती है।

➢ कवक भी अन्य की तरह अगुणित एवं द्विगुणित प्रावस्था में एकान्तर को प्रदर्शित करती है।

- उच्च श्रेणी कवक ऐस्कोमाइसिटीज तथा बेसिडियोमाइसिटीज में अगुणित व द्विगुणित प्रावस्था के मध्य एक तीसरी प्रावस्था द्विकेन्द्रिकी (dikaryo phase) भी देखने को मिलती है।

कवकों में तीन प्रकार का जीवन चक्र पाया जाता है:

1. **एकल पीढ़ी अगुणित (Haplobiontic haploid or halpontic):** मुक्त जीवी (free living) थैलस अगुणित होता है। अर्द्वसूत्री विभाजन केन्द्रक संलयन के बाद तथा जाइगोट के अंकुरण के पहले मध्य मे पाया जाता है। जाइगोट (zygote) ही एक अकेली द्विगुणित प्रावस्था होती है। इस अवस्था में केन्द्रक संयोजन के तुरन्त पश्चात् अर्धसूत्री विभाजन हो जाता है अत: कायिक कोशिकायें अगुणित होती है, यह एकल पीढ़ी ही जीवन चक्र की प्रभावी अवस्था होती है। ऐसे जीवन चक्र को एकलपीढ़ी-अगुणित (Haplobiontic haploid) कहा जाता है। उदाहरण: *पाइलोबोलस (Pilobolus), म्यूकर (Mucor)* इत्यादि।
2. **एकल पीढ़ी द्विगुणित (Haplobiontic diploid or diplontic):** मुक्त जीवी थैलस द्विगुणित होता है। अर्द्वसुत्री विभाजन युग्मक निर्माण के समय होता है। जीवन चक्र में केवल युग्मक ही अगुणित प्रावस्था होती है। इस जीवनचक्र को एकल पीढी-द्विगुणित (Haplobiontic diploid) भी कहते है। उदाहरण- *ऐल्बूगो (Albugo), यीस्ट (Yeast)*।
3. **द्विपीढी जीवन चक्र (Diplobiontic)**

   (Gr.-diploos=double+bios=life)

   अगुणित थैलस का एकान्तरण द्विगुणित के साथ होता है। उदाहरण: ऐलोमाइसीज (Allomyces), प्लाज्मोडियोफोरामाइसिटीज (Plasmodiophoromycetes) आदि।

रेपर (Raper, 1954) ने कवक में 7 प्रकार के जीवन चक्र का वर्णन किया है:

1. **अलैंगिक (Asexual):** यह कवक इमपरकेक्टाई (fungi imperfectii) द्वारा प्रदर्शित की जाती है। जहां लैंगिक या द्विगुणित प्रावस्था अज्ञात है। उदाहरण: *अल्टरनेरीया (Alternaria), हेल्मिन्थोस्पोरीयम (Helminthosporium)* आदि।
2. **अगुणित (Haploid):** थैलस सामान्यत: अगुणित, परन्तु द्विगुणित प्रावस्था जाइगोट में होती है। उदाहरण: निम्न श्रेणी ऐस्कोमाइसिटीज की तरह (lower grade ascomycetes type)।
3. **प्रतिबंधित केन्द्रकयुग्म के साथ अगुणित (Haploid with restricted diakaryon):** थैलस अगुणित होता है लेकिन अल्प द्विकेन्द्री अवस्था (short dikaryo phase) पाई जाती है जो अगुणित कवक जाल पर आधारित होती है। उदाहरण: उच्च श्रेणी ऐस्कोमाइसिटीज की तरह (Higher grade ascomycetes types)।
4. **अगुणित द्विकेद्रकीय (Haploid dikaryotic):** कुछ कवकों में स्पष्ट रूप से दो प्रावस्था पायी जाती हैं द्विकेन्द्रकी प्रावस्था जो प्रभावी स्वतंत्र एवं एक द्विगुणित जाइगोट में समाप्त होती है। उदाहरण: स्मट को छोड़कर अधिकांश बेसिडियोमाइसिटीज में पाई जाती है।
5. **द्विकेन्द्रकी (Dikaryotic):** द्विकेन्द्रकी प्रावस्था प्रभावी होती है। अगुणित व द्विगुणित अवस्था एक केन्द्रकीय yakd izd;kizjehkdjrsg^mnkgj.k%jlv (Rust) एवं स्मट (Smut): *पक्सिनिया (Puccinia), अस्टीलागो (Ustilago)*।
6. **अगुणित द्विगुणित (Haploid-Diploid):** दोनों प्रावस्थाए एकान्तर रूप से पाई जाती है। ये केवल ब्लास्टोक्लेडिऐलिस (Blastocladiales) तथा Euclomycetales; *एस्कोसाइब ग्रोनेसाई*

(Ascocybe gronesii) तथा *सेकेरोमाइसिज सैरेविसी (Saccharomyces cerevisiae)* में पायी जाती है।

7. **द्विगुणित (Diploid):** द्विगुणित प्रावस्था प्रभावी होती है तथा अगुणित प्रावस्था, अर्द्धसूत्री तिभाजन के उत्पाद तक ही सीमित रहती है। उदाहरण: यीस्ट (Yeasts), मिक्सोमाइसिटीज (Myxomycetes), ब्लास्टोक्लेडिऐलिज (Blastocladiales)।

9.3.6 कवक का वर्गीकरण (Classification of Fungi)

एलेक्जोपोलस (Alexopoulos, 1962,68) ने अपनी पुस्तक "Introductory Mycology" में अपने वर्गीकरण को प्रस्तुत किया। समस्त कवकों (श्लेष्म फफूंदी संहित जीवाणुओं को छोड कर) को एक प्रभाग (division) में रखा गया जिसका नाम माइकोटा (Mycota) है। इस प्रभाग के दो भाग किये गये है:

➢ **एलेक्जोपोलस का वर्गीकरण**

प्रभाग (Division): माइकोटा (Mycota)

उपप्रभाग (Subdivision)-1: मिक्सोमाइकोटिना (Myxomycotina): अमीबा सदृश्य कायिक संरचना में कोशिका भित्ति का अभाव होता है, कायिक अवस्था प्लाज्मोडियम (Plasmodium)।

वर्ग (Class)-मिक्सोमाइसिटीज (Myxomycetes): कायिक अथवा बहु केन्द्रकी कोशिका भित्ति रहित जीवद्रव्य को एक संहति के रूप में मिलती है। बीजाणुओं का निर्माण अर्द्धसूत्रण द्वारा होता है।

उपप्रभाग (Subdivision)-2: यूमाइकोटीना (Eumycotina): कायिक अवस्था प्लाज्मोडियम न होकर एक एककोशिकीय या सुविकसित सूत्रवत कवकजाल के रूप में मिलती है। सुस्पष्ट कोशिका भित्ति उपस्थित होती है। जनन युग्मको या बीजाणुओं द्वारा होता है। (Plasmodium)।

कायिक व जनन लक्षणों के आधार पर 8 वर्गो में विभक्त किया गया है। तथा एक कषत्रिम वर्ग में विभाजित किया गया है।

वर्ग (Class)1- काइट्रिडियोमाइसिटीज (Chytridiomycetes): चल कोशिकाओं में एक एकल, पश्चस्थ एवं प्रतोद (whiplash) कशाभिका मिलती है।

वर्ग (Class)2- हाइपोकाइट्रिडियोमाइसिटीज (Hypochytridiomycetes): चल कोशिकाओं में एक, एकल अग्रस्थ एवं कूर्च (tinsel) कशाभिका मिलती है।

वर्ग (Class)3- ऊमाइसिटीज (Oomycetes): चल कोशिकाओं में विपरीत दिशाओं की ओर निर्दिष्ट दो कशाभिकाये मिलती है। इनमें से एक प्रतोद तथा दूसरी कूर्च प्रकार की होती है।

वर्ग (Class)4- प्लाज्मोडियोफोरोमाइसिटीज (Plasmodiophoromycetes): चल कोशिकाओं में दो अग्रस्थ असमान प्रतोद कशाभिकायें मिलती है।

वर्ग (Class)5- जाइगोमाइसिटीज (Zygomycetes): किसी भी प्रकार की चल कोशिकायें नहीं मिलती। लैंगिक जनन, दो समरूप युग्मक धानियों के संलयन द्वारा होता है तथा युग्माणु (zygospore) बनता है। कवक सूत्र पट हीन होते हैं।

वर्ग (Class)6- ट्राइकोमाइसिटीज (Trichomycetes): चल कोशिकाएं अनुपस्थित होती है। थैलस शाखित, संकोशिकीय कवक जाल (coenocytic mycelium) के रूप में मिलता है। आर्थोपोडा में परजीवी होता है।

वर्ग (Class)7- ऐस्कोमाइसिटीज (Ascomycetes): चल कोशिकाओं का पूर्णत: अभाव होता है। लैंगिक जनन के द्वारा ऐस्कोबीजाणु बनते हैं। कवक सूत्र पट युक्त।

वर्ग (Class)8- बेसीडियोमाइसिटीज (Basidiomycetes): चल कोशिकाओं का पूर्णत: अभाव होता है। लैंगिक जनन के द्वारा बेसिडियो बीजाणु बनते है। कवक सूत्रों में पट उपरिथत होते हैं।

कृत्रिम वर्ग (Form class)9- ड्यूटेरोमाइसिटीज (Deuteromycetes): लैंगिक जनन का अभाव अथवा अज्ञात है। प्रजनन मुख्यत: अलैंगिक बीजाणुओं द्वारा होता है। कवक सूत्रों में पट उपस्थित होते है।

➢ **ऐलेक्सोपोलस एवं मिम्स, 1972 (Alexopoulos & Mims, 1972)**

ऐलेक्सोपोलस तथा मिम्स ने अपने वर्गीकरण में कवक के लिये एक पृथक जगत की स्थापना की तथा कवक को निम्न प्रकार वर्गीकृत किया।

उच्च जगत (Super kingdom)- यूकेरीयोटा (Eukaryota) (पूर्ण विकसित केन्द्रक उपस्थित)

जगत (Kingdom)- माइसिटी (Myceteae) (थैलस पर्णहरित रहित, मृतोवजीवी, तन्तुमय, कोशिका भित्ति काइटिन की बनी, अवशोषी प्रकार का पोषण एवं बीजाणु द्वारा प्रवर्धन)

जगत माइसिटी को गतिशील बीजाणुओं के आधार पर तीन भाग में विभाजित किया है:

प्रभाग 1- जिम्नोमाइकोटा (Div.I- Gymnomycota)

लक्षण- परभक्षी, कोशिका भित्ति अनुपस्थित, गतिशील बीजाणुओं का निर्माण हो भी सकता है या नहीं भी होता है।

उप–प्रभाग–ऐक्रेसियोजिम्नोमाइकोटिना	**उप–प्रभाग प्लाज्मोडियो जिम्नोमाइकोटिना**
(Sub division-Acrasiogymnomycotina)	**(Sub division-Plasmodiogymnomycotina)**

प्रभाग 2- मास्टीगोमाइकोटा (Division II-Mastigomycota)

लक्षण- पोषण अवशोषण द्वारा, कोशिका भित्ति उपस्थित एवं गतिशील बीजाणुओं का निर्माण होता है।

उपप्रभाग-I हैप्लोमास्टीगोमाइकोटीना (Haplomastigomycotina)

लक्षण- एक या द्वि कशाभिकी चलबीजाणु, जीवन चक्र एकल पीढ़ी अगुणित प्रकार का। अर्द्धसूत्रण जाइगोटिक प्रकार का होता है।

बीजाणु में कशाभिका के प्रकार के आधार पर उप प्रभाग- हेप्लोमास्टीगोमाइकोटीना को तीन वर्गो में विभक्त किया गया है।

वर्ग 1- काइट्रिडियोमाइसिटीज (Chytridiomycetes): चलबीजाणु एक कशाभिकी, कशाभिकी पश्च एवं प्रतोद। उदाहरण: सिनकाइट्रियम (Synchytrium)

वर्ग 2- हाइपोकाइट्रिडियोमाइसीटीज (Hypochytridiomycetes): जलीय, चलबीजाणु एक कशाभिकीय; कशाभिका अग्र एवं कूर्च।

वर्ग 3- प्लाज्मोडियोफोरोमाइसीटीज (Plasmodiophoromycetes): नग्न जीवद्रव्यक, परपोषी की कोशिकाओं के भीतर परजीवी।

उपप्रमाग-2 डिप्लोमेस्टीगोमाइकोटीना (Diplomastigomycotina)

लक्षण- चलबीजाणु द्विकशाभिकीय, जीवन चक्र एकल पीढ़ी द्विगुणित/युग्मकंधानीय अर्द्धसूत्रण पाया जाता है। इसमें केवल एक ही वर्ग को रखा गया है।

वर्ग 1- ऊंमाइसिटीज (Oomycetes): कवकजाल संकोशिकी, तन्तुमय, कोशिका भित्ति काइटिन, सेल्युलोस तथा ग्लूकेन की बनी होती है। चलबीजाणु द्विकशाभिकी, पश्च कशाभिका प्रतोद तथा अग्र कशाभिका कूर्च। उदाहरण: *ऐल्बूगो (Albugo)*

प्रभाग 3- अमेस्टिगोमाइकोटा (Division III-Amastigomycota)

लक्षण- पोषण अवशोषण द्वारा, कोशिका भित्ति उपस्थित एवं गतिशील कोशिका का निर्माण नहीं होता है।

9.3.7 कवकों का आर्थिक महत्त्व (Economic Importance of Fungi)

कवकों का जीवधारियों- मनुष्य, जन्तु व पौधों के साथ घनिष्ठ सम्बंध है ये हमारे दैनिक जीवन को प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप से प्रभावित करते हैं। कवक हमारे दैनिक उपयोग की वस्तुएँ जैसे भोजन, वस्त्र, चमड़े की वस्तुएँ, लकड़ी आदि को नष्ट करते हैं।

कवक मानव जाति के लिए उपयोगी व हानिकारक दोनो हैं।

कवक के मुख्य उपयोग:

1. **औषधियों में (Medicines):** कवक प्रतिजैविक का निर्माण करते हैं। Sir Alexander Fleming ने (1929) में सर्वप्रथम *पेनिसिलियम नोटेटम (Penicillium notatum)* से पेनिसिलिन का निचोड़ प्राप्त किया। *पेनिसिलियम क्राइसोजीनम (Penicillium chrysogenum)* से भी यह औषधि प्राप्त की जाती है। *क्लेविसेप्स (Claviceps)* से अरगोटिन एक ऐल्केलोइड के रूप में प्राप्त होती है जो बच्चे के जन्म के समय रूधिर स्त्राव को नियन्त्रित करती है।
2. **किण्वन (Fermentation):** अनेक कवक जैसे यीस्ट; *सेकेरोमाइसीज (Saccharomyces)* आदि शर्करा को ऐल्कोहॉल एवं कार्बन डाई आक्साइड में परिवर्तित कर देते हैं। इसी गुण के कारण इनका उपयोग बेकरी उद्योग व मद्य निर्माण में किया जाता है।
3. **एन्जाइम (Enzymes)**: के रूप में: कवकों में अनेक अंत: कोशिक (Intracellular) व कोशिका बाह्य (Extra cellular) एन्जाइम पाये जाते है। *ऐस्पर्जिलस (Aspergillus)* से अनेक एन्जाइम जैसे- डाईजेस्टीन, पोलीजाइम, टाका डायस्टेज (taka diastase) आदि, जिनका प्रयोग स्टार्च के पाचन में किया जाता है।
4. **कार्बनिक अम्ल (Organic acid):** कुछ कवकों का उपयोग कार्बनिक अम्लो के वाणिज्यिक उत्पादन में किया जाता है। *पेनिसिलियम* तथा *ऐस्पर्जिलस* का उपयोग सिट्रिक अम्ल, इटेकॉनिक अम्ल, ग्लूकोनिक अम्ल, कोजिक अम्ल तथा फ्यूमेरिक अम्ल के उत्पादन में किया जाता है।
5. **डेयरी उत्पाद (Dairy Products):** पेनिसिलियम की कुछ जातियों का उपयोग पनीर की स्वादिष्ट किस्मों के परिपक्वन में किया जाता है। ये कवक पनीर में विशेष सुवाद (flavour) उत्पन्न करते हैं।

6. **प्रोटीन के उत्पादन में (Protein production):** यीस्ट विटामिन बी एवं डी का प्रमुख स्त्रोत हैं। *सैकेरोमाइसीज, रोडोटोरूला* व *टोरूलाप्सिस* नामक यीस्ट कोशिकाओं में प्रोटीन प्रचुर मात्रा में (40%) होता हैं।
7. **भोजन (Food):** अनेक कवक को भोजन के रूप में खाया जाता है। उदाहरण: *ऐगेरीकस ढीगरी (Agaricus dhingri), मोरकेला (Morchella)* आदि।
8. **विटामीन (Vitamins):** यीस्ट से विटामीन बी-कॉम्प्लेक्स तथा विटामीन डी प्राप्त किये जाते हैं।
9. मृतोपजीवी कवक कार्बनिक पदार्थों के अपघटन के द्वारा मृदा की उर्वरकता को बढ़ाती हैं।
10. कवक पादपों व जन्तुओं में कई बीमारियाँ फैलाती है। पादपों में- आलू का लेट ब्लाइट (late blight of potato) - *फाइटोफ्थोरा इन्फेस्टेन्स (Phytophthora infestens)*, गेहूँ का पाउडरी मिल्ड्यू (powdery mildew of wheat)- *ऐरीसाइफी ग्रेमिनिस (Erysiphae graminis)*, क्रूसीफैरी कुल मे सफेद रस्ट (white rust in crucifers)- *ऐल्बूगो केन्डिडा (Albugo candida)*, गेंहू का लूज स्मट (loose sumt of wheat)- *अस्टिलैगो ट्रिटिसाई (Ustilago tritici)*, आलू का अर्ली ब्लाइट (early blight of potato)- *आल्टनैरिया सोलेनाई (Alternaria solani)*, गन्ने का रेड रॉट (Red rot of sugarcane)- *कोलीटोट्राइकम फल्केटम (Colletotrichum falcatum)*।
11. पशुओं में कवक रोग (Fungal diseases in animals)

ऐथीलीट फुट (Athlete foot)	– टाइनिया रूब्रम (Tinea rubrum)
रिंग वर्म (Ringworm)	– ट्राइकोफॉइटान (Trichophyton)
म्यूकरमाइकोसिस (Mucormycosis)	– म्यूकर व राइजोपस (Mucor and Rhizopus)
ऐस्पर्जिलोसिस (Aspergillosis)	– ऐस्पर्जिलस (Aspergillus)
पेनिसिलोसिस (Penicillosis)	– पेनिसिलियम (Penicillium)

कवकों द्वारा होने वाले मनुष्यों के कुछ रोग (Human fungal diseases)

ऐस्पर्जिलोसिस (Aspergillosis)	– ऐस्पर्जिलस फ्लेवस (Aspergillus flavus)
केन्डिडायसिस (Candidiasis)	– केन्डिडा ऐल्बीकैन्स (Candida albicans)
स्पोरोट्राइकोसिस (Sporotrichosis)	– ट्राइकोफाइटॉन परप्यूरियम (Trichophyton purpureum)

9.3.8 बोध प्रश्न

1. कवक के कोई तीन सामान्य लक्षण बताइये।
2. कवकों में लैंगिक जनन कितने चरणों में पूरा होता है?
3. कवक सूत्र संकोशिक किसे कहते है?
4. कवकों का कायिक थैलस कितने प्रकार के होते है? नाम बताइये तथा इसमें कोई एक अन्तर स्पष्ट करिये?
5. कवकों का औषधीय महत्व बताइये।
6. पशुओं तथा मनुष्यों में कवक जनित कोई दो रोगों के नाम लिखिये।

9.4 शैवाल (Algae)

9.4.1 प्रस्तावना (Introduction)

प्रकृति में कई हजार शैवालों की प्रजातियां पाई जाती हैं। पृथ्वी पर बहुत कम स्थान हैं जहाँ पर शैवाल नहीं पाये जाते हैं। ये महासागर, समुद्र, लवणीय झीलों, स्वच्छ पानी की झीलों, तालाबों एवं झरनों, चट्टानों पर, पत्थरों पर, पेड़ों की छाल में तथा पादप एवं जन्तुओं में सभी जगह पाये जाते हैं।

जहाँ पर पर्याप्त प्रकाश, नमी एवं साधारण पोषण हो वहाँ पर शैवाल पाये जाते हैं। कुछ शैवाल बर्फ में तथा ध्रुवीय प्रदेशों में बर्फीले पहाड़ों की चोटी पर भी पाई जाती हैं एवं कुछ शैवाल गर्म स्त्रोतों तथा जहाँ 55^0 से. तक तापमान होता है, में भी पाई जाती हैं।

शैवाल (algae) क्लोरोफिल युक्त पौधो का समूह है यह स्त्रीधानीयुक्त पौधों (archegoniate plants) की भाँति जड़, तने व पतियों में विभेदित नही होता है।

यद्यपि अधिकांश शैवाल स्वपोषित (autotrophic) होते हैं, परन्तु कुछ शैवाल परपोषित, (heterotrophic), परजीवी (parasitic) अथवा प्राणिसमभोजी (holozoic) भी हैं। अधिकांश प्राकृतिक वासो की आहार श्रृंखला में शैवाल प्राथमिक उत्पादक (primary producer) के रुप में कार्य करते हैं। शैवाल के कुछ संलग्न रुप (attached forms) समुद्र व झीलों के किनारे उपस्थित चट्टानों पर संलग्न पाये जाते हैं। इन्हे फाइटोबेन्थोस (phytobenthos) कहते है।

कुछ शैवाल विकसित पौधों अथवा बड़े आमाप के शैवाल पर उगते हैं, इन्हें अधिपादपीय शैवाल (epiphytic algae) कहते हैं।

9.4.2 सामान्य लक्षण (General Characters)

- शैवालों के अध्ययन को फाइकोलोजी (Phycology) कहते हैं। यह शब्द दो ग्रीक शब्दों *फाइकोस (phykos)*= शैवाल, *लोगोस*= अध्ययन से मिलकर बना है।
- शैवालों का पादपकाय थैलस होता है।
- इनमें मूल, स्तम्भ तथा पर्णा का विभेदन नहीं होता है।
- पादप काय एककोशिक या बहुकोशिक, तन्तुमय, थैलाभ और यूकेरियोटीक, गतिशील व अगतिशील होता है। प्रोकेरियोटीक नील हरित शैवालों को भी शैवाल में शामिल किया गया है। अब इन्हे मोनेरा में रखा गया है।
- शैवाल मुख्यत: जलीय (स्वच्छ व समुद्री), मुक्त प्लावी या किसी आधार पर स्थापित तथा स्वपोषी होते हैं। उदाहरण: अधिपादपी शैवाल- *ऊडोगोनियम (Oedogonium), नॉनस्टॉक (Nostoc)*। अधिजान्तव शैवाल: *क्लेडोफोरा (Cladophora)*। अन्त: जन्तुक शैवाल (Endozoic algae): *जुक्लोरैला (Zoochlorella)*। परजीवी शैवाल (Parasitic algae): *सिफेल्यूरोस (Cephaleuros)*। सहजीवी शैवाल (Symbiotic algae): *ऐनाबिना (Anabaena)*।
- इनमें किसी भी प्रकार का संवहन तंत्र और अधिचर्मीय उत्तकों का अभाव होता है।

- जनन मुख्यत: कायिक जनन (खण्डन) लेकिन अलैंगिक व लैगिक जनन सामान्यत: पाये जाते हैं।
- अलैंगिक जनन विभिन्न प्रकार के बीजाणुओं चलबीजाणु (zoospores), अचलबीजाणु (aplanospores), सुप्तबीजाणु (hypnospores), एकाइनीट्स (akinetes), पाल्मेला अवस्था (palmella), अन्त:बीजाणु (endospores), जनकाभ बीजाणु (autospores) तथा सिस्ट (cyst) आदि के बनने से होता है।
- लैंगिक जनन मुख्यत: युग्मको के संलयन से होता है तथा यह समयुग्मन (isogamy), असमयुग्मन (anisogamy), विषमयुग्मन (oogamy) प्रकार का होता है।
- युग्मकों का निर्माण युग्मकधानी (gametangium) में होता है।
- लैंगिक अंग (sex organs) एक कोशिकीय अथवा बहुकोशिकीय और जैकेट रहित होते हैं।
- इनमें भ्रूण का निर्माण नहीं होता है।
- मुख्य शैवाल वर्णक (pigments), क्लोरोफिल, कैरोटिनोइड, फायकोबिलिन्स, बिलीप्रोटीन्स, जेन्धोफील आदि हैं।
- गतिशील कोशिका कशाभिका होती है।
- कशाभिका में तन्तुओं की व्यवस्था 9+2 रूप में उपस्थित होती है।
- संग्रहित भोजन पोलीसैकेराइड होता है। सत्य स्टार्च (true starch) केवल क्लोरोफाइटा व कैरोफाइटा में ही पाया जाता है।
- भूरी शैवाल में लेमिनेरीन (laminarin), यूग्लिनोइड में पेरामाइलोन (paramylon), जेन्थोफाइटा, बेसिलेरियोफाइटा तथा क्राइसोफाइटा में ल्यूकोसिन (leucocine) पाया जाता है।
- शैवालों में पीढ़ी एकान्तरण (Alternation of generation) पाया जाता है।
- बीजाणुद्भिद् अवस्था (saprophytic phase) समजात (isomorphic) या विषमजात (dimorphic) होती है।
- युग्मकोद्भिद अवस्था (gametophytic phase) प्रभावी होती है।

9.4.3 शैवाल में थैलस संगठन (Thallus Organization in Algae)

शैवालों के कायिक थैलस में व्यापक विविधता पायी जाती है। इनमें पादप काय सूक्ष्म, प्रारुपिक एक कोशिकीय से लेकर बहुकोशिकीय जटिल प्रारुपो तक अनेक प्रकार के होते है। इनका आमाप (size) एक माइकोन अथवा उससे भी कम से लेकर असूक्ष्म वृहत आमापीय (macroscopic) होता है। थैलस संगठन (thallus organization) के आधार पर शैवालों को निम्नलिखित पाँच श्रेणियों में विभक्त किया जा सकता है।

1. एक कोशिकीय रुप (Unicellular forms)
2. निवहरुप (Colonical forms)
3. तंतुल रुप (Filamentous forms)
4. साइकोनियस रुप (Siphonaceous forms)
5. पैरेन्काइमी रुप (Parenchymatous forms)

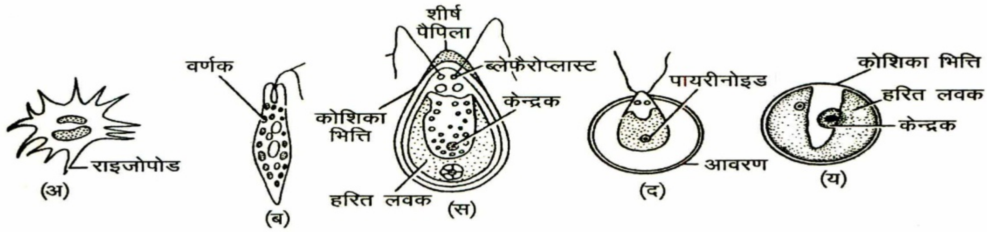
बहुकोशिकीय रुपों की उत्पत्ति एककोशिकीय रुपों के निरन्तर विभाजन से हुई है। निवही अथवा कॉलोनीय रुपों का विकास संतति कोशिकाओ के श्लेष्मकीय आधात्री

(mucilaginous matrix) में एकत्रित होने से हुआ है। इसी प्रकार तंतुल रूप (filamentous forms) कोशिकाओं के निरन्तर अनुप्रस्थ विभाजन से विकसित हुए हैं। तन्तुओं के निर्माण में विभाजन के पश्चात् संतति कोशिकाएँ एक-दूसरे से पृथक नहीं होती है। साइफोनियस रुप (siphonaceous forms) का विकास भी केन्द्रकों के पुनर्विभाजन से हुआ है। इसमें केन्द्रकीय विभाजन के पश्चात् भित्तियों का निर्माण नही होता है। तन्तुओं की कोशिकाओं के विभाजन अनेक तलों में होने से पैरेन्काइमी रुप विकसित हुए हैं।

1. एक कोशिकीय रुप (Unicellular forms)

शैवालों के कैरोफाइसी (Charophyceae) तथा फिओफाइसी (Phoeophyceae) वर्गो को छोड़कर शेष सभी वर्गो में एक कोशिकीय प्रारुप पाये जाते हैं। ऐसे शैवाल अकोशिक (acellular) भी कहलाते है। चूंकि इनमें कोशिकीय विभेदन न होने से जीवन की सभी क्रियाएं एक ही कोशिका में होती है। (चित्र 9.6 अ-य) एककोशिकीय प्रारुपों को तीन वर्गो में विभक्त किया जा सकता है:-

- **राइजोपोडियल (Rhizopodial):** राइजोपोडियल कोशिकाओं में दृढ़ कोशिका भित्ति का अभाव होता है। जीवद्रव्यी बहिर्वेशन (protoplastmic projections) पाये जाते हैं जिनके द्वारा यह अमीबीय गति (amoeboid movement) करते हैं। उदाहरण: *राइजोक्राइसिस (Rhizochrysis)*, *राइजोक्लोरिस (Rhizochloris)* आदि।
- **कशाभिक (Flagellated):** कुछ अपवादों को छोड़कर अधिकाशं शैवालों में कशाभिक कायिक कोशिकाएँ (flagellated vegetative cells), चलयुग्मक (motile gametes) अथवा चल बीजाणु (zoospores) पाये जाते हैं। इनमें कशाभिकाओं की संख्या तथा प्रकार में भिन्नता होती है। एक कोशिकीय कशाभिक कोशिकाएँ भित्तिहीन (जैसे *यूग्लीना (Euglena)* अथवा सुनिश्चित भित्तियुक्त जैसे *क्लेमाइडोमोनास (Chlamydomonas)* होती है।
- **सर्पिल तंतुवत् एककोशिकीय रुप (Spiral filamentous unicellular forms):** कुछ एककोशिकीय शैवाल सर्पिल (spiral) अथवा कुण्डलित (coiled) तन्तुवत् रचना बनाते हैं। जैसे: स्पाइरूलिना (Spirulina)।
- **अगतिशील रुप (Non-motile forms):** शैवालों में गोलाभ (coccoidal) अथवा अचल (non-motile) रुप पाये जाते हैं। ये अकशाभिक तथा दृढ़ कोशिका भित्ति युक्त होते है। इनमें सुसंगठित केन्द्रक व प्लास्टिड्स का अभाव होता है। उदाहरण: *क्रूकोकस (Chroococcus)* क्लोरोफाइसी वर्ग के अगतिशील सरल रुपों में केन्द्रक तथा प्लास्टिड पाये जाते है। उदाहरण: *क्लोरेला (Chlorella)*। (चित्र 9.6)

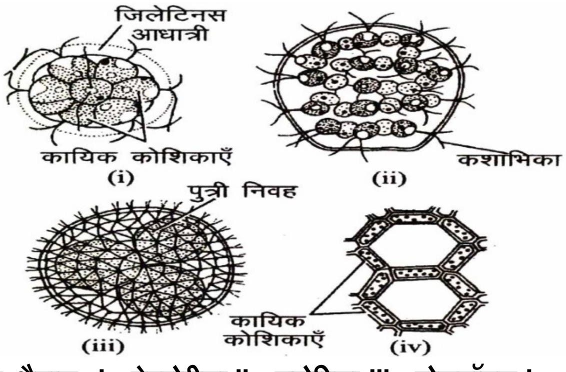


चित्र 9.6 अ-य एककोशिकीय शैवाल: अ. *क्रिसअमीबा*, ब. *यूग्लीना*, स. *क्लेमाइडोमोनास*, द. *फेकोटस*, य. *क्लोरेला*

2. निवही रुप (Colonial forms)

शैवालों के निवही अथवा कॉलोनीय रुपों की उत्पत्ति साहचर्य कोशिका विभाजन के पश्चात् संतति कोशिकाओं के एक ही श्लेष्मकीय आधात्री (mucilaginous matrix) में एकत्र होने के कारण हुई है। उदाहरण: *वॉल्वॉक्स (Volvox)* (चित्र 9.7 i-iv)। आकारिकी (morphology) के आधार पर निवही संगठन (colonial organization) निम्नलिखित चार प्रकार का हो सकता है:-

- **सीनोबीयल (Coenobial):** इस प्रकार की कालोनी में कोशिकाओं की संख्या निश्चित होती है तथा वे एक विशिष्ट क्रम में विन्यासित रहती है। यह कालोनी सीनोबीयम (coenobium) कहलाती है। गतिशील सीनोबीयम की कोशिकाएँ कशाभिक होती हैं। उदाहरण: *पेन्डोराइना (Pandorina), यूडोराइना (Eudorina), वॉलवाक्स (Volvox)* आदि। अगतिशील सीनोबीयम की कोशिकाएं एक दूसरे से लगभग संलयित होती है। उदाहरण: *हाइड्रोडिक्टियान (Hydrodictyon)*।
- **पाल्मेलाभ (Palmelloid):** सीनोबीयम के विपरीत पाल्मेलाभ कॉलोनी की कोशिकाओं में विभाजन होते हैं। अत: इनमें कोशिकाओं की संख्या निश्चित नहीं होती है तथा इनका आकार व आमाप भी अनिश्चित होता है। पाल्मेलाभ कॉलोनी की कोशिकाएं श्लेष्मकीय आधात्री में अनियमित रुप से अन्त: स्थापित रहती हैं। उदाहरण: *टेट्रास्पोरा (Tetraspora)*।
- **वृक्षाभ (Dendroid):** वृक्षाभ कॉलोनी का भी आकार तथा आमाप अनिश्चित होता है। इस प्रकार की कॉलोनी मे कोशिकाएं श्लेष्मीय सूत्रों द्वारा शाखाओं के रुप में संगठित रहती हैं तथा सम्पूर्ण कालोनी एक शाखित पौधे के रुप में दिखाई देती है। उदाहरण: *क्राइसोडेन्ड्रान (Chrysodendron)*।
- **राइजोपोडियल (Rhizopodial):** राइजोपोडियल कॉलोनी में कोशिकाएँ राइजोपोडिया (Rhizopodia) द्वारा जुड़ी रहती हैं। क्राइसोफाइसी वर्ग का *क्राइसीडिएस्ट्रम (Chrysidiastrum)* इस प्रकार की कॉलोनी का प्रमुख उदाहरण है।



चित्र 9.7 निवही शैवाल: i. *पेन्डोरीना* ii. *यूडोरिना* iii. *वोलवॉक्स* iv. *हाइड्रोडिक्टियोन*

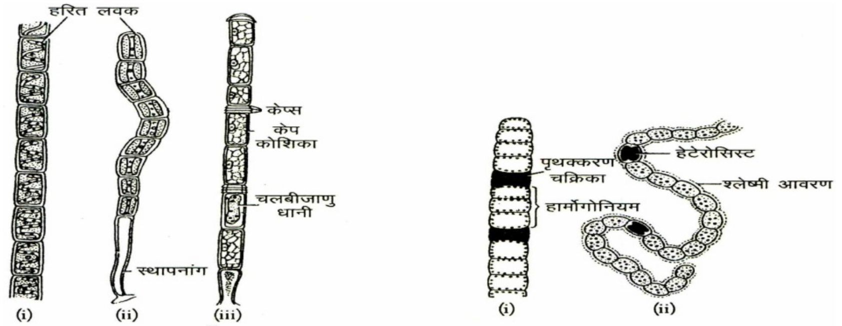
3. तन्तुल रुप (Filamentous forms)

शैवालों के तन्तुल रुपों की उत्पति कोशिकाओं के अनेक अनुप्रस्थ विभाजनों से हुई है। इसमें संतति कोशिकाएं पृथक् न होकर एक ही दिशा में जुड़ जाती हैं तथा एक तन्तु बनाती हैं। तन्तु एक या अधिक पंक्तियों में साथ ही शाखित अथवा अशाखित हो सकते हैं।

शाखित तन्तुओं (branched filaments) में शाखाओं का निर्माण कोशिकाओं में पार्श्व उद्धत (lateral outgrowth) की उत्पत्ति तथा उनमें अनुप्रस्थ भित्तियों के बनने से होता है। तन्तुओं में शाखन आभासी (false) अथवा सत्य (true) हो सकता है। मिक्सोफाइसी वर्ग के *साइटोनिमा (Scytonema)* वंश में आभासी शाखन पाया जाता है।

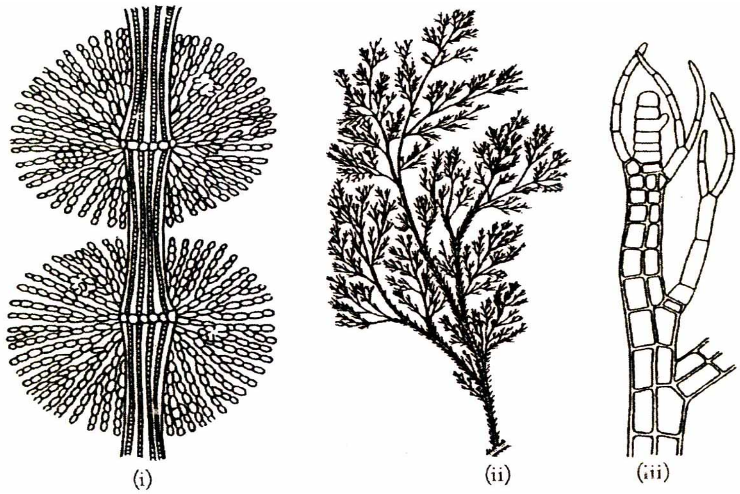
सत्य शाखन (true branching) में तीन प्रकार के थैलस बनाते है:

- **सरल शाखित (Simple branched):** इसमें तन्तु किसी आधार पर एक आधारी कोशिका (basal cell) द्वारा संलग्न रहता है। उदाहरण: *क्लैडोफोरा (Cladophora)*।
- **विषमतन्तुक (Heterotrichous):** इसमें थैलस श्यान (prostrate) तथा उर्ध्व (erect) भागों में विभेदित होता है। विषमतन्तुक प्रकृति शैवालों की सबसे प्रगत जातियों में पायी जाती है। उदाहरण: *कोलियोकीट (Coleochaete)*। (चित्र 9.8 अ-ब)



चित्र 9.8 (अ) तन्तुनुमा शैवाल (i) *स्पाइरोगायरा* चित्र 9.8 (ब) तन्तुनुमा शैवाल (ii) *यूलोथ्रिक्स* (iii) *ऊडोगोनियम* (i) *ऑसिलेटोरिया*, (ii) *नॉस्टॉक*

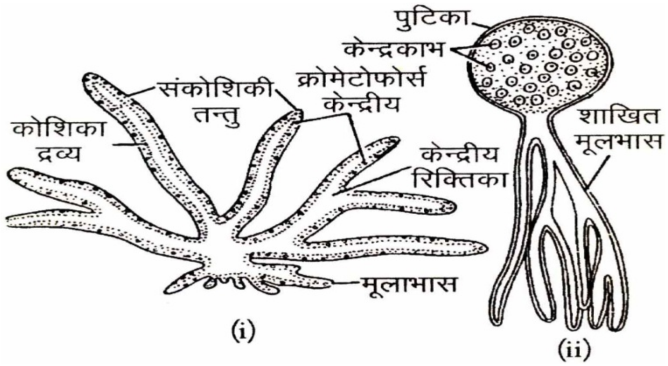
- **आभासी पैरेच्छाइमी (Pseudo-parenchymatous):** अनेक तन्तुल शैवालों में एक अथवा अधिक केन्द्रीय तन्तु तथा उनकी शाखाएँ संगठित होकर पैरेन्काइमा जैसी संरचना बनाती हैं जिसे आभासी पैरेन्काइमा कहते है। ये दो प्रकार के हो सकते हैं- एकअक्षीय (Aniaxial) उदाहरण: *बैट्रेकोस्पर्मम (Batrachospermum)*, बहुअक्षीय (polyaxial) उदाहरण: *पॉलीसाइफोनिया (Polysiphonia)*। (चित्र 9.9)



चित्र 9.9 आभासी मृदुतकीय शैवाल: (i) *बेट्रेकोस्पर्मम*, (ii) *पोलिसाइफोनिया*

4. साइफोनियस रुप (Siphonaceous form)

इस प्रकार के शैवालों का थैलस शाखित, पटहीन व बहु केन्द्रकी नलिकाकार तन्तुओं से निर्मित होता इनमें कोशिका-विभाजन के पश्चात् भित्ति निर्माण नहीं होता है। पट (septa) केवल जननांगो के निर्माण के से ही बनते हैं। उदाहरण: *बोट्रीडियम (Botrydium), वौकेरिया (Vaucheria)*। (चित्र 9.10)



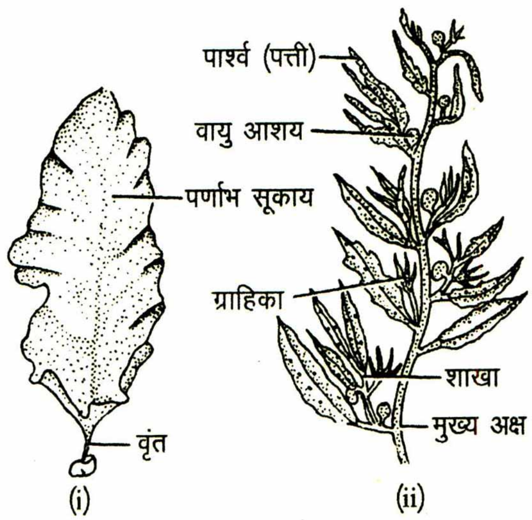
चित्र 9.10 नलिकाकार शैवाल: (i) *वाउचीरिया* (ii) *बोट्रीडियम*

5. त्स कैट 6४1 (Parenchymatous forms)

शैवालों में पैरेन्काइमी थैलस का विकास तन्तु कोशिकाओं के दो अथवा अधिक तलों में विभाजन से हुआ है। विभाजन के पश्चात् संतति कोशिकाओं के पृथक न होने के फलस्वरुप विभिन्न प्रकार की पैरेन्काइमी संरचनाए बन जाती हैं। उदाहरण: *अल्वा (Ulva), सारगैसम (Sargassum)* (चित्र 9.11)।

पैरेन्काइमी शैवालों की वृद्धि निम्न प्रकार से हो सकती है:

- **शीर्षस्थ (Apical)-** जैसे: *डिक्टियोटा (Dictyota)* में
- **अन्तर्वेशी (Intercalary)-** जैसे: *लेमिनेरिया (Laminaria)* में
- **ट्राइकोथैलिक (Trichothallic)-** जैसे: *पोराफायरा (Porphyra)* में



चित्र 9.11 मृदूतकीय शैवाल: (i) *अल्वा,* (ii) *सारगैसम*

9.4.4 शैवाल में जनन (Reproduction in Algae)

शैवालों में जनन निम्नलिखित तीन विधियों से होता है।

1. कायिक जनन (Vegetative reproduction)
2. अलैंगिक जनन (Asexual reproduction)
3. लैंगिक जनन (Sexual reprodcution)

1. कायिक जनन (Vegetative reproduction)

शैवालों में कायिक जनन व्यापक रूप से पाया जाता है। यह निम्न विधियों से होता है:

➢ **खण्डन (Fragmentation):** तन्तुकीय (filamentous) शैवाल जैसे *यूलोथ्रिक्स (Ulothrix), स्पाइरोगाइरा (Spirogyra), जिग्निमा (Zygnema)* आदि में तन्तु अनेक छोटे-छोटे खण्डों में टूट जाता है। प्रत्येक खण्ड वृद्धि करके नया पादप बनाता है।

2. कोशिका विभाजन अथवा विखण्डन (Fission): यह प्रवर्धन की सरलतम विधि है तथा यह विभाजन अनेक एककोशिकीय नील-हरित शैवालों व डेस्मिड्स (desmids) में सामान्य रूप से पाया जाता है। इस प्रक्रिया में एक कोशिकीय पादप शरीर की कोशिका में समसूत्री विभाजन (mitosis) से दो संतति कोशिकाएँ (daughter cells) बनती हैं जो एक-दूसरे से स्वतंत्र होकर नये पादप के रूप में जीवनयापन करती है।

कई विशिष्ट शैवालों में कायिक जनन हार्मोगोनो (hormogones), अपस्थानिक शाखाओं (adventitious branches), कंदों (tubers) व मुकूलन (budding) द्वारा भी होता है।

3. हार्मोगोन द्वारा (By hormogones): नील हरित शैवाल *ऑसिलेटोरिया, नॉस्टाक* के तन्तु (trichome) के खण्ड को हार्मोगोन कहते हैं। यह खण्ड एक से कई कोशिकाओं का हो सकता है। तन्तु की दो अन्तर्वेशी कोशिकाओं (intercalary cells) के नष्ट होने से बना खष्ठ या हार्मोगोन नये तन्तु के रूप में वृद्धि करता है।

4. अपस्थानिक शाखाओं से (By adventitious branches): कई बड़े थैलस वाले शैवालों पर अनेक शाखाएं उत्पन्न हो जाती है जिन्हें अपस्थानिक शाखायें कहते हैं। मुख्य काय से पृथक् हो, ये शाखाएँ नवीन पादप बना लेती है। उदाहरण: *डिक्टियोटा (Dictyota), फ्यूकस (Fucus)* आदि।

5. कंद द्वारा (By tubers): *कारा (Chara)* के मूलाभासों पर स्टार्ची कंद बनते हैं जो पृथक् होकर नवीन पादप बनाते है।

6. मुकूलन द्वारा (By budding): कुछ शैवालों जैसे *प्रोटोसाइफॉन (Protosiphon)* के शरीर के प्रचुरोद्भवन (proliferation) से गोलाकार मुकुल (bud) बन जाते हैं जो झड़ कर नया पादप बनाते हैं।

2. अलैंगिक जनन (Asexual reproduction)

शैवालों में अलैंगिक जनन अनूकूल परिस्थितियों में कई प्रकार के चल तथा अचल बीजाणुओं द्वारा होता है। संरचना व कार्य के आधार पर बीजाणु निम्न प्रकार के होते हैं-

➢ **चलबीजाणु (Zoospores):** ये कशाभिकायुक्त (flagellated), नग्न (naked) तथा वर्णकीलवक (chromatophore) युक्त बीजाणु हैं। इनमें एक दृक् बिन्दु (eye spot) होता है।

इनमें कशाभिकाओं की संख्या दो (जैसे- *एक्टोकार्पस* मे), चार (*यूलोथ्रिक्स* के गुरू बीजाणु मे) अथवा ये बहुकशाभिकी हो सकते हैं। चल बीजाणु मातृ पादप से मुक्त होने पर कुछ समय तक जल में तैरने के बाद, उपयुक्त आधार पर स्थित होकर नव शैवाल पादप को जन्म देते हैं।

➢ **अचलबीजाणु (Aplanospores):** ये अगतिशील व पतली भित्ति युक्त बीजाणु हैं जो जल की कमी में *यूलोथ्रिक्स (Ulothrix)* व अन्य शैवालों में बनते हैं। प्रत्येक बीजाणु अंकुरित होकर नये थैलस का निर्माण करता है।

➢ **जनकाभ बीजाणु (Auto spores):** *सिनेडेस्मस (Scenedesmus)* व *क्लोरेला (chlorella)* के प्रसुप्त बीजाणुओं में, बीजाणुधानी से मुक्त होने से पूर्व ही मातृ कोशिका में पायी जाने वाली सभी संरचनाओं का निर्माण हो जाता है। ये बीजाणु मातृकोशिका से आकार में कुछ छोटे होते हैं, इन्हें ऑटोस्पोर कहते हैं।

➢ **सुप्त बीजाणु (Hypnospores):** *पेडिएस्ट्रमं (Pediastrum), स्फेरिएला (Sphaerella),* आदि शैवालों में अचल बीजाणु जल की कमी होने पर, अपने चारों ओर मोटी भित्ति स्त्रावित कर प्रसुप्त बीजाणु बन जाते हैं। अनुकूल परिस्थितियों में ये या तो सीधे अथवा चल बीजाणुओं (zoospores) द्वारा नये पौधों को जन्म देते हैं।

➢ **चतुष्की बीजाणु (Tetraspores):** *बेट्रेकोस्पर्मम (Batrachospermum), पोलीसाइफोनिया (Polysiphonia)* इत्यादि के द्विगुणित पौधों में अचल बीजाणु बनते हैं, जिन्हें चतुष्की बीजाणु कहते हैं। ये अगुणित होते हैं तथा अंकुरित होकर अगुणित पौधे को जन्म देते हैं।

➢ **निश्चेष्ट बीजाणु (Akinetes):** प्रतिकूल परिस्थितयों में तन्तु की कुछ कोशिकाएँ खाद्य पदार्थ संचय कर अपने चारों ओर मोटी भित्ति स्त्रावित करती हैं और निश्चेष्ट बीजाणुओं में बदल जाती है। ये प्रतिरोधी बीजाणु हैं तथा अनुकूल अवस्थाओं में अंकुरित होकर नये शैवाल पादप को जन्म देते हैं। उदाहरण: *क्लेडोफोरा (Cladophora), पिथोपोरा (Pithophora), नास्टॉक (Nostoc), वाकैरिया (Vaucheria)* आदि में।

➢ **प्रबल बीजाणु या आक्सोबीजाणु (Auxospores):** बेसिलेरियोफाइसी (Bacillariophyceae) में ये सामान्य रूप से पाये जाते हैं। आक्सोबीजाणु द्वारा कोशिका विभाजन के समय लघुत्तम आकार धारण कर लेने वाली कोशिकाएँ एक बार फिर सामान्य आकार धारण कर लेती हैं।

➢ **पाल्मेला अवस्था या श्लेष्मावस्था (Palmella stage):** जब कोई कोशिका विभाजन कर चलबीजाणु (zoospores) बनाना प्रारम्भ करती है, परन्तु इसी बीच जल की कमी हो जाने से, चलबीजाणु बनाने वाले जीवद्रव्य के चारों ओर एक पतली श्लेष्मा भित्ति बन जाती है। कशाभिकाएँ परिवर्धित नहीं होती हैं। मातृकोशिका भी श्लेष्मा से भर जाती है। इस अवस्था को पाल्मेला अवस्था कहते हैं। अनुकूल परिस्थितियों में प्रत्येक एक केन्द्रकी जीवद्रव्य चल अथवा अचल बीजाणु के रूप में कार्य करता है (जैसे *यूलोथ्रिक्स* मे)।

➢ **पुत्री निवह द्वारा (By daughter colony):** समंडलीय शैवालों (coenobial algae) में समंडल की कुछ कोशिकाएं निरन्तर विभाजनों से पुत्री निवह (colony) बनाकर जनन करती है। उदाहरण- *वॉल्वॉक्स, यूडोराइना, पेडिएस्ट्रम* इत्यादि।

3. लैंगिक जनन (Sexual reproduction)

जब परिस्थितियां प्रतिकूल होती हैं तो शैवाल लैंगिक जनन विधि द्वारा जनन करते हैं । युग्मक (gametes) जिन कोशिकाओं में बनते हैं उन्हें युग्मकधानी (gametangium) कहते हैं। लैंगिक जनन की दृष्टि से शैवाल दो प्रकार के होते हैं:

➢ **समथैलिक (Homothallic):** जब एक ही थैलस से बने युग्मक, आपस में संयोजन करने में समर्थ होते हैं तो ऐसे शैवाल को समथैलिक शैवाल कहते हैं।

➢ **विषमथैलिक (Heterothallic):** जब संयुग्मन करने वाले नर व मादा युग्मक अलग-अलग तन्तुओं या थैलस पर उत्पन्न होते हैं तो उस शैवाल को विषमथैलिक कहते हैं।

लैंगिक जनन को तीन प्रकारों में विभक्त किया जा सकता है:

1. **समयुग्मन (Isogamy):** जब संलयित (fuse) होने वाले युग्मक आकारिकीय (morphologically) रूप से एक समान होते हैं तो ऐसे लैंगिक जनन को समयुग्मकी (isogamous) तथा संलयन से बने उत्पाद को युग्माणु (zygospore) कहते हैं। ऐसे समान युग्मको को समयुग्मक (isogametes) कहते हैं। युग्मक कशाभिकी (flagellated) होते हैं जैसे: *यूलोथ्रिक्स (Ulothrix)* व *क्लेमाइडोमोनास (Chlamydomonas)*। इन शैवालो में युग्मक संलयन युग्मकधानियों से बाहर जल में होता है। *स्पाइरोगाइरा (Spirogyra)* तथा *जिग्निमा (Zygnema)* में युग्मक कशाभिकाविहीन अर्थात् अचल होते हैं। इनमें युग्मक यद्यपि आकारिकी में तो समान होते है लेकिन कार्यात्मक विभिन्नत (Physiological difference) प्रदर्शित करते हैं।
2. **असमयुग्मन (Anisogamy):** इस प्रकार के जनन में नर व स्त्री युग्मक भिन्न-भिन्न आकार व गतिशीलता के होते हैं अर्थात नर युग्मक छोटे व गतिशील तथा स्त्री युग्मक बड़े व कम गतिशील होते हैं। अर्थात नर व मादा युग्मक आकारिकी तथा क्रियाशीलता में एक दूसरे से भिन्न होते हैं, ऐसे युग्मको को असमयुग्मक (anisogametes) तथा उनके संलयन होने की प्रक्रिया को असमयुग्मकता (anisogamy) कहते है। असमयुग्मक *क्लेमाइडोमोनास ब्राउनाइ (Chlamydomonas braunii), पेण्डोरिना (Pandorina), एक्टोकार्पस सिकण्ड्स (Ectocarpus seecandus)* आदि में पाया जाता है। इस प्रकार में भी दोनो प्रकार के युग्मक संबंधित युग्मक धानियों से जल में मुक्त होते हैं। अत: युग्मक संलयन जल में ही होता है।
3. **विषमयुग्मकता (Oogamy):** यह लैंगिक जनन की सबसे अधिक विकसित विधि है। नर-युग्मक छोटे, गतिशील तथा अधिक संख्या में बनते हैं जबकि स्त्री युग्मक पर्याप्त बड़े तथा अचल होते हैं और जिस कोशिका में बनते हैं उसे अण्डधानी या ऊगोनियम (oogonium) कहते हैं, वहीं स्थित रहते है। नर-युग्मक तैरकर स्त्री युग्मकधानी में स्थित स्त्री युग्मक तक पहुँचते हैं और संलयित होकर युग्मनज या निषिक्तांड (oospore) बनाते है। रोडोफाइसी (लाल शैवाल) में और भी जटिल प्रकार का विषमयुग्मकी लैंगिक जनन पाया जाता है। इनमें नर तथा स्त्री जननांगों को क्रमश: स्पर्मेशिया (spermatia) तथा कार्पोगोनिया (carpogonia) कहते हैं। विषमयुग्मकता *क्लेमाइडोमोनास कोकिफेरा (Chlamydomonas coccifera), कोलियोकीट (Coleochaete), ऊडोगोनियम (Oedogonium), सारगैसम (Sargassum)* इत्यादि में पायी जाती है।

9.4.5 शैवाल का वर्गीकरण (Classification of Algae)

फ्रिश (Fritsch, 1935) ने शैवालों को उनके वर्णकों (pigments), कशाभिकाओं तथा संचित भोज्य पदार्थो की प्रकृति के आधार पर निम्नलिखित 11 संवर्गो (classes) में विभाजित किया है:

1. क्लोरोफाइसी (Chlorophyceae)
2. जेन्थोफाइसी (Xanthophyceae)
3. क्राइसोफाइसी (Chrysophyceae)
4. बेसिलेरियेफाइसी (Bacillariophyceae)
5. क्रिप्टोफाइसी (Cryptophyceae)
6. डाइनोफाइसी (Dinophyceae)
7. क्लोरोमोनेडिनी (Chloromonadinae)
8. यूग्लीनिनी (Euglinidae)
9. फियोफाइसी (Phaeophyceae)
10. रोडोफाइसी (Rhodophyceae)
11. मिक्सोफाइसी (Myxophyceae)

1. क्लोरोफाइसी (Chlorophyceae)

स्वच्छ जलीय शैवाल, जिसमें मुख्य वर्णक क्लोरोफिल a तथा b और उसके साथ ही β-केरोटिन, जेन्थोफिल आदि की थोड़ी सी मात्रा भी पायी जाती है। कोशिका भित्ति सेल्यूलोस की बनी व संचित भोजन स्टार्च होता है। उदाहरण: *क्लेमाइडोमोनास, वॉल्वॉक्स, कोलियोकीट* इत्यादि।

2. जेन्थोफाइसी (Xanthophyceae)

इस वर्ग के पादपों का रंग पीत-हरित और मुख्य वर्णक क्लोरोफिल a तथा क्लोरोफिल e एवं संचित भोज्य पदार्थ तेल (oil) व वसा (fat) होता है। पाइरिनोइड अनुपस्थित होता है। उदाहरण: *बोट्रीडियम* इत्यादि ।

3. क्राइसोफाइसी (Chrysophyceae)

इस वर्ग के पादपों का रंग पीला-हरा होता है। मुख्य वर्णक में क्लोरोफिल व β-केरोटिन, जेन्थोफिल एवं फाइकोक्राइसिन होता है। संचित भोजन में ल्यूकोसिन वसा, तेल एवं अघुलनशील कार्बोहाइड्रेट्स होता है। उदाहरण: *क्रोम्यूलिना, क्रिप्टोफोरा* इत्यादि ।

4. बेसिलेरियोफाइसी (Bacillariophyceae)

ये मुख्यत: पीले, सुनहरे भूरे रंग में पाये जाते है। प्रधान वर्णक डाइटोमिन होता है। पाइरेनोइड उपस्थित होता है। क्लोरोफिल b व c उपस्थित होते हैं। संचित भोज्य पदार्थ वसा और ल्यूकोसिन के रूप में होते है। उदाहरण- *पिन्यूलेरिया, एपिथेमिना*।

5. क्रिप्टोफाइसी (Cryptophyceae)

क्रिप्टोफाइसी वर्ग में आने वाले शैवाल लाल, हरे, ऑलिव हरे (olive green) रंगों में पाये जाते हैं। प्रत्येक कोशिका में दो बड़े क्लोरोप्लास्ट (chloroplasts) पाये जाते हैं। आवास

में स्वच्छ जलीय व समुद्री जलीय दोनों अवस्थाएँ पाई जाती हैं। प्रधान वर्णक क्लोरोफिल a तथा c व β-केरोटिन, जेन्थोफिल व क्रिप्टोमोनाड बिलिप्रोटीन होते है। संचित भोज्य स्टार्च, वसा तथा तेल होते हैं। उदाहरण- *क्रिप्टोमोनास, फिओप्लेक्स*।

6. डाइनोफाइसी (Dinophyceae)

इस वर्ग को डाइनोफ्लेजिलेट भी कहते हैं। ये शैवाल गहले पीले, भूरे या लाल रंग के होते हैं। मुख्य वर्णक क्लोरोफिल a तथा c व β-केरोटिन, जेन्थोफिल होते हैं। संचित भोज्य स्टार्च, वसा व तेल के रूप में होते हैं। उदाहरण- एम्फीडिनियम (Amphidinium)।

7. क्लोरोमोनेडिनी (Chloromonadineae)

पौधे चमकीले हरे रंग के होते है तथा मुख्य वर्णक क्लोरोफिल a,b व γ-केरोटिन, लाइकोपीन तथा जेन्थोफिल होते हैं। संचित भोजन वसा के रूप में होते हैं। उदाहरण: *वेक्यूओलेरिया (Vacuolaria)*।

8. यूग्लीनिडी (Euglinidae)

इसे यूग्लीनोइडी भी कहते हैं। एक कोशिकिय, गतिशील तथा सूक्ष्मदर्शी प्रोटोजोआ से समानता रखते हैं। इनमें क्लोरोफिल a तथा b, बीटा केरोटीन व ल्यूटीन नामक वर्णक तथा संचित भोजन पेरामिलोन (paramylon) होता है। उदाहरण- *यूग्लीना (Euglena)*।

9. फियोफाइसी या भूरी शैवाल (Phaeophyceae or Brown algae)

पीली या भूरी शैवाल होती है। इस समूह में मुख्य वर्णक क्लोरोफिल a तथा c, बीटा-केरोटीन, फ्यूकोजैन्थिन, ल्यूटिन व वायलोजैन्थिन तथा संचित भोजन लेमिनेरिन व मेनीटोल होते हैं। गतिशील चलबीजाणु में दो पक्ष्माभ (cilia) होते हैं। उदाहरण: *फ्यूकस*, सारगैसम। दो स्वच्छ जलीय वंशों (genera) को छोड़ कर सभी शैवाल समुद्री जल में पाये जाते हैं।

10. रोडोफाइसी या लाल शैवाल (Rhodophyceae or Red algae)

इस समूह में मुख्य वर्णक क्लोरोफिल a तथा d, एल्फा व बीटा केरोटीन, ल्यूटिन, r-फाइकोसाएनिन व r-फाइकोइरिथ्रिन होते है। संचित भोज्य पदार्थ फ्लोरिडियन स्टार्च होता है। लाल रंग-r-फाइकोइरिथ्रिन के कारण होता है। सामान्यत: समुद्री जल में पाये जाते हैं। जनन के द्वारा अगतिशील कोशिकाओं का उत्पादन करते हैं। लैंगिक जनन विषमयुग्मकी (oogamous) प्रकार का होता है। उदाहरण: *पोलीसाइफोनिया, पोरफाइरा*।

11. मिक्सोफाइसी या साइनोफाइसी या नील हरित शैवाल (Myxophyceae or Cyanophyceae or Blue green algae)

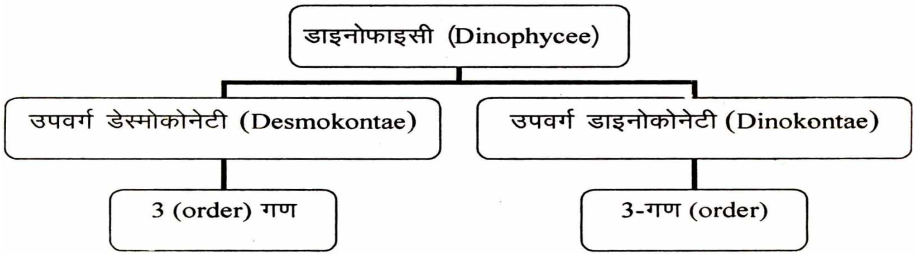
यह प्रारम्भिक (Primitive), प्रोकेरियोटीक शैवाल हैं जिन्हें अब जीवाणुओं (Bacteria) के साथ सुपर जगत (Super kingdom) प्रोकेरियोटा (Prokaryota) में रखा गया है।

इस वर्ग में मुख्य वर्णक क्लोरोफिल a, बीटा केरोटिन, ल्यूटिन, जियाजेन्थिन, C-फाइकोसाएनिन व C-फाइकोइरिथ्रिन होते हैं। नील हरित रंग वर्णक C-फाइकोसाएनिन के कारण होता है।

संचित भोजन साइनोफाइसियन स्टार्च व साएनोफाइसियन प्रोटीनयुक्त कण होते हैं। इन शैवालों में सुस्पष्ट केन्द्रक (true nucleus) नहीं होता है अत: इन्हें प्रोकेरियोटिक शैवाल कहते

हैं। लैंगिक जनन अनुपस्थित होता है लेकिन लैंगिक संयुग्मन (sexual conjugation) पाया जाता है। उदाहरण- *ऑसीलेटोरिया, नास्टॉक* आदि।

- **Fritsch (1935)**



1. डेस्मोमोनेडेलीज (Desmomonadales)
2. थीकाटेलीज (Thecatales)
3. डाइनोफाइसिएलीज (Dinophysiales)

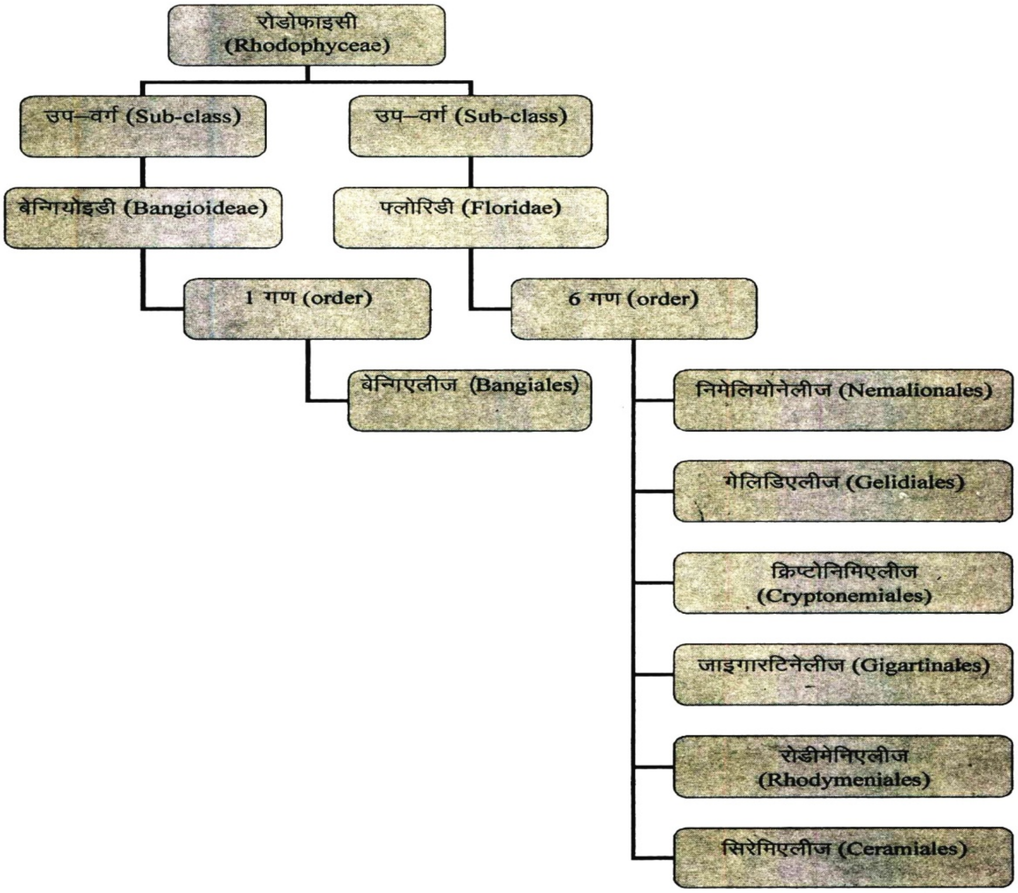
1. डाइनोफ्लेजीलेटा (Dinoflagellata)
2. डाइनोकोकेलीज (Dinococcales)
3. डाइनोट्राइकेलीज (Dinotrichales)

- **(Fritsch, 1945)**

फियोफाइसी को 9 गणों में विभाजित किया:-

1. एक्टोकार्पेलीज (Ectocarpales)
2. टिलोप्टेरीडेलीज (Tilopteridales)
3. कट्लेरिएलीज (Cutleriales)
4. स्पोरोक्नेलीज (Sporochnales)
5. डेस्मेरेस्टिएलीज (Desmarestiales)
6. लैगिनेस्एलीज (Laminariales)
7. स्फेसीलेरिएलीज (Sphacelariales)
8. डिक्टियोटेलीज (Dictyotales)
9. फ्यूकेलीज (Fucales)

- **(Fritsch, 1945)**



- **(Fritsch, 1935)**

क्लोरोफाइसी को 9 गणों में विभाजित किया:

1. वॉलवोकेलीज (Volvocales)
2. क्लोरोकोकेलीज (Chlorococcales)
3. यूलोट्राइकेलीज (Ulotrichales)
4. क्लेडोफोरेलीज (Cladophorales)
5. कीटोफोरेलीज (Chaetophorales)
6. ऊडोगोनिएलीज (Oedogoniales)
7. कोन्जुगेलीज (Conjugales)
8. साइफोनेलीज (Siphonales)
9. कारेलीज (Charales)

9.4.6 शैवालों का आर्थिक महत्व (Economic Importance of Algae)

शैवाल पादप जगत (plant kingdom) का एक महत्वपूर्ण समूह है। ये सामान्यत: जलीय (अलवणजलीय एक समुद्री) आवासों में पाये जाते हैं तथा ताल मलफेन (pond-scum) अथवा समुद्री-घास (sea-weed) के नाम से प्रचलित हैं। इनकी नियंत्रित वृद्धि मानव की अनेक ज्वलन्त समस्याओं जैसे खाद्य पदार्थों की गुणवत्ता एवं पैदावार, उचित जल एवं मिट्टी संरक्षण

तथा वाहित मल एवं औद्योगिक उत्सर्गों के निक्षेपण में सहायक हो सकती है। परन्तु शैवालों की अनियंत्रित वृद्धि जलाशय महामारी, जलमालिन्य (water fouling) आदि हानिकारक प्रभाव डालती है।

1. औद्योगिक एवं कृषि में आर्थिक महत्व के शैवालों के मुख्य उत्पाद निम्नलिखित हैं:

- **अगर-अगर (Agar-Agar):** यह एक जैल जैसा पदार्थ है जिसमें गेलेक्टोस व सल्फेट (galactose and sulphate) होता है। इसे लाल शैवाल से प्राप्त किया जाता है। अगर-अगर का उपयोग सूक्ष्मजीवों के संवर्धन माध्यम (culture medium) तथा बेकरी, सौन्दर्य-प्रसाधन, औषधियों, चमड़ा तथा कपड़ा उद्योग इत्यादि में भी काम आता है। *जेलिडियम (Gelidium), ग्रेसिलेरिया (Gracilaria), जिजार्टिना (Gigartina)* आदि का उपयोग अगर-अगर उत्पादन में किया जाता है।
- **ऐल्जीनिक अम्ल के उत्पाद (Alginic Acid derivatives):** फियोफाइसी वर्ग की शैवाल जैसे- *लेमिनेरिया (Laminaria), एस्कोफिल्लम (Ascophyllum), मेक्रोसिस्टिस (Macrocystis)* से प्राप्त किया जाता है। ऐल्जीनिक अम्ल की संरचना सेल्यूलोस व पेक्टिक अम्ल के समान होती है। इसका उपयोग स्थायीकरण (stabilization), इमल्सीकरण (emulsification), प्रगाढ़क (thickner), निलम्बन (suspension) आदि प्रक्रियाओं के रूप में खाद्य उद्योग, औषधि, प्रसाधन, रबड़ उद्योग में, लेटेक्स के विवेचन में, दन्त पाउडर के निर्माण आदि में किया जाता है।
- **केराजीनिन (Carrageenin):** यह *कॉन्ड्रस क्रिसपस (Chondrus crispus)* तथा *गिगार्टिना (Gigartina)* की कोशिका भित्तियों में उपस्थित पोलीसैकेराइड है। इसका उपयोग टूथ पेस्ट (tooth paste), सौन्दर्य प्रसाधन (cosmetics), पेन्ट (paints) आदि के रूप में किया जाता है।
- **आयोडिन (Iodine):** इसे भूरी समुद्री घास (brown sea weeds, kelps) जैसे *लेमिनेरिया, फ्यूकस* आदि से प्राप्त किया जाता है।
- **सोडा और पोटाश (Soda and Potash):** यह भी kelps से प्राप्त किया जाता है।
- **ब्रोमीन (Bromine):** लाल शैवाल जैसे *रोडोमेला (Rhodomela)* और *पोलीसाइफोनिया (Polysiphonia)* से प्राप्त किया जाता है।
- **फ्यूनोरी (Funori):** यह एक तरह का गोंद होता है जिसे लाल शैवाल से प्राप्त किया जाता है। उदाहरण: *ग्लिओपेल्टिस फरकेटा (Gloeopeltis furcata)*। इसका उपयोग सील करने वाले एवं चिपकाने वाले घटक के रूप में किया जाता है।
- **डायटोमाइट (Diatomite):** अत्यधिक छिद्रित, रसायनत: अक्रिय, अग्निरोधी, उच्च अवशोषक सफेद पदार्थ जिसे डायटम के चट्टान के समान जमाव (sedimentary) से प्राप्त किया जाता है। इसका उपयोग मृदा, औद्योगिक छनन विधियों, शक्कर शोधन, डायनामाइट के निर्माण में, टूथ पाऊडर के निर्माण, विरंजक चूर्णॉ के अवचूषक के रूप में किया जाता है।
- **उर्वरक (Fertilizers):** नील हरित शैवाल, लाल तथा भूरी शैवाल का उपयोग कार्बनिक उर्वरक के रूप में बंजर भूमि एवं क्षारीय मृदा को उपजाऊ बनाने के लिए किया जाता है।
- ***क्लोरेला (Chlorella)*:** इसका उपयोग वाहितमल के समापन के लिए किया जाता है। यह वायवीय जीवाणुओं को वाहित मल के समापन के लिए प्रोत्साहित करता है।

2. **भोजन (Food):** *स्पाइरोगायरा (Spirogyra), अल्वा (Ulva) ऊडोगोनियम (Oedogonium), नॉस्टॉक (Nostoc), लेमिनेरीया (Laminaria)* आदि का प्रयोग भोजन के रूप में किया जाता है।
3. **चारे के रूप में (As fodder):** *लेमिनेरीया (Laminaria),, फ्यूकस (Fucus), सारगैसम (Sargassum)* आदि का प्रयोग पशुओं के चारे के रूप में किया जाता है।
4. **प्लावकी शैवाल (Planktonic algae):** यह मछलियों के लिए प्राथमिक भोजन है।
5. **अनुसंधान एवं प्रायोगिक कार्य में (Research and experimental work):** कई शैवालों का उपयोग जीवविज्ञान के अनुसंधान व प्रायोगिक कार्य व अध्ययन में, इसके सरल थैलस, पारभासी कोशिकाभित्ति व झिल्ली तथा कोशिकांग की दृश्यता के कारण किया जाता है।
6. **औषधियों के रूप में (In Medicines):** *लेमिनेरीया (Laminaria)* से आयोडिन का उत्पादन होता है। इसका उपयोग गोइटर (goiter) के उपचार में किया जाता है। *क्लोरेला (Chlorella)* से एक प्रतिजैविक क्लोरेलीन प्राप्त होता है। *जैलिडियम* को आमाशय के रोगों के लिए औषधियों में मिलाते हैं।
7. **जल ब्लूम (Water blooms):** कुछ नील हरित शैवाल, भूरी शैवाल व डायटम की संख्या में तीव्र गति से वृद्धि होती है कि इनकी मृत्यु से जलाशयों में ऑक्सीजन की कमी हो जाती है व जल दुर्गन्धमय हो जाता है। जल में ऑक्सीजन की कमी के कारण जलाशय के अन्य जलीय प्राणियों तथा मछलियों की सांस घुटने से मृत्यु हो जाती है। इसे जल ब्लूम कहते है।
8. **परजीवी (Parasites):** *सिफेल्युरोस (Cephaleuros)* चाय व कॉफी के पादपों में परजीवी के रूप में पाये जाते है। चाय में यह लाल किट्ट रोग (red rust of tea) फैलाती है।
9. जहाज पोतों के धातु व लकड़ी के खोलों पर अनेक प्रकार के शैवाल उगते हैं जिसके कारण ये खोल क्षतिग्रस्त हो जाते हैं।
10. जो व्यक्ति मछली खाते हैं अगर उन मछलियों ने डायनोफ्लेजिलेट्स (dinoflagellates) खाये हुए होते हैं तो मनुष्य की मृत्यु हो सकती है।

9.4.7 बोध प्रश्न

1. शैवालों में पाये जाने वाले किन्ही पाँच वर्णकों के नाम लिखिये?
2. नील हरित शैवालों को किस वर्ग में रखा गया है? तथा इनका रंग किस वर्णक के कारण होता है?
3. शैवालों का उद्योगों में महत्त्व बताइये।
4. शैवालों का उपयोग औषधि के निर्माण में कैसे किया जाता है? टिप्पणी लिखिए।

9.5 प्रोटोजोआ (Protozoa)

9.5.1 प्रस्तावना (Introduction)

सर्वप्रथम प्रोटोजोआ को ल्यूवेनहॉक (Leeuwenhock) द्वारा 1674 में देखा गया तथा 'प्रोटोजोआ' नाम गोल्डफस (Goldfuss) द्वारा 1820 में दिया गया। ये सबसे आदिम तथा

सूक्ष्मदर्शीय जीव हैं जिनका आकार 10 माइक्रोन से 1mm होता है। इनमें उपकोशिकीय (subcellular) श्रम विभाजन पाया जाता है तथा इनका संगठन जीवद्रव्यी (protoplasmic) प्रकार का होता है।

प्रोटोजोआ स्वतंत्रजीवी (स्वच्छ और समुद्री जल में), परजीवी (जन्तुओं और पादपों में या उन पर) के साथ-साथ सहजीवी के रूप में पाये जाते हैं। ये एककोशिकीय होते हैं। केन्द्रक एक या एक से ज्यादा हो सकते हैं तथा एकरूपी या बहुरूपी प्रकार के होते हैं।

9.5.2 कोशिका संरचना, पोषण, श्वसन, पाचन एवं जनन (Cell structure, Nutrition, Respiration, Digestion and Reproduction)

प्रोटोजोआ एकाकी रूप में पाये जाते हैं या जीवद्रव्यी आधात्री से आवरित होकर समूह रूप में भी मिलते हैं। काय नग्न, पेलीकल (pellicle) से आवरित या कवच द्वारा आवरित होती है। काय सामान्यत: असममित होती है परन्तु अरीय, सर्पिल या द्विपार्श्व सममित काय युक्त प्रोटोजोअन जीव भी पाये जाते हैं। गतिशील अंग पैरापोडिया (parapodia), कशाभिका (flagella), पक्ष्माभिका (cilia) होते हैं या गतिशील अंग ही अनुपस्थित होते हैं। पोषण होलोजोइक/होलोफिटिक, सैप्रोजोइक/सैप्रोफिटिक या परजीवी प्रकार का होता है। मुख एवं गुदा छिद्र उपस्थित या अनुपस्थित होते हैं। पाचन अन्तःकोशिकीय एवं खाद्य रिक्तिका के भीतर होता है। श्वसन सामान्य शरीर सतह से विसरण द्वारा होता है। परासरण नियंत्रण संकुचनशील रिक्तिका द्वारा होता है जो संख्या में एक या अधिक होती है। जनन अलैंगिक एवं लैंगिक प्रकार का होता है। अलैंगिक जनन द्विविभाजन या बहुविखण्डन द्वारा तथा लैंगिक जनन संयुग्मन द्वारा होता है।

होलोगैमी (hologamy) और सिनगैमी (syngamy) अर्थात् युग्मक संलयन भी देखा जाता है। जीवन चक्र लैंगिक एवं अलैंगिक अवस्थाओं के एकान्तरण को प्रदर्शित करता है।

भोजन, आर्द्रता, ताप इत्यादि प्रतिकूल परिस्थितियों से विमुक्तन हेतु या विसरण हेतु पुटीभवन (encystment) क्रिया पाई जाती है।

प्रोटोजोआ अमर (immortal) होते हैं अर्थात इनमें प्राकषतिक मृत्यु नहीं पाई जाती है साथ ही इनमें कायिक द्रव्य एवं जनन द्रव्य में विभेदन नहीं पाया जाता है।

9.5.3 प्रोटोजोआ का वर्गीकरण (Classification or Rhizopoda)

गतिशील अंगों के प्रकार के आधार पर संघ-प्रोटोजोआ को पाँच वर्गो में विभाजित किया गया है:

वर्ग-I सार्कोडिना या राइजोपोडा (Sarcodina or Rhizopoda)

1. अधिकांशत: स्वतन्त्रजीवी रूप इस वर्ग में सम्मिलित होते हैं एवं कुछ परजीवी भी हो सकते हैं।
2. गतिशील अंग आभासी पाद (pseudopodia) होते हैं जो कि भोजन पकड़ने में सहायक होते हैं।
3. शरीर नग्न अथवा बाह्य या आंतरिक कवच युक्त होता है।

4. क्रोमेटोफोर अनुपस्थित होते हैं।
5. प्रजनन द्विविखण्डन द्वारा होता है।
   उदाहरण: *अमीबा, एन्टअमीबा, आर्सला, एक्टीनोस्फैरिकम* इत्यादि।

वर्ग-II मैस्टीगोफोरा (Mastigophora)

1. सामान्यत: स्वतंत्रजीवी होते हैं परन्तु कुछ परजीवी रूप भी देखे गये हैं।
2. बाह्य आवरण के रूप में स्पष्ट काय रूप दृढ़ होता है तथा पेलीकल लचीली या कवच सेल्यूलोस या सिलिका का होता है।
3. गतिशील अंग कशाभिका (flagella) होती है जो एक या अधिक हो सकती है। यह कशाभिका भी भोजन पकड़ने में सहायक होती है।
4. क्रोमेटोफोर उपस्थित या अनुपस्थित हो सकते हैं।
5. इनमें एकाकी वाहिकीय (vesicular) केन्द्रक होता है जिसमें एक केन्द्र में उपस्थित केन्द्रिका होती है।
6. पोषण स्वपोषी (autotrophic), विषमपोषी (hetrotrophic) या मिश्रितपोषी (myxotrophic) प्रकार का होता है।
7. जनन लम्बवत् द्विविखण्डन द्वारा होता है तथा इस वर्ग के जन्तुओं में बीजाणु निर्माण एवं संयुग्मन नहीं पाया जाता है।
8. जीवनचक्र साधारण द्विरूपी या बहुरूपी प्रकार का होता है।

उदाहरण: युग्लीना, क्रिप्टोमोनास, वॉल्वॉक्स, नॉक्टील्यूका, ट्रिपैनोसोमा, ट्राइकोमोनास, जिआर्डिया, लिश्मानिया इत्यादि।

वर्ग-III स्पोरोजोआ (Sporozoa)

1. सभी जन्तु परजीवी होते हैं तथा स्वतंत्रजीवी रूप नहीं पाये जाते है।
2. परजीवी अन्त:कोशिकीय, अर्न्तकोशिकीय या अकशेरूकीओं की गुहिका में और कशेरूकी पोषी में पाये जाते हैं।
3. शरीर मोटे एवं दृढ़ पेलीकल आवरण से आवरित रहता है।
4. वयस्कों में चलन अंग अनुपस्थित होते हैं।
5. युवा अवस्था में एक ही केन्द्रक पाया जाता है परन्तु बहुविखण्डन के समय यह केन्द्रक बहुकेन्द्रकी हो जाता है।

9.5.4 बोध प्रश्न

1. प्रोटोजोआ की खोज किसने की?
2. प्रोटोजोआ मे जनन प्रक्रिया कैसे होती है?
3. प्रोटोजोआ की पाचन क्रिया बताइये।

9.6 सारांश (Summary)

ससीम केन्द्रकी सूक्ष्म जीवों की श्रेणी में कवक, शैवाल एवं प्रोटोजोआ सम्मिलित किये गये हैं। यह जीव सर्वव्यापी है एवं पादपों, जन्तुओं एवं मनुष्यों के लिये बहुत महत्वपूर्ण है। कवक का अध्ययन जिस विज्ञान में किया जाता है, उसे कवक विज्ञान (Mycology) कहते हैं।

कवक शब्द का उद्‌गम लैटिन भाषा के शब्द से हुआ है, जिसका शाब्दिक अर्थ मशरूम अथवा छत्रक है। कवक क्लोरोफिल रहित, विषम पोषी जीव हैं। विज्ञान की वह शाखा जिसमें कवकों का विस्तृत अध्ययन किया जाता है, कवक विज्ञान अथवा माइकोलॉजी (Mycology, *mykes*=mushroom, *logos*=study of) कहलाती है। इनमें प्रजनन तीन प्रकार का होता है, कायिक, अलैंगिक एवं लैंगिक। कवक आर्थिक रूप से महत्वपूर्ण होते हैं।

शैवाल के अध्ययन को फाइकोलॉजी (Phycology) कहते है। यह ग्रीक शब्द *फाइकोस (phykos)*-शैवाल, *लोगोस (logos)*-अध्ययन। शैवाल का वर्गीकरण फिश ने 1935 में शैवाल के वर्णकों, कशाभिकाओं तथा संचित भोज्य पदार्थो की प्रकृति के आधार पर किया है। शैवालों का पादप जगत में महत्वपूर्ण स्थान है। इनका उपयोग कई उद्‌योगों में तथा कृषि में मुख्य उत्पाद के रूप में किया जाता है। शैवालों में भी कायिक जनन, अलैंगिक जनन तथा लैंगिक जनन पाया जाता है।

यीस्ट को क्रीगर वान रिज द्‌वारा 1975 में एक कोशिकीय कवकों के रूप में परिभाषित किया गया। इनमें जनन मुकुलन तथा विखण्डन द्‌वारा होता है। यह शर्करा का किण्वन करती है एवं इनका उपयोग उद्‌योगों में होता है।

प्रोटोजोआ नाम गोल्डकस (1820) ने दिया था। यह एक कोशिकीय सूक्ष्मदर्शीय जीव हैं। इनमें उपकोशिकीय श्रम विभाजन (sub cellular division of labour) पाया जाता है। इनका संगठन जीवद्रव्यी प्रकार का होता है। यह जन्तुओं एवं मनुष्यों में रोग पैदा करते हैं। इनमें होलोगैमी, सिनगैमी एवं युग्मक संलग्न पाया जाता है।

ये सभी सूक्ष्मजीव औद्‌योगिक तथा अन्य आर्थिक महत्वों के कारण बहुत उपयोगी होते हैं।

9.7 शब्दावली (Glossary)

1. **माइकोटा (Mycota):** यह एक कोशिकीय एवं तन्तुनुमा जीवों का वर्ग है।
2. **परजीवी (Parasites):** ऐसे जीव जो अपना भोजन किसी दूसरी जीवित कोशिका से प्राप्त करते हैं।
3. **कवक मूल (Mycorrhiza):** कवक व उच्च पादपों की जड़ों में पाये जाने वाले सहजीवी सम्बन्ध को कवकमूल कहते हैं।
4. **केन्द्रक संलयन (Karyogamy):** निषेचन अथवा कोशिका संलयन के बाद दो केन्द्रको का संलयन।
5. **कोशिका द्रव्य संलयन (Plasmogamy):** दो जीव द्रव्यको का संयुग्मन।
6. **अगर-अगर (Agar-Agar):** यह एक जैल जैसा पदार्थ है, जिसमें गेलेक्टोस व सल्फेट होता है। यह लाल शैवाल *जेलिडियम (Gelidium)* से बनता है।
7. **केरागीनिन (Carrageenin):** यह शैवालों में पाया जाने वाला एक विशिष्ट प्रकार का पॉलिसेकेराइड है।
8. **डायटोमाइट (Diatomite):** अत्यधिक छिद्रित, मृदा, सजीव, रासायनिक यौगिक, उच्च ताप रोधी सफेद पदार्थ जो डायटम के चट्टान रूपी जमाव से प्राप्त किया जाता है।

9. ***टोरूला (Torula)*:** यह सैकेरोमाइसिटेसी (Saccharomycetaceae) वंश की यीस्ट है जिसे जन्तु खाद्य पदार्थ के रूप में काम लिया जाता है।
10. **इन्सुलिन (Insulin):** यह एक प्रकार का हार्मोन होता है।
11. **सिन्गैमी (Syngamy):** युग्मकों का संलयन।
12. **होलोगैमी (Hologamy):** दो वयस्क एक कोशिकीय जीवों का संलयन।
13. **कवक सूत्र (Hyphae):** बहुसंख्यक कवकों में पादपकाय कोमल, शाखित तन्तुओं का बना होता है, जिसे कवक सूत्र कहते है।

9.8 सन्दर्भ ग्रन्थ (Reference Books)

1. डी.के. पाण्डेय, जे. पी. सैनी और कैलाश अग्रवाल, 2003। कवक विज्ञान, सूक्ष्म जीव विज्ञान और पादप रोग विज्ञान, कॉलेज बुक हाउस, चौड़ा रास्ता, जयपुर।
2. एम.जे. पेल्कजार, ई.सी.एस. चान और एन.आर. क्रेग 1993। माइक्रोबाइलोजी (पाँचवा संस्करण), टाटा मैक ग्रा हिल नई दिल्ली।
3. एस.एन. पाण्डे और पी.एस. त्रिवेदी 1977। वनस्पति विज्ञान की अभ्यास पुस्तिका (आठवा संस्करण), विकास पब्लिशिगं हाउस पाईवेट लिमिटेड, नई दिल्ली।
4. बी.आर. वशिष्ट 1996। बोटनी: फनजाई (नवां संस्करण), एस. चांद एण्ड कम्पनी लिमिटेड, नई दिल्ली।

9.9 बोध प्रश्नों के उत्तर

9.2.8

1. यीस्ट का थैलस एक कोशिकीय होता है जो मुकूलन तथा विखण्डन द्वारा अलैंगिक रूप से गुणित होता है। यीस्ट का उपयोग किण्वन में किया जाता है जैसे शर्करा किण्वन, ऐल्कोहालिक किण्वन। यीस्ट प्रारूपिक रूप से छोटी, अण्डाकार कोशिकाओं की बनी होती है जो मुकुल निर्माण द्वारा गुणित होती है।
2. यीस्ट का वर्गीकरण
    1) जगत (kingdom) = माइकोटा (Mycota)
    2) प्रभाग (Division) = यूमाकोटा (Eumycota)
    3) गण (Order) = एन्दोमाइसिटेल्स (Endomycetales)
    4) कुल (Family) = सैकेरोमाइसिटेसी (Saccharomycetaceae)
    5) वंश (Genus) = *सैकेरोमाइसिज (Saccharomyces)*
3. यीस्ट का उपयोग एल्कोहल निर्माण, औषधि निर्माण, रंग, साबुन, प्लास्टिक आदि उद्योगों में किया जाता है।

9.3.8

1. कवक के दो सामान्य लक्षण निम्न है:
    i. पादप शरीर, जड़, तना व पत्तियों में विभाजित नहीं होता है।
    ii. कवक क्लोरोफिल रहित, यूकेरियोटिक, थलीय जीव हैं।

2. कवकों में लैंगिक जनन तीन चक्रों में होता है।
   i. कोशिका द्रव्य संलयन
   ii. केन्द्रक संलयन
   iii. अर्धसूत्रण
3. निम्न श्रेणी कवकों के कवक जाल में आन्तरिक विभाजन अथवा पट का अभाव होता है। इस प्रकार के कवक सूत्र सकोशिकी कहलाते हैं।
4. कवकों में कायिक थैलस दो प्रकार का होता है।
   i. एक कोशिकीय
   ii. बहु कोशिकीय
5. कवकों के द्वारा प्रतिजैविकों को प्राप्त किया जाता है जिनका औषधीय उपयोग होता है तथा सबसे पहले Alexander flemmming ने *पेनिसिलियम नोटेटम* नामक कवक से पेनिसिलिन प्रतिजैविक प्राप्त किया।
6. पशुओं में होने वाले रोग:-
   i. रिंग वर्म- *ट्राइकोफाइटॉन (Trichophyton)*
   ii. ऐथीलीट फुट- *टाइनिया रूब्रम (Tinea rubrum)*

   मनुष्यों के कुछ रोग:-
   i. ऐस्पर्जिलोसिस- *ऐस्पर्जिलस फ्लेवस (Aspergillus flavus)*
   ii. केन्डिडीएसिस- *केन्डिडा ऐल्बीकैन्स (Candida albicans)*

9.4.7

1. शैवालों में पाये जाने वाले वर्णक क्लोरोफिल, केरोटिनाइड, फायकोबिलिन्स, बिलीप्रोटीन्स तथा जेन्थोफिल है।
2. नील हरित शैवालों को साइनोफाइसी या मिक्सोफाइसी में रखा गया है, तथा इनका रंग c-फाइकोसिन (c-phycocyanin) वर्णक के कारण होता है।
3. शैवालों का उपयोग कई उद्योगों में जैसे रबर उद्योग, दन्त पाउडर बनाने में सौन्दर्य प्रसाधन के रूप में, पेन्ट उद्योग आदि में किया जाता है।
4. *लेमिनेरिया (Laminaria)* से आयोडीन का उत्पादन होता है। जिसका उपयोग गोइटर के उपचार में किया जाता है। *क्लोरेला (Chlorella)* से एक प्रतिजैविक क्लोरेलीन प्राप्त होता है, तथा जैलिडियम को आमाशय के रोगों के लिए औषधियों में मिलाते हैं। इस प्रकार शैवालों का औषधि में उपयोग होता है।

9.5.4

1. प्रोटोजोआ की खोज सर्वप्रथम ल्यूवेनहॉक (Leeuwenhock) द्वारा 1674 में की गई।
2. प्रोटोजोआ में जनन अलैंगिक एवं लैंगिक प्रकार का होता है। अलैंगिक जनन द्विविभाजन या बहु विखण्डन द्वारा तथा लैंगिक जनन संयुग्मन द्वारा होता है।
3. प्रोटोजोआ में पाचन प्रक्रिया अंत:कोशिकीय एवं खाद्य रिक्तिका के भीतर होती है।

9.10 अभ्यासार्थ प्रश्न

1. कवक में प्रजनन कितने प्रकार से होता है? वर्णन कीजिए।
2. कवकों के आर्थिक महत्व पर प्रकाश डालिए।
3. शैवाल क्या है? तथा इनके प्रकारों का वर्णन कीजिए।
4. यीस्ट का आर्थिक महत्व बताइये।
5. प्रोटोजोआ का वर्गीकरण करते हुए उसके सामान्य लक्षण बताइये।

इकाई-10
Unit-10

प्रतिरक्षा विज्ञान के सिद्धान्त
(Principles of Immunology)

इकाई की रूपरेखा

10.0 उद्देश्य (Objective)

पादप, जन्तु एवं मानव सूक्ष्म जीवों के द्वारा संक्रमण अथवा उनके द्वारा स्त्रावित हानिकारक पदार्थों से अपनी सुरक्षा करने हेतु कुछ विशेष उपायों को प्रयोग में लाते हैं। यह उपाय संरचनात्मक, जैवरासायनिक या अन्य प्रकार के होते है और इनको प्रतिरक्षा (defense mechanisms) कहा जाता है। इनमें से कुछ उपाय सूक्ष्म जीवों को परपोषी के शरीरं के बाहर ही रोक देते है, कुछ परपोषी के शरीर के अन्दर परजीवी को नष्ट अथवा निष्क्रिय कर देते है एवं कुछ परपोषी को संक्रमण से लड़ने के लिये प्रतिरोधक क्षमता प्रदान करते हैं। ये प्रतिरोधक क्षमता, जीव की आंशिक अथवा जीवन पर्यन्त सुरक्षा प्रदान करती है। परपोषी एवं परजीवी के बीच होने वाली इन प्रतिक्रियाओं के अध्ययन को प्रतिरक्षा विज्ञान (Immunology) कहा जाता हैं। इस पाठ में विज्ञान की इस शाखा का विस्तृत विवरण किया गया है एवं इसे पढने के पश्चात् आप निम्न बिन्दुओं से अवगत हो जायेंगे:-

- प्रतिरक्षा विज्ञान क्या है?
- प्रतिरक्षा कितने प्रकार की होती है?
- स्वभावज प्रतिरक्षा को उपार्जित प्रतिरक्षा से कैसे विभेदित किया जाता है।
- प्रतिरक्षा विज्ञान का सिद्धान्त क्या है?
- प्रतिरक्षियों की संरचना एवं कार्य।
- विभिन्न प्रकार के प्रतिरक्षी ग्लोब्यूलिन।
- प्रतिजन प्रतिरक्षी अभिक्रियाओं के सीरमीय उपयोग।
- एकक्लोनीय प्रतिरक्षियाँ।
- प्रतिरक्षाभवन एवं वेक्सीन।

10.1 प्रस्तावना (Introduction)

संक्रमण से बचने के लिये परपोषी द्वारा प्रयोग में लिये गये संरचनात्मक (structural), कोशिकीय (cellular), शारीरिक (physical) एवं जैव रासायनिक (biochemical) उपायों को सामूहिक रूप से जीव का प्रतिरक्षा तन्त्र (defense system or mechanism) कह जाता है। शारीरिक एवं संरचनात्मक उपाय रोगजनक को जीव के शरीर के बाहर ही रोक देते हैं। शरीर में पाई जाने वाली कुछ विशिष्ट कोशिकाऐं जैसे कि श्वेत रक्त कण (white blood corpuscles), भक्षाणु-कोशिकाऐ (phagocytes), वृहत्भक्षाणु (macrophages), न्यूट्रोफिल्स (neutrophils) इत्यादि रोग जनक को शरीर में प्रवेश करने के बाद नष्ट करती है। जैव-रासायनिक उपायों के अन्तर्गत शरीर की अस्थि मज्जा कोशिकाएँ (bone marrow cells) एवं स्टेम कोशिकाऐं (stem cells) रोगजनक जिसे प्रतिजन (antigen) कहते है, के विरूद्ध कुछ विशिष्ट प्रोटीन कणिकाओं का निर्माण करती हैं। इन प्रोटीन कणों को प्रतिरक्षी (antibody) कहते हैं एवं ये प्रतिजन के साथ प्रतिक्रिया कर (antigen-antibody interaction) नष्ट अथवा निष्क्रिय कर देती हैं। ये शरीर में संक्रमण से लड़ने की क्षमता यानि प्रतिरोधक क्षमता (immunity) जागृत करती हैं। शरीर में होने वाली इस प्रकार की प्रतिक्रियाओं को प्रतिरक्षी क्रिया (immune reaction) कहा जाता हैं एवं इसका अध्ययन प्रतिरक्षा विज्ञान (Immunology) कहलाता है। प्रतिरक्षा विज्ञान, प्रतिजन-प्रतिरक्षी इत्यादि की विस्तृत जानकारी इस प्रकार है:-

10.2 प्रतिरक्षा विज्ञान के सिद्धान्त (Principles of Immunology)

रोग जनक सूक्ष्मजीवों के संक्रमण से बचने के लिये परपोषी द्वारा की गई प्रतिक्रिया को प्राणी की रोध क्षमता कहते हैं। यह प्रतिक्रियाऐं विभिन्न प्रकार की होती हैं एवं परपोषी को या तो संक्रमण से बचाती है अथवा संक्रमण से लड़ने की क्षमता प्रदान करती है। विज्ञान की वह शाखा जिसमें प्राणी की रोध क्षमता (immunity) का अध्ययन किया जाता है उसे प्रतिरक्षा विज्ञान (Immunology) कहते हैं। इसके अन्तर्गत निम्न बिन्दुओं का विस्तृत अध्ययन किया जाता है:-

- प्रतिरक्षा विज्ञान के सिद्धान्त (Principles of Immunology)
- प्रतिजन (antigen) एवं प्रतिरक्षी (antibody) की प्रकृति (nature), संरचना (structure) एवं कार्य (function)
- प्रतिरक्षा तंत्र (Immune system), एवं प्रतिजन और प्रतिरक्षी के बीच अर्न्तक्रिया (antigen-antibody interaction)
- प्रतिरक्षा एवं उसके प्रकार (Immunity and its types)
- प्रतिरक्षा विज्ञान के अनुप्रयोग (Applications of immunology)
- प्रतिरक्षा भवन एवं टीकाकरण (Immunization and vaccination)
- एकक्लोनी प्रतिरक्षी एवं उनका उपयोग (Monoclonal antibodies and their application)

10.2.1 बोध प्रश्न

1. रोधक्षमता किसे कहते हैं?
2. प्रतिरक्षा विज्ञान किसे कहते है तथा इसके विरतृत अध्ययन क्षेत्र क्या है?

10.3 प्रतिरक्षा तंत्र के घटक (Components of Defense System)

संक्रमण से बचने के लिये प्रयोग में लिये गये विभिन्न उपायों को सामूहिक रूप से प्राणी का प्रतिरक्षा तंत्र (defense system) कहा जाता है। यह तंत्र प्रतिजन के संपर्क में आते ही सक्रिय हो जाता है एवं तीन स्तरों (levels) पर प्रतिजन के साथ अर्न्तक्रिया करता है। इस तंत्र में निम्नलिखित घटक (component) होते हैं:-

10.3.1 प्रतिजन (Antigen)

पादपों, मनुष्यों एवं जन्तुओं में संक्रमण करने वाले सजीव अथवा निर्जीव उन सभी कारकों को प्रतिजन कहा जाता है जिन्हें प्राणी के शरीर में स्वयं से असमान (non-self) माना जाता है और जिनके विरूद्ध प्राणी के शरीर में किसी भी प्रकार की प्रतिरोधक प्रतिक्रिया (immune response) उत्पन्न होती है। प्रतिजन की सतह पर कुछ विशिष्ट प्रोटीन पाये जाते हैं जिन्हें प्रतिजन निर्धारक (antigenic determinants) कहा जाता है। इन प्रोटीन के कारण प्राणी के प्रतिरक्षा तंत्र के सक्रिय घटक (active components) इसकी पहचान प्रतिजन के रूप में कर पाते हैं। सूक्ष्मजीव जैसे कि विषाणु, जीवाणु, प्रोटोजोआ, कवक कोशिका इत्यादि हैं अथवा इन सूक्ष्म जीवों द्वारा स्त्रावित रासायनिक यौगिक जैसे कि आविष (toxin) इत्यादि प्रतिजन हो सकते हैं।

10.3.2 प्रतिरक्षा कार्य प्रणाली (Defense Mechanism)

10.3.2.1 भक्षाणु कोशिकाऐं (Phagocytic Cells)

यह विशिष्ट प्रकार की कोशिकाऐं होती हैं जो प्राणी के रक्त में मुक्त विचरण कर सकती हैं। यह प्रतिजन से टकराते ही उसकी पहचान स्वयं से असमान एक बाहरी तत्व (foreign body) के रूप में कर लेती हैं और प्रतिजन को निगल कर उसे नष्ट कर देती हैं। पहचान के लिये इन कोशिकाओं की सतह पर विशिष्ट प्रोटीन जिन्हें ग्राही प्रोटीन (receptor protein) कहते हैं, पाये जाते हैं, क्योंकि यह कोशिकायें प्रतिजन का भक्षण करती है इन्हें भक्षाणु कोशिका कहा जाता है। ये निम्न प्रकार की होती है:

- श्वेत रक्त कणिका (White blood corpuscle)
- वष्हत्भक्षकाणु (Macrophages)
- न्यूट्रोफिल्स (Neutrophils)
- बेसोफिल्स (Basophils)
- भक्षक कोशिकाऐं (Cytotoxic cells)

10.3.3 प्रतिरक्षी (Antibody)

ये एक प्रकार की प्रोटीन कणिकाएँ होती हैं। इनका कार्य प्रतिजन की पहचान कर उसे निष्क्रिय करना होता है। इनकी कुछ यिशेषताऐ होती हैं जैसे कि:

1. ये हमेशा प्रोटीन से बनी होती हैं।

2. ये अस्थि मज्जा कोशिका (bone marrow cell) अथवा स्टेम कोशिका (stem cell) द्वारा निर्मित होती है।
3. ये रक्त में मुक्त विचरण कर सकती हैं।
4. इनमें प्रतिजन को पहचान (identify) कर उसे नष्ट करने की एवं उसकी प्रकृति को याद रखने की क्षमता होती है।
5. इस कारण ये प्राणी को जीवन पर्यन्त प्रतिजन के विरूद्ध-सुरक्षा प्रदान करती हैं।
6. ये स्वयं या भक्षी कोशिकाओं के साथ मिल कर प्रतिजन को नष्ट अथवा निष्क्रिय कर देती हैं।
7. यह शरीर में माँ से बच्चों को भी मिल सकती हैं अथवा प्राकृतिक रूप से शरीर में उत्पन्न हो सकती हैं।
8. इन्हें शरीर में अप्राकृतिक (artificial) तरीकों से टीकों द्वारा भी प्रवेश कराया जा सकता हैं।
9. इस प्रक्रिया को टीकाकरण (Vaccination) कहते है और इससे प्राणी के शरीर में प्रतिरोधकता (immunity) पैदा होती है। इस कारण इसे प्रतिरक्षाभवन (Immunization) भी कहा जाता है।
10. ये प्रतिजन विशिष्ट (antigen specific) होती हैं। एक प्रकार के प्रतिरक्षी केवल एक प्रतिजन को ही नष्ट कर सकते हैं।
11. इन्हें प्रतिरक्षी ग्लोब्युलिन (Immunoglobulin) भी कहा जाता हैं और संक्षेप में Ig चिन्ह द्वारा इंगित किया जाता है।
12. Igs पाँच प्रकार के होते हैं: IgG, IgM, IgA, IgD एवं IgE.

10.3.1 बोध प्रश्न

1. प्रतिरक्षा तंत्र किसे कहते हैं तथा इसके मुख्य घटकों के नाम लिखिए।
2. प्रतिजन निर्धारक (antigenic determinants) किसे कहा जाता है तथा ये किसके लिये उत्तरदायी हैं?
3. भक्षाणु कोशिका क्या होती है तथा इन्हें भक्षाणु क्यों कहा जाता है?
4. भक्षाणु कोशिकाएँ कितने प्रकार की होती हैं? नाम लिखिए।
5. प्रतिरक्षी कोशिका किसे कहते हैं तथा इसकी दो विशेषताएँ बताइए।
6. प्रतिरक्षी ग्लोब्युलिन क्या हैं तथा कितनी प्रकार के होती है?

10.4 प्रतिरक्षी संरचना एवं कार्य (Structure and Function of Antibodies)

संक्रमण के विरूद्ध विशिष्ट उपार्जित रोधक्षमता मुख्यत: सीरम ग्लाइकोप्रोटीन्स जिन्हें प्रतिरक्षी (antibodies) कहा जाता है। इन्हें इम्यूनोग्लो ग्लोब्यूलिन लिन (immunoglobulins: Ig) भी कहा जाता है क्योंकि ये ग्लो ग्लोब्यूलर प्रकार के प्रोटीन होते है। सभी प्रतिरक्षी अणुओं के दो आधारभूत कार्य होते है:

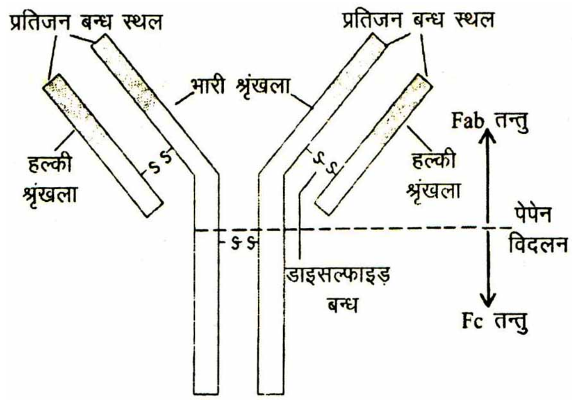
(i) प्रतिजन बन्ध्यता (Antigen binding)

(ii) प्रभावी प्रकार्यो में योगदान जो प्रतिरक्षी के भौतिक गुणों पर निर्भर करता है (Participation in effector functions depending upon the physical properties of the antibody) प्रतिरक्षी प्रोटीन की रासायनिक प्रकृति का अध्ययन टीसेलियस एवं काबाट (Tiselius and kabat) ने 1940 में किया।

प्रतिरक्षी, सीरम एवं शारीरिक तरल पदार्थो (body fluids) में पाई जाने वाली विशिष्ट प्रकार की ग्लाइको प्रोटीन (glycoprotein) संरचनाऐं होती हैं। ये बड़े, विषमांगी (heterogenous) एवं बहुश्रृंखला (multichain) प्रोटीन होते हैं। चार पोलीपेप्टाईड श्रृंखलाऐं मिल कर इम्यूनोग्लोब्युलिन का निर्माण करती हैं। ये पॉलीपेप्टाईड श्रृंखलाऐं दो जोड़ो में व्यवस्थित होती हैं एवं एक दूसरे से डाइसल्फाईड बंधो (disulphide bonds) के द्वारा जुडी होती है। हर जोड़े में एक भारी (heavy) श्रृंखला एंव एक हल्की श्रृंखला (light) होती है। इन्हें 'H' एवं 'L' श्रृंखला कहा जाता हैं। 'H' अथवा भारी श्रृंखलाओ का आण्विक भार (50,000-77,000), 'L' श्रृंखलाओं के आण्विक भार (≈25,000) से ज्यादा होता है। 'L' श्रृंखला में 214 अमीलों अम्ल पाये जाते हैं जबकि 'H' श्रृंखला 450-700 अमीनों अम्लो से बनी होती है। दोनों 'H' एवं 'L' श्रृंखलाऐं इस तरह से व्यवस्थित होती है कि वह अंग्रेजी के अक्षर 'Y' के समान दिखाई देती है। प्रतिजन विशिष्टता (antigen specificity) 'H' श्रृंखला में निहित होती है। पॉलीपेप्टाइड का एक सिरा अमीनों सिरा एवं दूसरा सिरा कारबोक्सी सिरा कहलाता है।

दोनों 'H' एवं 'L' श्रृंखलाओं में दो प्रकार के क्षेत्र होते है: स्थिर अथवा 'C' क्षेत्र (constant region) एवं परिवर्ती अथवा 'V' क्षेत्र (variable region) होते है। एक ही वर्ग के प्रतिरक्षी अणुओं 'C' क्षेत्र के अमीनों अम्ल लगभग समान होते हैं जबकि V क्षेत्र हर प्रतिरक्षी में अलग होता है। 'Y' स्वरूपी इस संरचना में ऊपर और नीचे वाले भाग के बीच में एक हिन्ज (hinge) क्षेत्र होता हैं जो 'Y' की 'T' आकार में बदलने में सहायक होता है। 'Y' की डंडी (stalk) को Fc अथवा क्रिस्टलीकृत खण्ड (crystallizable fragment) कहते है और यह प्रतिरक्षी को कोशिका झिल्ली से जोड़ता है। 'Y' के ऊपरी भाग में दो Fab अथवा प्रतिजन बन्धकारी खण्ड (antigen binding fragments) पाये जाते हैं जिन पर प्रतिजन आकर जुड़ता हैं। 'Fc' खण्ड केवल 'C' भाग से बना होता है जबकि Fab खण्ड में दोनों 'C' एवं 'V' भाग पाये जाते हैं। अन्तरा श्रृंखला (intrachain) डाईसल्फाइड बंधो के कारण प्रतिरक्षी के अन्दर एक लूप (loop) का निर्माण होता है जिसे डोमेन (domain) कहते हैं। 'H' एवं 'L' श्रृंखलाऐं एक दूसरे से अन्तर श्रृंखला (interchain) डाईसल्फाईड बन्ध से जुड़ी रहती हैं। 'L' chain दो प्रकार की होती है: (k) अथवा कप्पा (kappa) एवं लेम्बड़ा (λ) दोनों के कार्बोक्सी सिरे के अमीनों अम्लो में अन्तर होता है।

प्रतिरक्षीग्लोबुलिन अणु प्राकृतिक अवस्था में त्रिविम संरचना (three dimensional structure) बनाते हुए दलित स्वरूप में पाये जाते हैं। चर सिरे (variable end) पर अधिचर (hypervariable) बन्धनकारी श्रृंखला लूप बनाते हुए पायी जाती है, यह प्रतिजन (antigen) की पहचान बनाने का कार्य करती है।



चित्र 10.1 : प्रतिरक्षी की संरचना

इलैक्ट्रोफोरेटिक अध्ययनों (electrophoretic studies) से पता चला है कि ग्लोबुलिन के पॉच घटक α, β, γ, δ एवं ε ग्लोबुलिन और फाइब्रिनोजन प्रकार के होते हैं।

γ-ग्लोबुलिन को प्रतिरक्षी ग्लोबुलिन भी कहा जाता है। प्रतिरक्षीग्लोबुलिन को भारी श्रृंखलाओं के स्थिर क्षेत्रों की संरचना के आधार पर 5 वर्गो जिन्हें IgG, IgA, IgM, IgD और IgE के नाम से जाना जाता है। ये सभी समप्ररूप (isotypes) कहलाते हैं। बहुलता से पाया जाने वाला प्रतिरक्षी ग्लोबुलिन IgG है जो सम्पूर्ण प्रतिरक्षियों का 80% है।

IgG दो हल्की एवं दो भारी श्रृंखलाओं की बनी होती है जो S-S बन्धों द्वारा जुड़ी रहती हैं। प्रतिजन (antigen) बन्ध्यता स्थल हल्की एवं भारी श्रृंखलाओं के चर क्षेत्र (variable region) में होता है। दोनों श्रृंखलाऐ प्रतिजन की क्रान्तिक (optimum) बन्ध्यता में पूर्ण योगदान देती हैं।

IgG प्रतिरक्षी संक्रमण के विरूद्ध प्रमुख भूमिका निभाते हैं। ये माता से भ्रूण में अपरा (placenta) को पार करने की क्षमता के कारण प्रवेश करते हैं एवं शिशु को प्रथम छः माह तक सुरक्षा प्रदान करते हैं। IgG आन्तरागो (internal organs) में शीघ्रता के साथ विसरित होती है अत: जीवाणुओं तथा इनके द्वारा स्त्रावित आविष (toxin) एवं अन्य रक्त जनित संक्रमणकारी कारकों के प्रति प्राणी को सुरक्षा प्रदान करती है। यह भक्षकाणु क्रिया में भी वृद्धि करती है।

IgA दो हल्की श्रृंखलाओं λ एवं k अथवा दो भारी श्रृंखलाओं (γ) के बने होते हैं। यह प्रतिरक्षीग्लोबुलिन का दूसरा बड़ा वर्ग है। यह सम्पूर्ण Ig का 10-15% भाग बनाते हैं तथा लिम्फॉइड ऊतक से सम्बद्ध श्लेष्म कला से स्त्रावित होते हैं। लार, आँसुओं, नासिका तरल, फेफड़ों के स्त्रावों, मूत्रजनन व अमाशय आंत्र के स्त्रावों एवं नवदुग्ध में जाये जाते है। इनमें एक पेप्टाइड श्रृंखला होती है जिसका अणुभार 60,000 होता है। ये स्त्रावित होने वाले स्थलों की प्लाज्मा कोशिकाओं से संश्लेषित होते हैं एवं स्त्रवण में आने से पूर्व इन्हें सिस्टीन बहुल्य पॉलीपेप्टाइड श्रृंखला जिसे 'J' श्रृंखला कहते हैं, के द्वारा डाइमर में रूपान्तरित कर दिया जाता है। ये प्रतिरक्षीग्लोबुलिन श्लेष्मिक कला से होकर आने वाले सूक्ष्मजीवों से देह की सुरक्षा करती है।

IgM सबसे वृहत् प्रकार का प्रतिरक्षीग्लोबुलिन अणु हैं तथा यह चार आधारभूत श्रृंखलाओ से निर्मित पेन्टामर के रूप में पाया जाता है जिसकी प्रत्येक इकाई डाइ-सल्फाइड बन्धों के द्वारा बन्धित रहती है। एक अपेक्षाकृत छोटा अणु 'J' श्रृंखला IgM के बहुलकीकरण (polymerization) में सल्फाहाडड्रिल अवशेष के साथ कार्बोक्सी अन्त पर पाया जाता है। इसकी भारी श्रृंखलाएँ μ श्रृंखला कहलाती है। ये प्रतिरक्षीग्लोबुलिन्स का 5-10% भाग बनाते हैं। इलैक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी अध्ययनों के अनुसार ये सितारे के आकार के अणु होते हैं। जीवाणुओं की देह पर ये प्रतिजन बन्धनकारी स्थलों द्वारा केकड़े की भांति चिपक जाते हैं। किसी संक्रमण के होने पर ये प्रतिरक्षी सर्वप्रथम प्रतिक्रिया हेतु उपलब्ध होती हैं तथा जीवाणुओं के प्रति अधिक क्रियाशील रहती हैं। यह समूहन व कोशिका लयनकारी (agglutinating and cytolytic) कारक के रूप में प्रभाव दर्शाती है। सैद्धान्तिक रूप से माना जाता है कि यह प्रतिरक्षी दस प्रतिजन अणुओं (antigen molecules) को बन्धित करने की क्षमता रखती है परन्तु प्रायोगिक रूप से यह पाँच प्रतिजन अणुओं को ही बन्धित कर सकती हैं। इनका प्रभाव थोड़े समय के लिये होता है तथा B-लिम्फोसाइट (B-lymphocyte) कोशिकाओं की कोशिका कला पर इनकी उपस्थिति के कारण यह प्रतिजन की पहचान बनाने वाला ग्राही क्षेत्र बनाती है।

IgD का नाम भारी श्रृंखला के डेल्टा 'δ' प्रकार पर आधारित है। यह सीरम में अल्प मात्रा में पायी जाती है तथा अधिकतर B-लिम्फोसाइट्स की सतह पर वितरित रहती हैं। यह भी चार आधारभूत पेप्टाइड श्रृंखलाओं- दो हल्की एवं दो भारी श्रृंखलाओं से निर्मित अणु हैं। इनके मुख्य कार्य के बारे में ज्यादा जानकारी नहीं है।

IgE रक्त में अतिसूक्ष्म मात्रा में पायी जाती हैं। यह नाम एप्साइलन (epsilon, ε) भारी श्रृंखला के आधार पर दिया गया है। ये मास्ट कोशिकाओं (mast cells) के प्रति अधिक आकर्षित होती हैं एवं एलर्जिक (allergic) प्रतिजनों से देह की सुरक्ष करती हैं। ये श्वसनीय उपकला व आमाशय आन्त्र उपकला पर पायी जाती हैं। एलर्जी से होने वाले ज्वर, अस्थमा तथा त्वक रोगों से देह की सुरक्ष करती है। जब कोई एलर्जिक तत्व त्वचा से सम्पर्क करता है तो मास्ट कोशिकाओं में कण अपघटन की क्रिया होती है एवं वासो एक्टिव अमीन्स (vaso active amines) मुक्त होते हैं जो त्वचा में शोथ (inflammation) उत्पन्न करते हैं।

तालिका 1:विभिन्न प्रकार के प्रतिरक्षीग्लोबुलिन (Different Types of Immunoglobulins)

क्र. स.	लक्षण	प्रतिरक्षीग्लोबुलिन (Immunoglobulins)				
		IgG	IgM	IgA	IgE	IgD
1.	अवसादन गुणांक (sedimentation coefficient)	7S	19S	11S	8S	7S
2.	अणुभार (molecular	15,000	9,00,000	1,60,000	2,00,000	1,85,000

	weight)					
3.	कार्य (function)	आन्तरोगों के बाहर गुहा मे रहते है। सूक्ष्मजीवों व इनके आविष को निष्क्रिय बनाते है। अपरा को पार करने की क्षमता रखते है।	जीवाणुओ से सुरक्षा की प्रथम रेखा बनाते है एवं समूहन क्रिया को प्रभावी बनाते है।	श्लेष्मिक स्त्रवणों मे ऊपस्थित, देह की बाह्म सतह पर रहकर सुरक्षा प्रदान करते है।	एलर्जी व परजीवियों से सुरक्षा प्रदान करते है।	B-लिम्फोसाइट्स की सतह पर उपस्थित रहते हैं, कार्य अज्ञात है।
4.	रक्त मे प्रतिशत सान्द्रता (% concentration in blood)	75-80%	5-10%	10%	0.05%	1-3%

10.4.1 बोध प्रश्न

1. प्रतिरक्षी क्या होते हैं?
2. प्रतिरक्षी प्रोटीन की रासायनिक प्रकृति का अध्ययन किसने किया?
3. प्रतिरक्षियों के दो आधारभूत कार्य लिखिए।
4. सबसे वृहत् प्रकार का प्रतिरक्षी ग्लोब्युलिन कौनसा है?
5. IgM का कार्य लिखिए।

10.5 प्रतिरक्षा तंत्र की कार्य प्रणाली (Working of Defense Mechanism)

प्रतिरक्षा तंत्र तीन कड़ियों (steps) में कार्य करता है। प्रतिजन के संपर्क में आते ही सर्वप्रथम प्रतिजन को शरीर के बाहर ही रोकने का प्रयत्न किया जाता है। इसमें प्राणी के शारीरिक संरचना से जुड़े तत्व जैसे कि मोटी त्वचा (thick skin), त्वचा रोम (epidermal hair), त्वचा पर मोम, श्लेष्म या अन्य पदार्थ की मोटी परत (layer), नासिका रोम (nasal hair), श्लेष्मा झिल्ली (mucous membrane) इत्यादि काम आते हैं। यह प्रतिरक्षा तंत्र की पहली कड़ी है।

दूसरी कड़ी में भक्षाणु कोशिकाऐं प्राणी को प्रतिजन से बचाने का प्रयत्न करती हैं। अगर प्रतिजन आकारिकीय बाधाओं को भेद कर प्राणी के शरीर में प्रवेश कर जाता है तो वह सबसे पहले रक्त संचार तंत्र (blood circulatory system) में पहुँचता है। यहाँ भक्षाणु कोशिकायें भक्षाणुशन द्वारा इसे नष्ट कर देती हैं।

10.5.1 भक्षाणुशन (Phagocytosis)

वृहद् भक्षाणु (macrophage) कोशिकाएँ लसिका पर्व (lymphnode) एवं प्लीहा (spleen) में बनती हैं तथा रक्त के साथ देह के विभिन्न भागों में चक्कर लगाती रहती हैं एवं प्रतिजन के सम्पर्क में आकर प्रतिजन को घेरते हुए एक आशय (vesicle) जैसी रचना बना लेती हैं। इस प्रकार कुछ ही मिनटों में प्रतिजन पूरा का पूरा कोशिका के भीतर पिनोसाईटिक आशय (pinocytic vesicle) के रूप में निगल लिया जाता है। लयनकारी पदार्थ से भरा कोशिका लाईसोसोम (lysosome) आशय से संलग्न हो जाता है। इस द्रव में अनेक एन्जाइम्स होते हैं जो आशय में अर्न्तग्रहित पदार्थ का पाचन करते हैं। प्राथमिक लाइसोसोम के साथ संलग्न पिनोसिटिक आशय फेगोलाइसोसोम्स (phagolysosomes) कहलाते हैं। पाचन के उपरान्त ये पदार्थ अनेक छोटे-छोटे कणों में विभक्त हो जाते हैं जो अलग-अलग अणुभार के होते हैं। यदि प्रतिजन भक्षाणु कोशिकाओं से बच जाता है तब रक्त में प्रतिरक्षी प्रतिजन के साथ क्रिया कर उसे निष्क्रिय कर देते हैं। यह प्रतिरक्षा तंत्र की तीसरी कड़ी है।

इन सब के बावजूद भी अगर प्रतिजन नष्ट अथवा निष्क्रिय होने से बच जायें तो प्राणी रोगग्रसित हो जाता है।

10.5.2 प्रतिरक्षी द्वारा प्रतिजन का नाश (Destruction of Antigen)

प्रतिरक्षी का कार्य है कि प्रतिजन को भक्षाणु-कोशिकाओं द्वारा नष्ट किये जाने हेतु इंगित mark) करे। प्रतिजन किन्ही चुनिंदा कारणों की वजह से भक्षाणु कोशिकाओं द्वारा नष्ट होने से बच जाता है क्योंकि ये कोशिकाऐं इसकी पहचान अपने से असमान अथवा बाहय वस्तु की तरह से नहीं कर पाती है। जब प्रतिजन के साथ प्रतिरक्षी जुड़ जाता है तो यह आसानी से भक्षाणु कोशिकाओं द्वारा नष्ट किया जा सकता है।

प्रतिजन को नष्ट करने की पूरी प्रक्रिया तीन पदों में सम्पन्न होती है।

1. प्रतिरक्षी द्वारा प्रतिजन की पहचान।
2. प्रतिजन-प्रतिरक्षी संकुल (antigen-antibody complex) का निर्माण एवं इसका अवक्षेपण (precipitation), समूहन (aggregation) इत्यादि तरीकों से भक्षाणुशन (phagocytosis) के लिये तैयार करना।
3. इस संकुल का भक्षाणुशन द्वारा नष्ट होना।

10.5.3 प्रतिजन-प्रतिरक्षी संकुल (Antigen-antibody Complex) एवं प्रतिजन का नाश

प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी एक दूसरे से Fab क्षेत्र में जुड़ते हैं जो 'Y' के उपरी हिस्से में पाया जाता है। 'H' एवं 'L' श्रृंखलाओं के 'V' क्षेत्र में मुड़ने से एक जेब (pocket) नुमा जगह बन जाती हैं जहाँ पर प्रतिरक्षी के अमीनों अम्ल प्रतिजन के प्रतिजन निर्धारकों (antigenic determinants) के साथ सहसंयोजी बंधों (covalent bonds) द्वारा बंध जाते हैं। क्योंकि ये बन्ध कमजोर (weak) सहसंयोजी बंधों जैसे कि हाइड्रोजन बन्ध (hydrogen bond) इत्यादि

से बनते है इसलिये यह बहुत जरूरी है कि प्रतिजन का आकार इस प्रतिजन बन्ध क्षेत्र (antigen binding site) के अनुरूप हो। अन्यथा यह प्रतिक्रिया नहीं होगी।

हर प्रतिजन मोनोमर पर दो समान तरह के प्रतिजन बन्ध क्षेत्र होते हैं। इस कारण हर प्रतिरक्षी अणु दो प्रतिजन अणुओं से जुड़ सकता है। बहुत सारे प्रतिजन-प्रतिरक्षी इकाईयाँ एक दूसरे से जुड़ कर एक प्रकार का जाल बना देती हैं जिन्हें वृहद्भक्षाणु कोशिकाएँ (mecrophage cells) नष्ट कर देती हैं।

प्रतिजन-प्रतिरक्षी के बीच अन्योन्य क्रि;T (interaction) तीव्र गति से निम्न ताप पर भी सम्भव हैं। इसमें भौतिक रसायन व ऊष्मागतिकी (thermodynamics) के नियमों का पालन किया जाता हैं। यह क्रिया उत्क्रमणीय (reversible) होती है।

10.5.4 बोध प्रश्न

1. वृहत् भक्षाणु कहाँ बनती है तथा क्या कार्य करती है?
2. प्रतिरक्षी द्वारा प्रतिजन को नष्ट करने की प्रक्रिया कितने पदों मे सम्पन्न होती है? नाम लिखिए।

10.6 प्रतिरक्षी क्रियाओं के प्रकार (Types of Immune Reactions)

प्रतिरक्षा (immunity) दो प्रकार की होती है स्वभावज एवं उपार्जित। स्वभावज प्रतिरक्षा जन्मजात होती है तथा प्राकषतिक एवं वंशानुगत प्रतिरक्षा भी कहा जाता है। उपार्जित प्रतिरक्षा प्राणी में जन्म के बाद उत्पन्न होती है। यह ज्यादातर प्रतिजन के सम्पर्क में आने पर प्रतिरक्षी के निर्माण पर निर्भर करती है अथवा टीकों द्वारा प्राणी के शरीर में उत्पन्न कराई जाती है।

➢ प्रतिरक्षा प्रतिक्रियायें (immune response) दो प्रकार की होती हैं:
   1. विशिष्ट प्रतिक्रिया (specific response)
   2. अविशिष्ट प्रतिक्रिया (non specific response)

मनुष्य के शरीर में रोगों से लड़ने हेतु बहुत सारी अविशिष्ट प्रतिरक्षा प्रतिक्रियायें प्रयोग में ली जाती है। ये प्रतिक्रियायें सभी रोगजनकों के लिये समान होती है एवं ज्यादातर जन्म जात होती है। ये तीन स्तरों पर क्रियान्वित होती है:

1. संरचनात्मक (Structural)
2. रासायनिक (Chemical)
3. कोशिकीय (Cellular)

1. संरचनात्मक सुरक्षा (Structural defense)

यह सुरक्षा तंत्र की पहली कड़ी है और यह रोगजनक को शरीर के बाहर ही रोक देती है। इसमें त्वचा एवं श्लेष्मा (skin and mucous membrane) प्रमुख हैं। त्वचा की उपरी सतह पर किरेटिन (keratin) पाया जाता है जो सूक्ष्मजीवों द्वारा आसानी से नहीं भेदा (penetrate) जा सकता है। इसी प्रकार श्लेष्मा द्वारा स्त्रावित श्लेष्म (mucilage) सूक्ष्म जीवों को एक प्रकार से अपने चिकनेपन की वजह से कैद कर लेता है जैसे कि नासिका की अंदरूनी सतह (inner lining of nose)। खाँसी एवं छींक (coughing and sneezing)

सूक्ष्मजीवों को श्वसन तंत्र (respiratory tract) से हटा देती है। अश्रु एवं लार (tears and saliva) भी इसी प्रकार कार्य करते है।

2. रसायनिक सुरक्षा (Chemical defense)

प्रतिरक्षा तंत्र में कुछ रासायनिक यौगिक रासायनिक सुरक्षा (chemical defense) के लिए भी उपयोग में लिये जाते हैं: जैसे कि लयनकारी विकर (lysozymes) जो जीवाणु कोशिका भित्ति को नष्ट करते हैं। ये शरीर के तरल पदार्थो (body fluids) जैसे कि लार (saliva), श्लेष्म (mucous), कोलोस्ट्रम (colostrum) या नवदुग्ध इत्यादि में पाये जाते हैं।

पेट व आँतों में उपस्थित *हाइड्रोक्लोरिक अम्ल* (HCl) भी सूक्ष्म जीवों को नष्ट करने में सहायक सिद्व होते हैं। इसी प्रकार शरीर में कुछ विशिष्ट प्रकार के प्रोटीन पाये जाते हैं जिन्हें सामूहिक रूप से *पूरक* तंत्र (complement system) कहा जाता है। इस तंत्र में एक दर्जन से भी ज्यादा प्रोटीन होते हैं जो रक्त में मुक्त रूप से विचरण करते हैं। प्रतिजन की पहचान होने पर ये मैक (MAC) अथवा मेम्बरेन अटैक तंत्र (membrane attack system) के रूप में सम्मिलित होकर रोग कारक जीवाणु की कोशिका भित्ति में छेद कर देते हैं। यह प्रोटीन दूसरी प्रतिरक्षा क्रियाओं के असर को भी बढ़ा देते हैं जैसे कि मास्ट कोशिका (mast cell) से हिस्टामीन (histamine) के निष्कर्ष (release) में जिससे शरीर में प्रदाहक प्रतिक्रिया (inflammatory response) उत्पन्न होती है। कुछ प्रोटीन भक्षाणु कोशिकाओं को अपनी ओर आकर्षित करते हैं। ये रोग जनक की सतह पर चिपक कर उसे भक्षाणु कोशिका द्वारा पहचान के लिये तैयार कर देते हैं।

संयोजी उत्तक कोशिकाएँ (Mast Cells):

संयोजी उत्तक कोशिका द्वारा हिस्टामीन का निष्कर्षण (release of histamine by mast cells) भी इसी श्रेणी में आता है। यह एक प्रकार का विशिष्ट रसायन है जो श्वेत रक्त कणिकाओं के प्रकार की बेसोफिल्स कोशिकाओं (basophil type of WBC) में पाया जाता हैं। यह घाव (wound) अथवा चोट (injury) वाले ऊतकों (tissues) में उपस्थित रक्त वाहिनीयो (blood vessels) में छिद्र (hole) पैदा कर उनकी पारगम्यता (permeability) को बढ़ा देता है इससे यह फूल जाती हैं और अन्त में फूट (burst) जाती हैं। अन्तर कोशिकीय जगहों (inter cellular spaces) पर रक्त इकट्ठा हो जाता हैं एवं वह स्थान लाल व सूजा हुआ (red and inflammed) नजर आता है। इस जगह पर मृत कोशिकायें भक्षाणुकोशिकाओं को अपनी ओर आकर्षित करती हैं और इस प्रकार रोग जनक को नष्ट कर दिया जाता हैं। इस प्रक्रिया को प्रदाहक प्रतिक्रिया (inflammatory response) भी कहा जाता है।

जब भक्षाणु कोशिकाऐं चोट के स्थान पर एकत्रित होती हैं तो वे एक विशिष्ट प्रकार के रासायनिक यौगिक जिसे ज्वरोत्पादक (pyrogen) कहते है, का स्त्राव करती हैं। यह रसायन रक्त वाहिनियों के द्वारा मस्तिष्क (brain) तक पहुँच जाता हैं। मस्तिष्क में तंत्रिका तन्तुओं (neuron cluster) का एक समूह शरीर के तापमान को नियंत्रित (regulate) करने का काम करता है। यह अधःश्चेतक (hypothalamus) में पाया जाता हैं एवं शरीर का ताप नियत्रंक

(thermostst) कहलाता है। जब ज्वरोत्पादक (pyrogens) इन तंत्रिकाओं (neurons) तक पहुँचते हैं तो शरीर का तापमान बढ़ जाता है और रोगी को बुखार आ जाता है। इस कारण भक्षाणुवाद की क्रियायें भी उत्तेजित हो जाती हैं और रोगकारक को नष्ट करने की प्रतिक्रियायें आरम्भ हो जाती है। इस पूरी प्रतिक्रिया को तापमान प्रतिक्रिया (temperature response) कहा जाता है।

3. **कोशिकीय सुरक्षा (Cellular Defense)**

प्रतिरक्षा तंत्र में कुछ विशिष्ट प्रकार की कोशिकाऐं भी भाग लेती हैं। जैसे कि:

- **वृहद् भक्षाणु कोशिका (Macrophage):** इन्हें पैदल सैनिक (foot soldiers) भी कहा जाता है एवं यह रोगजनक को निगल कर (ingest) उसका लयनकारी विकारों (lysogenic enzymes) द्वारा विनाश कर देती हैं। ये मुक्त विचरणी (free moving) अथवा स्थायी (fixed) होती हैं। मुक्त विचरणीय कोशिकाऐं रक्त में पाई जाती हैं एवं स्थायी कोशिका विशिष्ट अंग जैसे फैफड़े (lungs), मस्तिष्क (brain), यकृत (liver), प्लीहा (spleen), वृक्क (kidney) इत्यादि के साथ संलग्न होती हैं।
- **न्युट्रोफिल्स (Neutrophils):** यह कोशिकाऐं एक प्रकार की श्वेत रक्त कणिकाऐं होती हैं और रसायनों द्वारा रोगजनक को नष्ट करती हैं। इस प्रक्रिया में ये खुद भी नष्ट हो जाती हैं इसलिये इन्हें कामीकाजे (kamikaze) कोशिका भी कहा जाता है।
- **प्राकृतिक किलर कोशिका (Natural killer cell):** इन्हें अन्तरंग सुरक्षा प्रहरी (internal security patrol) का नाम दिया जाता है। ये केवल संक्रमित पोषी कोशिकाओं (infected host cell) को नष्ट कर सकती हैं, परजीवी को नहीं। इनका कार्य पोषक कोशिका में छिद्र बनाना होता है, जिस कारण कोशिका में से तरल पदार्थ (cell liquid) बाहर आने लगता है एवं अन्तर कोशिकीय स्थानों से जल कोशिका के भीतर प्रवेश कर जाता हैं। शीघ्र ही संक्रमित कोशिका फूल कर फूट जाती हैं और साथ में परजीवी भी नष्ट हो जाता है। कभी-कभी इस तरह की कोशिकायें स्वस्थ कोशिकाओं को नष्ट करने लगती है। यह प्रक्रिया स्वप्रतिरक्षीकरण विकार (auto immune disorder or diseases) को जन्म देती है।

प्रतिरक्षा तंत्र में काम आने वाले शारीरिक अंग (Organs of immune system)

प्रतिरक्षा तंत्र में काम आने वाली कोशिकायें कुछ विशेष अंगों में निर्मित होती हैं। ये अंग है:

- **लसीकाय अंग (Lymphoid organs):** जैसे कि भ्रूण पीतक द्रव्य (yolk sac of embryo), भ्रूण का यकृत (fortal liver) एवं अस्थि मज्जा (bone marrow)
- **प्राथमिक लिम्फोइड अंग (Primary lymphoid organs):** जैसे कि थाइमस (thymus) एवं एवियन बरसा फेबरिकस (avian bursa fabricus) अथवा बरसा समान ऊत्तक (bursa equivalent tissue)
- **परिधीय लसीकाभ अंग (peripheral lymphoid organs):** जैसे कि लसीका पर्व (lymphnodes), प्लीहा (spleen), आँत संबंधित लिम्फोइड ऊतक (gut associated lymphoid tissue), पेयरस् पैच (peyer's patch), ग्रसनीय एवं तालु टांसिल (pharyngeal

and palatine tonsil), ऐपेन्डिक्स (appendix) एवं मिल्की स्पोटस् ऑफ ओमेनटम् (milky spots of omentum)।

लिम्फोइड अंगो में अविभेदित स्तम्भ कोशिकाऐं (undifferentiated stem cells) पाई जाती हैं जो रक्त द्वारा प्राथमिक लिम्फोइड अंगों में पहुँच जाती हैं जहाँ ये लिस्फोसाइटस् (टी एवं बी कोशिका) में परिवर्तित हो जाती हैं, इस तरह इनका सतत् (constant) निर्माण होता रहता हैं। स्टेम कोशिकाऐं अपने आप में प्रतिरक्षी की तरह काम नहीं कर सकती हैं परन्तु प्रतिरक्षी कोशिकाओं जैसे कि T एवं B कोशिका का निर्माण करती हैं। वयस्कों में अस्थि मज्जा इन कोशिकाओं का सबसे महत्वपूर्ण स्त्रोत होती है।

परिवर्तित स्टेम कोशिकाऐं रक्त द्वारा संचरित (cirulate) होती हैं एवं लसीकाभ अंग (lymphoid organs) में जाकर स्थापित हो जाती हैं जहाँ पर प्रतिरक्षी संरचनाओं एवं कोशिका मध्यस्थ प्रतिरक्षा (cell mediated immunity) का निर्माण होता है। संक्रमण होने पर यह अंग सूज जाते हैं।

प्रतिरक्षा तंत्र की कोशिकाऐं (Cells of immune system)

1. इम्यूनोलोजिकल कम्पीटेन्ट कोशिकाऐं (Immunologically competent cells) अथवा आई.सी.सी. (ICC)।
2. लिस्फोब्लास्ट्स एवं लिम्फोसाइट्स (Lymphoblasts and Lymphocytes)
   - टी कोशिकाऐं (T cells)
   - बी कोशिकाऐं (B Cells)
3. प्लाज्माब्लास्ट एवं प्लाज्मा कोशिकाऐं (Plasma blast & Plasma Cells)।
4. सहायक कोशिका (Accessory cells): वृहद्भक्षाणु कोशिका (Macrophage), प्राकृतिक मृत कोशिकाऐं (Natural killer cell) इत्यादि।

2. लिम्फोब्लास्ट एवं लिम्फोसाईटस् (Lymphoblasts and Lymphocytes)

लिम्फोब्लास्ट्स से लिम्फोसाईट्स का निर्माण होता है। ये एक केन्द्रकीय कोशिकाऐं 12-16μ आकार की होती हैं एवं इनका जीवद्रव्य बेसोफिलिक (basophilic) होता है। इनसे बनने वाले लिम्फोसाईट्स से विशिष्ट प्रतिरक्षी संरचनायें अथवा विशिष्ट संवेदी लिम्फोसाईट्स (special sensitized lymphocytes) उत्पन्न होती है। लिम्फोसाईट्स आकार में छोटे होते हैं। ये चल संरचनायें लगातार रक्त, लिम्फोइड अंगों एवं लिम्फोटिक ऊतकों के बीच विचरण करती रहती हैं। प्लाज्मोब्लास्ट एवं प्लाज्मा कोशिकाऐं प्रतिजन की उपस्थिति ज्ञात होने पर बी कोशिकाओं (B cells) से उत्पन्न होती है। दोनों कोशिकाओं से इम्युनोग्लोब्युलिन्स का निर्माण होता है।

प्रतिरक्षा (Immunity) अथवा विशिष्ट प्रतिरक्षा (Specific immune respone)

प्रतिरक्षित कोशिकाओं (immune cells) अथवा इम्युनोग्लोब्युलिन्स (Igs) की उपस्थिति प्राणी के शरीर में विशिष्ट प्रतिरक्षा उत्पन्न करती है। यह प्रतिरक्षा दो प्रकार की होती है:

1. प्राकृतिक (Natural) अथवा जन्मजात (Inherited)
2. उपार्जित (Accquired) अथवा जो प्रतिजन से सम्पर्क में आने के बाद उत्पन्न होती है।

इस प्रकार की प्रतिरक्षा का मुख्य बिन्दु शरीर में प्रवेश करने वाली बाह्य संरचनाओं की पहचान कर उन्हें नष्ट अथवा निष्क्रिय करना होता है। यह क्रिया बहुत जटिल (complex) होती है एवं दो अन्तर (interactive) शाखाओं (branches) के द्वारा मध्यस्थ (mediated) होती हैं। इस प्रकार की प्रतिरक्षा के कुछ और मुख्य लक्षण हैं जैसे कि प्रतिजन विशिष्टता (antigen specificity) प्रतिजन को पहचानने की क्षमता (identification of antigen) एवं प्रतिजन की पहचान या याद्दाश्त (memory of antigen), आण्विक स्तर पर (at molecular level) पर स्वयं के समान या स्वयं से असमान में फर्क करने की क्षमता इत्यादि विशिष्ट प्रतिरक्षा के लिये उत्पन्न होना आवश्यक है।

प्रतिजन की पहचान के पश्चात शरीर में उत्पन्न याददाश्त के कारण प्रतिजन से दुबारा संपर्क में आने पर प्रतिरक्षा तंत्र तुरन्त ही प्रभावी हो जाता है। इस कारण कुछ रोग मनुष्यों में सिर्फ एक बार होते हैं जैसे कि चिकन पॉक्स (chicken pox) अथवा छोटी माता या चेचक अथवा बड़ी माता यानि स्माल पॉक्स (small pox) इत्यादि प्रतिजन की उपस्थिति से उत्पन्न प्रतिरक्षा तंत्र को सक्रिय प्रतिरक्षा (active immunity) कहते हैं। अगर यह प्रतिरक्षा प्राणी की सीरम (serum), माँ के दूध, कोलोस्ट्रम अथवा किसी दूसरे प्राणी की इम्यून कोशिकाओं के स्थानान्तरण (transfer) की वजह से उत्पन्न होती है तो उसे निष्क्रिय प्रतिरक्षा (passive immunity) कहते हैं क्योंकि इसमें प्राणी के प्रतिरक्षा तंत्र के उत्तेजित (activate) हुये बगैर प्राणी को सुरक्षा मिल जाती है। यानि निष्क्रिय (passive) प्रतिरक्षा में प्रतिरक्षी प्राणी के शरीर में निर्मित होती हैं वरन् सक्रिय (active) प्रतिरक्षा में यह प्राणी के शरीर में, प्राणी की प्रतिजन की पहचान करने की क्षमता के कारण उत्पन्न होती हैं।

प्राकृतिक प्रतिरक्षा बच्चे को माँ से मिलती है जबकि उपार्जित प्रतिरक्षा शरीर में टीकाकरण द्वारा उत्पन्न कराई जाती है।

प्रतिरक्षा के प्रकार (Types of immunity)

प्रतिरक्षा मुख्यत: दो प्रकार की होती है:

1. स्वभावज प्रतिरक्षा (Innate immunity)

इस प्रकार की रोधक्षमता जन्मजात एवं वंशागत (inherited) होती है। यह रोधक्षमता उपार्जित (acquired) नहीं होती है तथा इसे प्राकृतिक या वंशानुगत (genetic) प्रतिरक्षा (immunity) भी कहते है। यह जाति (species), प्रजातीय (racial) या व्यक्तिगत (individual) स्तर पर निम्न प्रकार की हो सकती है:

- **जातिगत (Specific):** इस प्रकार की रोधक्षमता जाति विशिष्ट में ही पाई जाती है जैसे कि चूहे डिफ्थिरिया (diphtheria) आविष (toxin) के लिए प्रतिरोधी (resistant) होते हैं किन्तु मनुष्य नहीं। इसी प्रकार से मनुष्यों में पादप रोगकारकों (plant pathogens) के विरूद्व प्रतिरोधकता होती हैं।
- **प्रजातिय (Racial):** यह रोधक्षमता प्रजाति विशेष होती है। उदाहरण: सामान्य भेड़ एन्थ्रेक्स (anthrax) के प्रति संवेदी (susceptible) होती है, जबकि एल्जीरियन भेड़ एन्थ्रेक्स के प्रति प्रतिरोधी होती है।

- **व्यक्तिगत (Individual):** इस प्रकार की रोधक्षमता दुर्लभ रूप में पाई जाती है एवं एक ही प्रजाति या वंश के कुछ लोगों में पाई जाती है और कुछ में नहीं।

2. उपार्जित/अभिगृहीत प्रतिरोध क्षमता (Acquired immunity)

यह प्रतिरोधकता, जीव जन्तुओं के जीवनकाल में कुछ विशिष्ट प्रतिजनों के विरूद्ध उत्पन्न होती है। यह निम्न दो प्रकार की होती है:-

- **सक्रिय रोधक्षमता (Active immunity):** वह प्रतिरक्षा जिसमें शरीर की कोशिकाएँ संक्रमण कारक या उत्पादों के विरूद्व प्रतिरक्षी का निर्माण करती है। यह प्रतिरक्षी रोगजनक अथवा रोगकारक को नष्ट या निफिय कर देती हैं। यह दो प्रकार की होती है:
  - **प्राकृतिक (natural):** यह रोधक्षमता किसी एक रोग के विरूद्व परपोषी के विशिष्ट उद्दीपन के कारण प्राप्त होती है। जैसे यह ज्ञात है कि जो व्यक्ति एक बार चेचक (small pox) से पीड़ित हो जाता है तो वह अपने जीवनकाल में इस रोग के प्रति प्रतिरोधकता प्राप्त कर लेता है। यह प्रतिरक्षा दो प्रकार की होती है:

अ. तरल प्रतिरक्षा (Humoral immunity): इसमें सूक्ष्मजीवों के प्रतिजनों (antigens) तथा उनके उत्पाद के विरूद्व B कोशिकाऐं प्रतिरक्षी (antibodies) का निर्माण करती हैं। ये प्रतिरक्षी सूक्ष्मजीवों को नष्ट कर देते हैं तथा भक्षाणशन (phagocytosis) की कार्यशीलता बढ़ाने में सहायक होते है। इसे रसायन मध्यस्थ प्रतिरक्षा (chemical mediated immunity) भी कहा जाता है।

ब. कोशिकीय प्रतिरक्षा (Cellular immunity): यह मुख्यतया थाइमस से प्राप्त लिम्फोसाइट के कारण होती है। ये लिम्फोसाइट बाहरी कोशिकाओं की पहचान कर उन्हें नष्ट कर देते है एवं शोथ (inflammation) उत्पन्न करते हैं।

  - **कृत्रिम (Artificial):** इस प्रकार की प्रतिरक्षा प्राकृतिक रूप से उपार्जित नहीं होती है। परन्तु इन्हें कृत्रिम रूप से टीके (vaccines) लगाकर उत्पन्न किया जाता है।
- **निष्क्रिय रोधक्षमता (Passive immunity):** यह प्रतिरोधक कारकों के जीव के शरीर में प्रवेश करने से उत्पन्न होती है। यह रोधक्षमता व्यक्ति के स्वयं के रोध तंत्र से भिन्न होती है एवं दो प्रकार की होती है:
  - **प्राकृतिक (Natural):** जो प्राणी में स्वत: पैदा होती है जैसे कि भ्रूण (foetus) में प्रतिरक्षी (antibodies) माता से स्थानांतरित हो जाते हैं तथा नवजात शिशु की शुरू के 4 से 6 महीने तक रक्षा करते हैं। इसी प्रकार माता के दूध से भी शिशु को प्रतिरक्षी (antibodies) प्राप्त होती है।
  - **कृत्रिम (Artificial):** इस प्रकार की रोधक्षमता में पहले प्रतिरक्षी को प्राणी के शरीर में कृत्रिम तरीके से प्रवेश कराया जाता है। इन प्रतिरक्षियों को पहले किसी दूसरे परपोषी में उत्पन्न किया जाता है एवं फिर इन्हें मनुष्यों के शरीर में प्रवेश कराकर कृत्रिम निष्क्रिय रोधक्षमता उत्पन्न की जाती है। उदाहरण: शरीर में एन्टीसीरम (antiserum) के टीके लगाने से प्रतिरक्षा प्राप्त होती है।

10.6.1 बोध प्रश्न

1. प्रतिरक्षी क्रियाओ के प्रकार बताइए।

2. अविशिष्ट प्रतिक्रियाओ के क्रियान्वयन स्तरों को बताइए।

10.7 प्रतिजन-प्रतिरक्षी अभिक्रियाओं के सीरमीय उपयोग(Serological Application of Antigen-antibody Reactions)

प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी एक दूसरे के साथ विशिष्टता से संलग्न होते हैं तथा इनके मध्य होने वाली क्रिया का प्रेक्षण संभव हैं। इन क्रियाओं द्वारा प्रयोगशाला में संक्रमण की पहचान, प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी की उपलब्धता, अतिसंवेदनशीलता जैसे कार्यो में सहायता मिलती है, इन्हें सीरमीय परीक्षण (serological tests) भी कहते हैं जिनकी सहायता से रोगी के रक्त में उपस्थित रोगकारक की पहचान की जा सकती है।

रोगकारक का पता करने हेतु सीरमीय अभिक्रिया द्वारा रोगी व्यक्ति के सीरम (serum) में प्रतिरक्षी की उपस्थिति का विभिन्न तरीकों द्वारा पता लगाया जाता है।

रक्त का कोशिका मुक्त तरल पदार्थ जिसमें स्कन्दन कारक (clotting agent) का अभाव होता है, सीरम कहलाता है। रक्त का स्कन्दन करके सीरम का निर्माण किया जाता है। जब स्कन्दन संकुचित हो जाता है तो शेष बचा द्रव सीरम कहलाता है। रोगी के सीरम में ज्ञात (known) प्रतिजन या उसके द्वारा स्त्रावित प्रतिजन कारक को मिलाया जाता है और प्रतिजन-प्रतिरक्षी प्रतिक्रिया के होने का इन्तजार किया जाता है। अगर अन्र्तक्रिया हो जाती है तो परीक्षण को धनात्मक (positive) माना जाता है, अन्यथा इसे ऋणात्मक (negative) कहा जाता है। धनात्मक क्रिया का मतलब है कि रोगी के रक्त में प्रतिजन उपस्थित हैं। ऋणात्मक (negative) क्रिया यह दर्शाती है कि जो विशिष्ट प्रतिजन सीरम में डाला गया था, वह अनुपस्थित है। ऐसे समय में दूसरे प्रतिजनों के साथ सीरम की क्रिया पुन: दोहराई जाती है।

कभी-कभी प्रतिजन-प्रतिरक्षी अन्र्तक्रिया दृश्य योग्य नहीं होती है। ऐसे में परीक्षण विलयन (test solution) में सूचक का प्रयोग किया जाता है जो यह इंगित करता है कि अभिक्रिया पूर्ण हो गई है। सूचक के रूप में रक्त, रासायनिक पदार्थ इत्यादि उपयोग में लिए जा सकते हैं। सूचक क्रिया विशिष्ट (reaction specific) होते हैं।

सीरमीय अभिक्रियाओं को करते समय निम्न कुछ बातों को ध्यान में रखना चाहिए-

- प्रतिजन (antigen) एवं सीरम (serum) प्रतिदर्श (sample) को मिलाकर परीक्षण विलयन (test solution) बनाया जाता है।
- प्रतिजन या प्रतिदर्श दोनों में से एक की प्रकृति ज्ञात होनी चाहिए।
- निश्चित समय पर सूचक (indicator) का योग किया जाना चाहिए।
- आवश्यक तनुता (dilution) को निर्मित किया जाना चाहिए।

10.7.1 विभिन्न सीरमीय परीक्षण (Serological Tests)

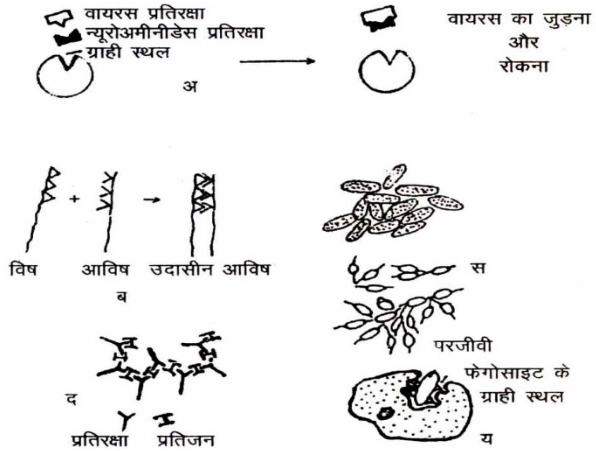
सीरमीय परीक्षण निम्नलिखित है:

1. उदासीनीकरण (Neutralization)

कुछ विशिष्ट प्रतिरक्षी उदासीकारक प्रतिरक्षी कहलाते हैं जो विशिष्ट प्रतिजन जैसे वाइरस कैप्सिड्स से क्रिया करते हैं एवं विषाणुओं को पोषक (host) कोशिकाओं पर संलग्न नहीं होने देती।

उदासीकारक प्रतिरक्षी, विषाणुओं का समूहन कर उन्हें भक्षाणुनाशन क्रिया द्वारा नष्ट किये जाने के लिये प्रभावी बनाती हैं। ये आविष पदार्थो (toxins) को निष्क्रिय करने का कार्य भी करती हैं। इस प्रकार की विशिष्ट प्रतिरक्षी एन्टीटॉक्सिन (antitoxin) कहलाती हैं जो आविष की प्रकृति में परिवर्तन ला देती हैं। कुछ विशिष्ट प्रतिरक्षी विषाणुओं, आविष पदार्थो एवं एन्जाइम्स के जैविक प्रभावों को उदासीन बना सकती हैं। उदासीन विषाणु अथवा आविष पोषक कोशिका की सतह पर उपस्थित ग्राही क्षेत्र (receptor sites) पर चिपक नहीं पाते हैं और इस प्रकार संक्रमण नहीं कर पाते हैं।

तरीका (method): रोगी के रक्त से निकाले विषाणु का संवर्धन कर उसे सीरम के साथ मिला देते है। अब इस मिश्रण को चूहे में प्रवेशित (inoculate) कराया जाता है। अगर रोगी के शरीर में उदासीन (neutralizing) प्रतिरक्षी हैं तो वे विषाणु को निष्क्रिय कर देंगे एवं चूहे में रोग के लक्षण उत्पन्न नहीं होंगे। इस तरह यह मालूम किया जा सकता है कि रोगी इस विशिष्ट विषाणु से संक्रमित है अथवा नहीं। इसे इनफ्लूएन्जा (influenza), मम्पस (mumps), चेचक (chicken pox), पोलियो (polio), रूबेला (rubella), हर्पिज (herpes) इत्यादि की पहचान के लिये इस्तेमाल किया जाता है। (चित्र 10.2)



चित्र 10.2 अ. न्यूराएमीनीडेस प्रतिरक्षा न्यूराएमीनिडेस के साथ क्रिया कर कोशिकाओं पर वायरस के जुड़ने को रोकना, ब. एन्टीटॉक्सिन टॉक्सिन के साथ जुड़ना और विष स्थान पर टॉक्सिन का जुड़ना और उदासीन होना, स. एग्लूटिन का प्रतिजन की सतह कोशिका के साथ जुड़ना, द. अवक्षेपण के साथ विलयित प्रतिजन और लेक्टिन अम्ल का निर्माण, य. ओप्सोनिन और भक्षकाण्डु कोशिकाओ का जाल निर्माण

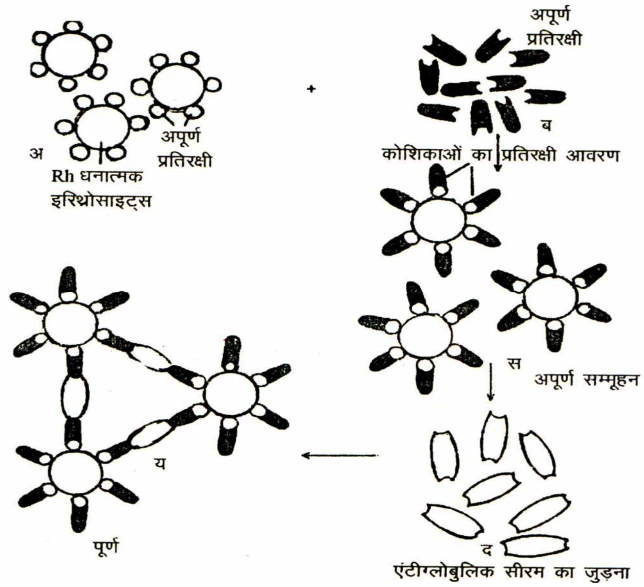
2. समूहन (Agglutination)

प्रतिरक्षियों की, अन्य कोशिकाओं में गुच्छ बनाने की क्षमता को समूहन कहते हैं। जब कण स्वरूप का प्रतिजन, प्रतिरक्षी के साथ आदर्श तापक्रम, pH व विद्युत अपघट्यों की

उपस्थिति में मिलता है तो ये कण गुच्छ या समूह बना लेते है। अधिकतर कोशिकाओं के विद्युत आवेशित होने के कारण वे कोशिकाएँ प्रतिरक्षी से मिलने पर समूहन का प्रदर्शन करती हैं।

तरीका (method): रोगी के सीरम में ज्ञात प्रतिजन को मिलाया जाता है अगर समूहन होता है तो इसका मतलब है कि संक्रमण इसी प्रतिजन से हुआ है अन्यथा दूसरे प्रतिजन के साथ परीक्षण दुबारा दोहराया जाता है। कभी-कभी समूहन को देखने हेतु विलयन में उचित सूचक मिलाया जाता हैं। जैसे कि RBC इन लाल रक्त कणिकाओं का समूह आसानी से दिखाई दे जाता हैं। यह समूह प्रतिजन-प्रतिरक्षी तंत्र बनने पर ही दिखाई देता है अन्यथा नहीं।

समूहन क्रिया का मुख्य उपयोग रक्त समूह की जाँच हेतु किया जाता है। साथ ही विभिन्न रोगों की जाँच जैसे टाइफाइड हेतु विडाल परीक्षण (widal test), ब्रुसेलोसिस (brucellolis) हेतु ब्रुसेला परीक्षण (brucella test) एवं रिक्टिओसिस (richtiosis) हेतु वेल फेलिक्स परीक्षण (well felix test) इसी आधार पर किया जाता है। (चित्र 10.3)



चित्र 10.3 एन्टीग्लोबुलिन (कुम्भ का परीक्षण) अ. Rh लाल रक्ताणु,ब. अपूर्ण एन्टीबॉडी के साथ मिलाने पर, स. एन्टीबॉडी का रक्ताणुओं पर लेपित होना,द. अपूर्ण होने की स्थिति में समूहन का न होना,य. एन्टीग्लोबुलिन सीरम के मिलाने पर पूर्ण होने की स्थिति में समूहन होना।

➢ **संश्लेषक के प्रकार (Kinds of Agglutins)**

1. **प्रतिरक्षी संश्लेषक (Immune agglutins):** यह इंजेक्शन या कृत्रिम रोधक्षमता के द्वारा प्राप्त होती है। इस प्रकार की एग्लूटिन्स सीरम में विशाल संख्या में पाई जाती है।
2. **समूह एग्लूटिन्स् (Group agglutins):** आपस में निकट संबंधी जीवों के एग्लूटिन्स।
3. **सामान्य या अविशिष्ट संश्लेषक एग्लूटिन्स (Non-specific agglutins):** इनका रोग से कोई संबंध नहीं होता।

3. **पूरक स्थिरीकरण परीक्षण (Complement fixation test)**

मानव सीरम में कारकों का विशिष्ट तंत्र पाया जाता है। यह तंत्र प्रतिजन-प्रतिरक्षी क्रियाओं द्वारा सक्रिय होकर अनेक जैविक कार्यो का निष्पादन करता है। उन्नीसवीं सदी में यह

ज्ञात हुआ कि कुछ प्रतिरक्षीयो को जीवाणु नाशक, जीवाणु लयन एवं रक्त लयन जैसी क्रियाओं को आरम्भ करने के लिए ताप स्थिर (heat labile) कारक या पूरक (complement) की आवश्यकता पड़ती है। बोडेट एवं जेन्यू (Boadet and Gengou) ने 1901 में पूरक स्थिरीकरण परीक्षण (complement fixation test) की खोज की जिसमें रक्त के मिलाने पर संवेदी सीरमीय क्रिया होती है। सिफलिस (syphilis) रोग का परीक्षण इसी के द्वारा किया जाता है।

पूरक (complement) एक अकेला पदार्थ नहीं है बल्कि यह नौ प्रकार के प्रोटीन अंशों से बना जटिल है जिन्हें C_1 से C_9 तक नाम दिया गया है। अंश C_1 तीन प्रोटीन उपइकाइयों से मिलकर बना होता है। अत: पूरक 11 प्रोटीन अंशों का समूहन है। मनुष्य में पूरक घटक सीरम ग्लोबुलिन्स का लगभग 10% भाग बनाते हैं तथा उच्च ताप पर विकृत हो जाते हैं। जैसे रक्त सीरम को 56^0C पर 30 मिनट तक रखने के बाद ये घटक निष्क्रिय हो जाते हैं। पूरक घटक देह में अक्रिय (inactive) अवस्था में पाये जाते हैं किन्तु प्रतिजन-प्रतिरक्षी अभिक्रिया आरम्भ होने पर ये विशिष्ट श्रृंखलावत्, अवस्थाओं में क्रिया करते हैं।

विभिन्न श्रृंखलाबद्ध क्रियाओं के दौरान पूरक घटक जैविक रूप से सक्रिय उपोत्पाद बनाते हैं जो रक्षात्मक क्रियाओं को बढ़ाकर शोथ क्रिया (inflammation reaction) को प्रोत्साहित करते हैं। क्रियाओं के श्रृंखलाबद्ध चरण के रूप में बढ़ते जाने के कारण जीवाणुओं विशेषकर ग्राम-ऋणात्मक जीवाणु एवं कवक के विरूद्ध यह तंत्र अधिक उपयोगी रहता है। ये घटक जीवाणुओं एवं कवकों की देहभित्ति में परिवर्तन उत्पन्न कर लाइसोजाइम हेतु सुग्राही बना देते हैं। एक पूरक मेक्रोफेज, कोशिकाओं से लाइसोजाइम मुक्ति हेतु भी क्रिया करता है। इस प्रकार जीवाणु की देह-भित्ति विघटित हो जाती है।

पूरक घटक रक्त कणिकाओं की पारगम्यता, पेशियों में संकुचन, श्वेत रक्त कणिकाओं में रासायनिक अनुचलन, विषाणुओं का उदासीनीकरण, आविषालु पदार्थो का निष्क्रिय किया जाना एवं मास्ट कोशिकाओं से हिस्टामीन का मुक्त होना जैसी क्रियाओं का आरम्भन करते हैं। इस प्रकार C_1 से C_{11} तक के विभिन्न घटक अलग-अलग कार्य करते हुए अन्तिम पद तक पहुँचते हैं।

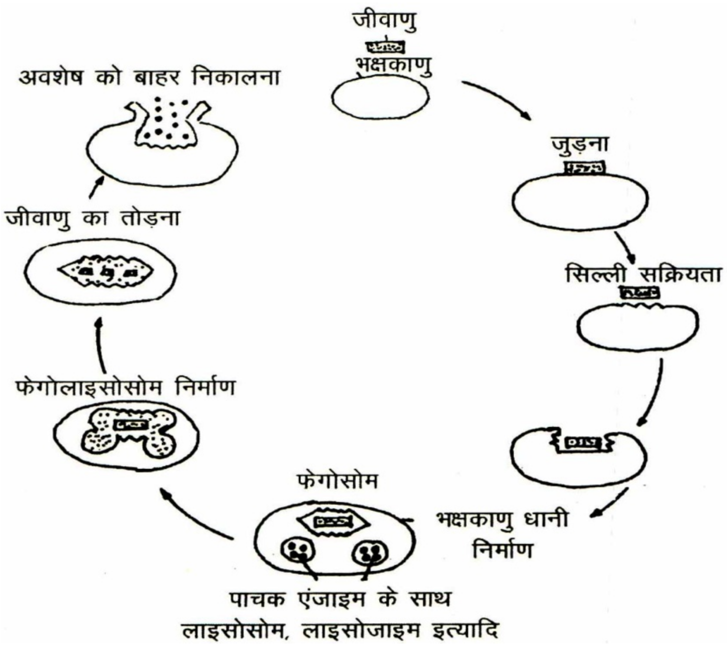
तरीका (method): पूरक स्थिरीकरण प्रतिरक्षी (complement fixing antibodies) की पहचान करने हेतु रोगी के सीरम (जिसमें प्रतिरक्षी है) के साथ, विशिष्ट ज्ञात (specific known) प्रतिजन एवं पूरक तंत्र को मिलाया जाता है। प्रतिजन-प्रतिरक्षा तंत्र (antigen-antibody complex) बनने पर यह पूरक तंत्र के साथ जुड़ कर उसे निष्क्रिय कर देता है। इस प्रक्रिया को देखने योग्य बनाने के लिये इसमें रक्त अपघटन कारक (haemolysin) एवं लाल रक्त कणिकाओं (red blood corpuscles) को मिला दिया जाता है। निष्क्रिय पूरक तंत्र इन रक्त कणिकाओं को नष्ट नहीं कर सकता है इसलिये इनका रक्त लयन (haemolysis) नहीं होता है और परीक्षण को धनात्मक माना जाता है यानि रोगी के शरीर में प्रतिजन उपस्थित है।

अगर सीरम में प्रतिरक्षी अनुपस्थित होते हैं तो इस परीक्षण में प्रतिजन-प्रतिरक्षी तंत्र नहीं बनता है। इस कारण पूरक तंत्र सक्रिय रहता है एवं लाल रक्त कणिकाओं का लयन कर देता है जिससे परीक्षण विलयन लाल रंग का हो जाता हैं। यह इस बात का संकेत है कि रोग इस विशिष्ट ज्ञात प्रतिजन से नहीं हुआ है यानि परीक्षण ऋणात्मक हैं। इस परीक्षण में RBC सूचक की तरह काम करते है।

4. भक्षक कोशिका क्रिया (Opsonization)

रक्त सीरम में पाया जाने वाली एक प्रतिरक्षी जो जीवाणुओं और अन्य कोशिकाओं पर क्रिया करके उन्हें भक्षित किए जाने योग्य बना देती हैं। उन्हें ऑप्सिनिन्स (opsonins) कहते हैं। ये भक्षाणुनाशन (phagocytosis) क्रिया को उद्दीप्त करती हैं। प्रतिरक्षी के Fab खण्ड पर प्रतिजन के संलग्न होने के तुरन्त बाद Fc खण्ड फेगोसाइट (phagocyte) में प्रवेश कर जाता है जिसके लिये फेगोसाइट पर एक ग्राही स्थल होता है। सामान्यत: सूक्ष्मजीव भक्षाणुनाशन का प्रतिरोध करते हैं परन्तु यह प्रतिरक्षी जीवाणु के सम्पुट (envelope) के M-प्रोटीन से क्रिया करते हैं और उसे भक्षाणुनाशन की क्रिया के लिए इंगित कर देते हैं। यह प्रतिरक्षी IgG, IgG3 एवं IgM प्रकार के होते हैं।

तरीका (method): रोगी के सीरम में ज्ञात प्रतिजन को मिलाया जाता है। सूचक के रूप में भक्षाणु कोशिकाऐं भी मिलाई जाती हैं। सीरम में उपस्थित प्रतिरक्षी अगर इस विशिष्ट प्रतिजन के विरूद्ध बनी होती है तो वे प्रतिजन के साथ जुड़ जाती है। प्रतिजन-प्रतिरक्षी के इस समूह को अब भक्षाणु कोशिकायें नष्ट कर देती है। भक्षाणुनाशन का होना इस परीक्षण में यह दर्शाता है कि रोगी इसी प्रतिजन से संक्रमित हैं। अगर भक्षाणुशन नहीं होता है तो परीक्षण ऋणात्मक होता है और इसे दूसरे प्रतिजन के साथ दुबारा दोहराना पड़ता हैं। (चित्र 10.5)

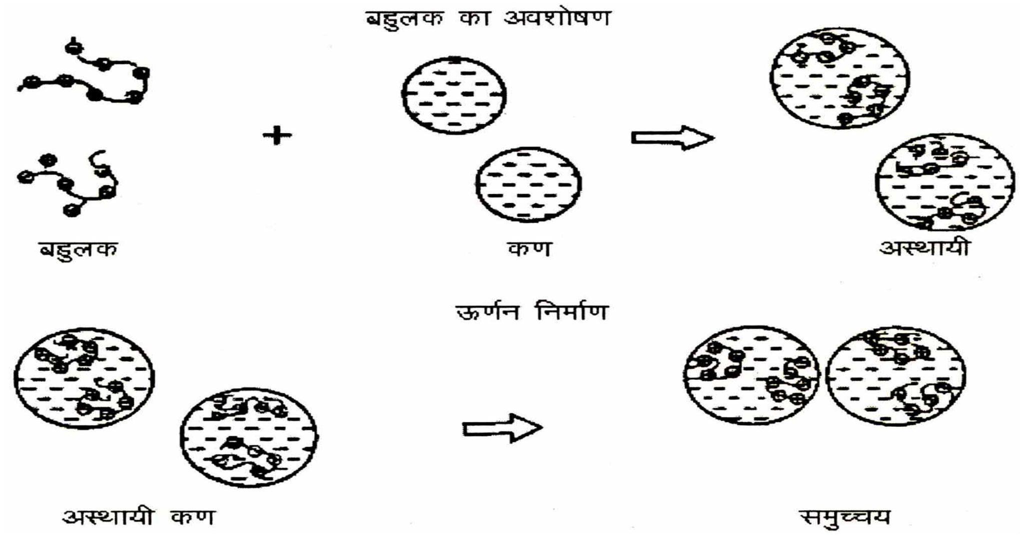


चित्र 10.5 भक्षानुशन क्रिया की विभिन्न अवस्थाएँ

5. ऊर्णन (Flocculation)

ये प्रतिआविष (antitoxins) प्रतिरक्षी होते हैं जो कि आविषो को उदासीन करते हैं। कभी-कभी प्रतिजन-प्रतिरक्षी संकुल (antigen-antibody complex) निलम्बित कणों (suspended particles) के रूप में होता है, इसे ऊर्णन (flocculation) कहते हैं। ऊर्णन (flocculation) में कुछ प्रतिजन-प्रतिरक्षी क्रियाओं के साथ सूक्ष्म या स्थूलदर्शी समूहन (aggregates) की उपस्थिति को दर्शाया जाता है।

शिक परीक्षण (schick test) में एक ज्ञात प्रतिजन डिप्थीरिया आविष, त्वचा में एक अज्ञात प्रतिरक्षी डिप्थीरिया प्रतिआविष की उपस्थिति की जाँच हेतु, निक्षेपित (inject) किया जाता है। यदि डिप्थीरिया प्रतिआविष त्वचा में उपस्थित होता है तो आविष उदासीन हो जाता है जिससे त्वचा को क्षय नहीं पहुँचता। यदि प्रतिआविष अनुपस्थित होता है तो आविष ऊतक को नष्ट कर देता है जिससे शोथ (inflammation) क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। ऊर्णन (flocculation), अवक्षेपण (precititation) के समान होता है परन्तु ऊर्णन में एक तीक्ष्ण अन्तिम बिन्दु (sharp end point) उपस्थित होता है। (चित्र 10.6)



6. अवक्षेपण (Precipitation)

यह परीक्षण अवक्षेपी (precipitate) प्रकार की प्रतिरक्षी प्रोटीन्स की पहचान में काम आता है। ये प्रतिरक्षी संरचनाऐं घुलनशील प्रतिजन के साथ क्रिया कर, एक दृश्य अवक्षेप (visible precipitate) का निर्माण करती हैं। यह प्रक्रिया दो स्तरों पर होती है:-

- प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी अणु मिलते ही तुरन्त प्राथमिक संकुल (primary complex) बना लेते है।
- अब ये प्राथमिक संकुल एक दूसरे के साथ क्रॉस बन्ध (cross linkage) के द्वारा जुड़ कर एवं वृहद् (large) द्वितीय अवक्षेप संकुल (secondary precipitate complex) का निर्माण करते हैं। इस प्रक्रिया में कुछ मिनटों से कुछ घंटों का समय लग सकता है। क्रॉस बन्ध के कारण यह एक जाल (net) समान अवक्षेप के रूप में एकत्रित हो जाते हैं जो कि आसानी से देखा जा सकता है।

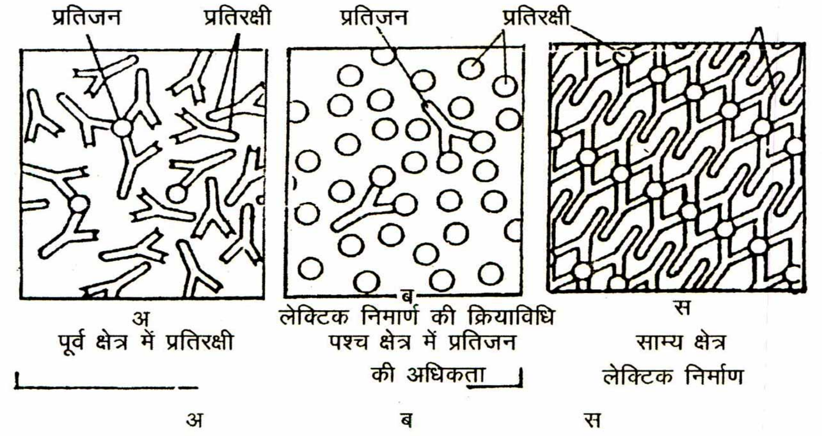
इस परीक्षण को तरल (liquid) अथवा अर्द्ध ठोस माध्यम (semi solid medium) जैसे कि एगरोज जेल (agarose gel) आदि में किया जा सकता है।

तरल माध्यम में जब प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी के घोल एक परखनली (test tube) में मिलाये जाते हैं तो वे एक दूसरे के ऊपर एक परत बना लेते हैं। अब प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी का इन परतों में एक दूसरे की ओर विसरण (diffusion) होना शुरू होता है एवं तब तक होता रहता है जब तक कि दोनों एक साम्य क्षेत्र (zone of equivalence) तक नहीं पहुँच जाते हैं। इस जगह पर अब दृश्य अवक्षेप का निर्माण होता है। इस कारण इस प्रक्रिया को प्रतिरक्षी विसरण (immuno diffusion) भी कहा जाता है।

अर्द्ध ठोस माध्यम जैसे कि एगरोज जेल में विसरण को जेल विसरण (gel diffusion) कहा जाता है। आऊडिन परख नली तकनीक (oudin tube technique) जिसका आविष्कार आउडिन (oudin) ने 1946 में किया था, में एक पतली परखनली में प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी घोलों के बीच जेल का एक प्लग (plug) रख दिया जाता है। इस जेल में दोनो, प्रतिरक्षी एवं प्रतिजन अणु एक दूसरे की ओर विसरण कर साम्य क्षेत्र (zone of equivalance) पर एक सदृश्य चक्र अथवा वलय (visible ring) समान अवक्षेप बना लेते हैं। इस प्रक्रिया को युगल जेल विसरण (double gel diffusion) कहते हैं। आउचटरलोनी (Oucherterlony) ने 1948 में आउचटरलोनी प्लेट तकनीक (Ouchterlony plate technique) का आविष्कार किया। इस तकनीक में एक पेट्री प्लेट में एगरोज जेल की मोटी तह जमा दी जाती है। फिर इस तह में दो या दो से ज्यादा खड्डे (wells) बनाये जाते हैं जिनमें प्रतिजन प्रतिरक्षी का घोल भर दिया जाता है। इस पेट्री प्लेट्स को अब इन्क्यूबेट (incubate) करने के लिये रख दिया है। कुछ घण्टों पश्चात् प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी इस जेल में विसरण कर एक दूसरे के साथ अवक्षेप बनाते हैं। जिस जगह ये दोनों एक दूसरे के संपर्क में आते हैं उस जगह अवक्षेप की एक रेखा (line) बन जाती है। (चित्र 10.7)

इस परीक्षण को फॉरेन्सिक (forensic) प्रयोगशालाओं में रक्त की जाँच के लिये, खाने में मिलावट के लिये एवं अज्ञात प्रतिजन की पहचान के लिये उपयोग में लिया जाता है। इसे रोगी के रक्त में उपस्थित सी-रियेक्टिव प्रोटीन (c-reactive protein) की पहचान के लिये भी प्रयोग में लिया जाता है। यह प्रोटीन *न्युमोकोकस (Pneumococcus)*, जीवाणु के संक्रमण के बाद रोगी के रक्त में दिखाई देता है।

इस परिक्षण का सिफिलिस (syphilis), अन्य जीवाणु संक्रमण, रोगजनक (pathogen), एन्थ्रेक्स (anthrax) रक्त एवं वीर्य (blood and semen) आदि की जाँच में प्रयोग किया जाता है।



7. **आर.आई.ए. (RIA or Radio Immuno Assay)**

यह अत्यधिक संवेदशील प्रक्रिया है जो कि कम आण्विक भार (low molecular weight) वाले प्रतिजन (antigens) की सान्द्रता (concentration) जैसे कि हेप्टेन (haptens) नापने के काम में ली जाती है। इसका मुख्य उद्देश्य (basic principle) है: रेडियोधर्मी (labelled) प्रतिजन एवं अधर्मी (unlabelled) प्रतिजन के बीच प्रतिरक्षी के बन्ध क्षेत्रों (binding sites) पर जुड़ने के लिये प्रतिस्पर्धा (competition)।

यह प्रक्रिया यालो एवं बरसन (yalow & Berson) द्वारा मानव प्लाज्मा (human plasma) में इन्सुलिन (insulin) को मापने के लिए खोजी गई। 1977 में यालो को इसके लिये नोबल पुरस्कार दिया गया था। यह तकनीक, तरल माध्यम में प्रोटीन एवं हार्मोन की सूक्ष्म मात्रा को नापने के काम में ली गई है। यह तकनीक अत्यन्त संवेदनशील (sensitive) होती है एवं किसी पदार्थ की नेनोग्राम (ng) मात्रा का भी पता लगा लेती है।

यह तकनीक दो प्रकार की होती है:-

- **प्रतिस्पर्धी आर.आई.ए. (Competitive RIA)**
- **अतिरिक्त अभिरंजन आर.आई.ए. (Excess reagent RIA)**

- **प्रतिस्पर्धी आर.आई.ए. (Competitive RIA):** रेडियोधर्मी प्रतिजन की ज्ञात मात्रा विशिष्ट प्रतिरक्षी की ज्ञात मात्रा एवं अधर्मी प्रतिजन की अज्ञात मात्रा का मिश्रण बना कर घोल को इन्क्यूबेट (incubate) करने रख दिया जाता है। कुछ घण्टों बाद प्रतिजन-प्रतिरक्षी संकुल (antigen-antibody complex) को अलग कर उसकी रेडियोधर्मिता (radioactivity) मापी जाती है जो प्रतिजन प्रतिरक्षी से जुड़ नहीं पाते हैं वे विलयन में ही रह जाते है। इन मुक्त प्रतिजनों को भी निकाल कर उनकी भी रेडियोधर्मिता मापी जाती है।

इन आँकडो से प्रतिरक्षी से जुड़े रेडियोधर्मी प्रतिजन की मात्रा प्रतिशत में निकाली जा सकती है। इस मात्रा से यह ज्ञात हो जाता है कि कितने अधर्मी प्रतिजन, प्रतिरक्षी के साथ जुड़ सकते हैं क्योंकि दोनों प्रकार के प्रतिजनों का प्रतिरक्षी के बन्ध क्षेत्रों से जुड़ने का अनुपात (ratio) बराबर होगा। इस कारण:

बन्ध रेडियोधर्मी प्रतिजन का %= अधर्मी प्रतिजन का %

अब एक मानक आरेख (standard graph) की सहायता से अधर्मी प्रतिजन की मात्रा का पता किया जा सकता है।

बन्धय प्रतिजन	प्रतिजन-प्रतिरक्षी की मात्रा
मुक्त प्रतिजन	प्रतिजन की मात्रा

यह प्रयोगशाला में विभिन्न मात्राओं में अधर्मी प्रतिजन की प्रतिक्रिया प्रतिरक्षी से करवा कर मुक्त एवं बन्धय प्रतिजन की मात्रा का प्रतिशत ज्ञात कर बनाया जाता है। इसमें 'Y' अक्ष (axis) पर बन्ध/मुक्त प्रतिजन की मात्रा रखी जाती है एवं 'X' अक्ष पर प्रतिरक्षी की मात्रा। अब इस आरेख से अज्ञात प्रतिजन की मात्रा ज्ञात की जा सकती है।

- **अतिरिक्त अभिरंजन आर.आई.ए. (Excess reagent RIA):** इसमें प्रतिरक्षी (antibody), समान्यतया धर्मी (labelled) होती है और अधिक सान्द्रता में प्रयोग में ली जाती है। संयुग्मी (conjugate) में रेडियोएक्टिविटी के निर्धारण द्वारा विश्लेषक (analyte) को नापा जाता है जो कि चक्रिका (disc) के समान तरल से अलग हो जाती है।

यह परीक्षण ठोस माध्यम में भी किया जा सकता है। इस प्रक्रिया को ठोस अवस्था आर.आई.ए. (solid phase RIA) भी कहते हैं। इस प्रयोग में पोलीस्टाइरीन माइक्रोटाइटर मनकाएँ (microtitre beads) अथवा अगर-अगर प्लेट्स (plates) को ठोस अवस्था स्वरूप काम में लिया जाता है। इन्हें प्रतिजन के प्रति विशिष्ट प्रतिरक्षियों जिनका अध्ययन किया जाना है से लेपित (coated) किया जाता है। प्रथम चरण में इन्हें परीक्षण प्रतिदर्श (test sample) से और तत्पश्चात् इन्हें ज्ञात रेडियोधर्मी प्रतिरक्षीयों की अत्यधिक मात्रा (excess amount) से उपचारित (treat) किया जाता है। प्रतिजन आलेपित खड्डों (antigen coated wells) के द्वारा अज्ञात प्रतिरक्षी (unknown antibodies) की पहचान की जा सकती है।

- **विकर बन्धय प्रतिरक्षीय सोरबेन्ट परीक्षण (Enzyme Linked Immunosorbent Assay):**

यह परीक्षण RIA के समान होता है किन्तु इसमें धर्मी अभिकर्मक (labeled reactant) की जगह रेडियोधर्मी विकर का उपयोग होता है। यह ठोस अवस्था में किया जाता है एवं परिणाम परीक्षण के रंग पर निर्भर करता है। इसमें धर्मी विकर-प्रतिरक्षीय अभिकर्मक-प्रतिजन का संकुल (complex) बनता है। इसमें प्रयोग में लिये जाने वाले विकर हैं: परआक्सिडेस (peroxidase), ग्लूकोस आक्सिडेस (glucose oxidase), β-गैलेक्टोसाइडेस (β-galactosidase), एल्कलाईन फास्फेटेस (alkaline phosphatase) इत्यादि। (चित्र 10.8)

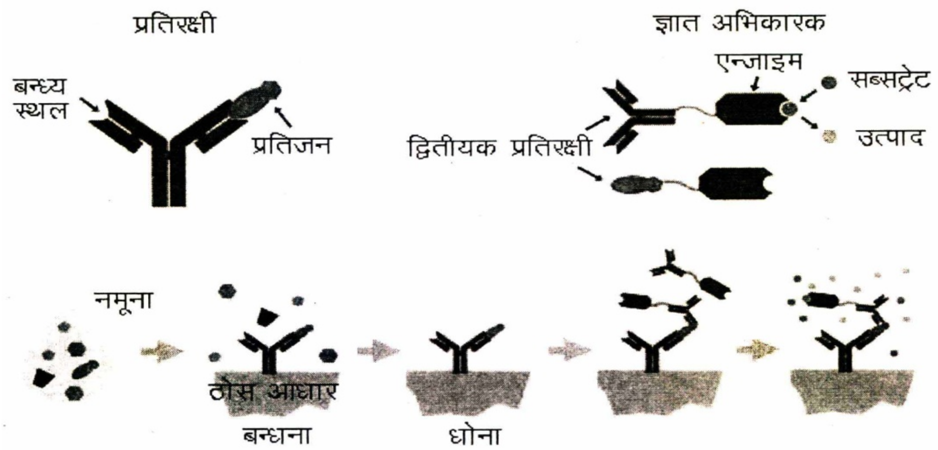
ठोस अवस्था के लिये पॉलीऐक्रिलामाईड (polyacrylamide) पॉलिस्टिरीन अथवा पालीविनाईल डिस्क (polysterene or polyvinyl diska), मणिकाऐं (beads), नलिकाऐं (tubes) इत्यादि का प्रयोग किया जाता है। यह परीक्षण दो प्रकार का होता है:

- विषमांगी इम्युनोऐसे (Heterogenous immunoassay): जिसमें धर्मी प्रतिरक्षीय अभिकर्मक की प्रतिक्रिया पर मिश्रण में होने वाली प्रतिरक्षीय क्रियाओं का कोई असर नहीं होता है। इसमें अभिकारक और अनाभिक्रिया धर्मी अभिरंजक (unreacted labeled reagents), अभिक्रिया धर्मी अभिरंजकों (reacted labeled reagents) से पृथक् हो जाते हैं।

➢ समांगी एम्यूनोऐसे (Homogenous immunoassay): इसमें एन्जाइम क्रिया, धर्मी अभिरंजक की प्रतिरक्षीकीय अभिक्रियाओं (immunological reactions) के दौरान प्रभावित होती है।

विधि: सबसे पहले प्रतिजन को ठोस अवस्था के साथ मिलाया जाता है। इससे दोनों परस्पर जुड़ जाते हैं। अब इस संकुल के साथ परिक्षण प्रतिदर्श को मिलाया जाता है। प्रतिदर्श में उपस्थित प्रतिरक्षी ठोस अवस्था में जुड़े प्रतिजन के साथ क्रिया कर प्रतिजन-प्रतिरक्षी संकुल का निर्माण करती है। ठोस अवस्था+प्रतिजन+प्रतिरक्षी संकुल को धोकर विकर के साथ बन्धय एंटीग्लोब्युलिन प्रतिरक्षियों के साथ इन्क्यूबेट (incubate) किया जाता है। इसके पश्चात् इस संकुल को दोबारा धोकर इसमें विकर विशिष्ट क्रियाधर (enzyme specific substrate) मिलाया जाता है। अगर विकर के अणु संकुल से बंधे होते हैं तो वे क्रियाधर के साथ क्रिया करते हैं एवं क्रियाधर का रंग पीला हो जाता है किन्तु अगर प्रतिदर्श में प्रतिजन अनुपस्थित होता है तो विकर अणु मुक्त अवस्था में होता है एवं क्रियाधर के साथ कोई क्रिया नहीं करता है। इस कारण क्रियाधर का रंग नहीं बदलता हैं। यह परीक्षण दो तरीकों से किया जा सकता है:

1. द्वि प्रतिरक्षी सेण्डविच ऐसे (Double antibody sandwich assay): यह प्रतिजन की पहचान करता है।
2. अप्रत्यक्ष इम्यूनोसोरबैन्ट ऐसे (Indirect immunosorbent assay): यह प्रतिरक्षी की पहचान करता है। इस परीक्षण का सबसे मुख्य उपयोग है एच.आई.वी. (H.I.V.) के विषाणु की पहचान।



चित्र 10.8 विकरबन्धय प्रतिरक्षी अवशोषक परिक्षण

9. इम्युनोइलेक्ट्रोफोरेसिस (Immunoelectrophoresis):

इस प्रक्रिया में प्रतिजनों की पहचान हेतु इलैक्ट्रोफोरेसिस और विसरण को संयुग्मित किया जाता है। प्रतिजनों को इलैक्ट्रिक आवेश (electric current) के आधार पर पृथक् किया जाता है और उसके बाद अवक्षेपण क्रिया द्वारा देखा जाता है। एगरोज स्लाइड (agarose slide) पर उपस्थित आशय में प्रतिजनों के मिश्रण को डाला जाता है तथा स्लाइड के दोनों सिरों पर इलेक्ट्रिक क्षेत्र को लगाया जाता है। विभिन्न प्रतिजन अपने विपरीत ध्रुवों पर भिन्न-भिन्न गति से जाते हैं अर्थात् धनात्मक आवेशयुक्त प्रोटीन ऋणात्मक इलैक्ट्रोड की ओर गति करते हैं। इस प्रक्रिया को इलैक्ट्रोफोरेसिस कहा जाता है। एगरोज जेल में एक खाँच (trough)

का निर्माण किया जाता है तथा इसमें एक ज्ञात प्रतिरक्षी का विलयन डाला जाता है। इसके बाद स्लाइड को इन्क्यूबेट (incubate) किया जाता है जिसके दौरान प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी एक दूसरे की ओर विसरित होते है तथा ऑक्टरकोनी तकनीक (Ouchtercony technique) के समान अवक्षेप की रेखाओं का निर्माण करते हैं। इन्हें अभिरंजन द्वारा देखा जा सकता है।

इलैक्ट्रोफोरेसिस के प्रकार (Type of Electrophoresis)

- **काउन्टर इम्यूनोइलैक्ट्राफोरेसिस (Counter Immunoelectrophoresis)**

यह एक रूपान्तरित प्रतिरक्षी विसरण (immunodiffusion) तकनीक है। इसमें प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी दोनों एक साथ विद्युत आवेशित क्षेत्र में लाये जाते हैं अर्थात इन्हें इलैक्ट्रोफोरेटिक रूप से एक-दूसरे की ओर लाया जाता है। इसे केवल विशिष्ट परिस्थितियों में ही लागू किया जाता है तथा इसका उपयोग विशाल संख्या में जीवाण्वीय प्रतिजनों की जाँच हेतु किया जाता है। साथ-साथ इसका उपयोग जीवण्वीय मेनिन्जाइटिस (bacterial meningitis) की जाँच हेतु तथा अज्ञात प्रतिजन की जाँच हेतु किया जाता है।

- **रॉकेट इम्यूनोइलैक्ट्रोफोरेसिस (Rocket Immunoelectrophoresis)**

यह इम्यूनोइलैक्ट्रोफोरेसिस एवं मैनसिनी अध्ययन (Mancini Assay) का संयुग्मन है। यह प्रक्रिया प्रतिजन का कूप (wells) से एगर जेल जो कि विशिष्ट प्रतिसीरम (antiserum) युक्त होती है, में स्थानान्तरण (migration) को दर्शाती है। इसमें रॉकेट के आकार का अवक्षेप बनता है। प्रत्येक रॉकेट की ऊँचाई कूप (well) में प्रतिजन की सान्द्रता के समानुपाती होती है।

10. सीरमप्रारूपिकी (Serotyping)

सीरमप्रारूपिकी से सीरम में उपस्थित रोगजनक के विभिन्न प्रभेदों (strains) की पहचान की जाती है। यह प्रक्रिया भी प्रतिजन-प्रतिरक्षी की अन्र्तक्रियाओ पर निर्भर होती है। हर प्रभेद एक दूसरे से किसी एक अथवा एक से ज्यादा किन्तु बहुत ही सूक्ष्म कारकों की वजह से भिन्न होता है। इन कारकों के कारण हर प्रभेद के साथ एक खास अथवा विशिष्ट प्रतिरक्षी ही क्रिया कर सकता है। अत: विभिन्न प्रतिरक्षियों के साथ प्रतिजन की क्रिया ही इस परीक्षण का आधार है। इस प्रकार परीक्षण के परिणाम के आधार पर किसी भी सूक्ष्मजीव के विभिन्न प्रभेदों का पता लगाया जा सकता है।

11. प्रतिरक्षीविसरण (Immunodiffusion)

उचित परिस्थितियों में प्रतिजन प्रतिरक्षी एक दूसरे के साथ क्रिया करने पर एक दृश्य अवक्षेप (visible precipitate) का निर्माण करते हैं। यदि इसे अर्द्ध ठोस माध्यम (semi solid medium) प्रक्रिया द्वारा देखा जाता है तो इसे जेल विसरण (gel diffusion) कहा जाता है। (चित्र 10.9)

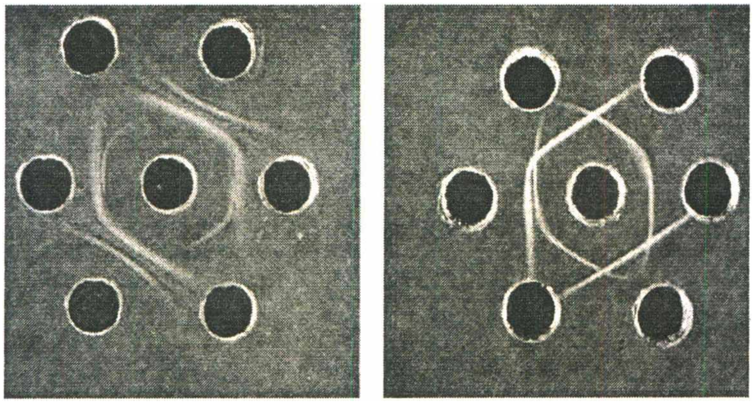
- **एकल जेल विसरण (Single gel diffusion)**

प्रोटीन (प्रतिजन) को एक एगरोज जेल माध्यम (agarose gel medium) में बने एक विशिष्ट आकृति वाले छिद्र में डाला जाता है तथा यह प्रोटीन इस छिद्र से बाहर की ओर विसरित होता है। चूंकि विशिष्ट प्रतिरक्षी जेल में प्रतिजन को अवक्षेपित करता है अत: अरीय प्रतिक्षीविसरण को साफ जेल (gel) में जाँचा जा सकता है यदि विशिष्ट प्रतिरक्षी को इसमें

डाला जाए। प्रतिजन-प्रतिरक्षी के सम्पर्क स्थल पर अवक्षेप की एक वलय का निर्माण होता है इसे एकल जेल विसरण (single gel diffusion) कहा जाता है।

- **यूगल जेल विसरण (Double gel diffusion)**

माध्यम में उपस्थित बेन्च कट (bench cut) में प्रतिरक्षी को रखा जाता है। प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी दोनों ही माध्यम में विसरित होकर सम्पर्क स्थल पर एक रेखा या बैण्ड का निर्माण करते हैं।



चित्र 10.9 प्रतिरक्षी विसरण

10.7.1 बोध प्रश्न

1. सीरमीय परीक्षण से आप क्या समझते हैं।
2. सीरम किसे कहते है?
3. सीरमीय अभिक्रियाओं के अनुप्रयोगों के नाम लिखिए।

10.8 प्रतिरक्षा भवन एवं टीकाकरण (Immunization and Vaccination)

10.8.1 प्रस्तावना (Introduction)

वह प्रक्रिया जो पोषक (host) में किसी रोग के प्रति प्रतिरोध उत्पन्न करती है, प्रतिरक्षाभवन (immunization) कहलाती है। घरेलू जन्तुओं (domestic animals) या मानव स्वयंसेवी (human volunteers) के रक्त में विशिष्ट प्रतिरक्षियों को निर्मित किया जाता है। इन प्रतिरक्षीयो की सूक्ष्म मात्रा प्राणी के शरीर में डाल देने से शरीर में प्रतिरक्षीयो का निर्माण हो जाता है। अब अगर कभी भी ऐसे प्राणी में रोगजनक का संक्रमण होता है तो उसमें प्रतिरक्षी बन जाते हैं एवं प्राणी को इस संक्रमण से ग्रसित होने से बचाते हैं।

प्रतिरोधकता वह प्रक्रिया है जिसमें व्यक्ति कारक से उपचारित होता है तथा इस क्रिया को इस प्रकार से पूर्ण किया जाने की रूपरेखा बनाई जाती है जिससे व्यक्ति विशेष का प्रतिरक्षा तंत्र (immune system) उस कारक के विरूद्ध सुरक्षित रह सके।

10.8.2प्रतिरक्षा भवन का इतिहास (History of Immunization)

प्रतिरक्षा भवन की खोज सर्वप्रथम जेनर (Jenner) द्वारा की गई। उस काल में यह धारणा थी कि अगर किसी को काऊपॉक्स (cowpox) का संक्रमण हो जाये तो उसे बड़ी माता यानि चेचक (small pox) का संक्रमण नहीं होता है। उन दिनों चेचक एक जान लेवा बीमारी थी जिससे या तो रोगी की मृत्यु हो जाती थी अथवा उसके चेहरे एवं शरीर पर विकृत (disfigured) निशान रह जाते थे। जेनर ने पाया कि गायों के दूध निकालने वाली महिलाओं को चेचक नहीं होती थी, इस पर उन्होंने काऊपॉक्स के रोगाणु को एक आठ वर्षीय बालक जिसका नाम माईस्टर (Meister) था के शरीर में निक्षेपित (inject) किया। बालक में काऊपॉक्स के क्षीण लक्षण (mildsymptoms) उभरे। इसके पश्चात उसे जब चेचक के विषाणु से निक्षेपित (inoculate) किया गया तो उसमें इस रोग के कोई लक्षण नहीं दिखाई दिये। इस प्रकार प्रतिरक्षाकरण एवं टीकाकरण की शुरूआत हुई।

जेनर के बाद पाश्चर ने इस क्षेत्र में काफी गहन खोज की एवं टीकों (vaccines) का आविष्कार किया। टीकाकरण की प्रक्रिया में स्वस्थ मनुष्य के शरीर में जीवित रोगाणु की सूक्ष्म मात्रा अथवा दुर्बल प्रभेद (week or attenuated strain) अथवा मृत या निष्क्रिय रोगाणु का निक्षेपण किया जाता है। इससे शरीर में प्रतिरक्षी अणुओं का निर्माण होता है एवं रोगजनक के प्रति प्रतिरक्षा जागत होती है।

10.8.3प्रतिरक्षाभवन के प्रकार (Types of Immunization)

1. निष्क्रिय प्रतिरक्षाभवन (Passive immunization)

इस प्रकार के प्रतिरक्षाभवन में पूर्व निर्मित प्रतिरक्षियों को व्यक्ति के शरीर में निक्षेपित किया जाता है। प्रतिरक्षभवन की यह विधि अत्यन्त शीध्रतापूर्वक कार्य करती है, परन्तु इसका प्रभाव जल्दी ही खत्म हो जाता है क्योंकि प्रतिरक्षी प्राकृतिक रूप से टूट जाते हैं एवं बाद में उपयोग हेतु संग्रहित नहीं किये जाते। इससे सीरम सिकनेस (serum sickness) एवं एनाफाइलेक्सिस (anaphylaxis) भी हो सकते हैं। भ्रूण गर्भावस्था के दौरान भ्रूण को माता से प्राकृतिक तरीके से निष्क्रिय प्रतिरक्षा प्रदान की जाती है। इससे भ्रूण को जन्म से पूर्व एवं जन्म के तुरन्त बाद सुरक्षा मिलती है।

निष्क्रिय प्रतिरक्षाभवन (passive immunization) को इंजेक्शन द्वारा कृत्रिम (artificial) तरीके से शरीर में उत्पन्न किया जाता है तथा इसका उपयोग तब किया जाता है जब कोई रोग महामारी (epidemic) के रूप में फैलता है अथवा कीटों, साँपों आदि के विष का आपातकालीन (emergency) उपचार करना हो। प्रतिरक्षी सामान्यत: जन्तुओं के शरीर में निर्मित किये जाते हैं तथा इन्हें मनुष्यों में इंजेक्ट किया जाता है।

2. सक्रिय प्रतिरक्षाभवन (Active Immunization)

सक्रिय प्रतिरक्षाभवन वह प्रक्रिया है जिसमें व्यक्ति के शरीर में सूक्ष्मजीव की उपस्थिति के कारण प्रतिरक्षा निर्मित की जाती है एवं स्थायी रूप से संग्रहित की जाती है। यह क्रिया प्राकृतिक रूप से मनुष्यों में सामान्यतया अनउपचारित (untreated) सूक्ष्मजीव के शरीर में

प्रवेश के बाद स्वत: उत्पन्न होती है। अगर प्राणी के शरीर में पूर्व-निर्मित प्रतिरक्षी न हों तो प्रतिरक्षा तंत्र सूक्ष्मजीव के विरूद्ध प्रतिरक्षियों का निर्माण करता है लेकिन यह प्रक्रिया धीरे-धीरे होती है। यही क्रिया कृत्रिम तरीकों से भी उत्पन्न कराई जा सकती है।

कृत्रिम सक्रिय प्रतिरक्षाभवन (artificial active immunization) उपचारित सूक्ष्मजीव अथवा मृत सूक्ष्मजीवों, सूक्ष्मजीवों के भागों या सूक्ष्मजीवों से प्राप्त उपचारित आविषों (treated toxins) अथवा क्षीण एवं निष्क्रिय (weak or attenuated) सूक्ष्म जीवों के शरीर में प्रवेश कराने से उत्पन्न होती है। इसे टीकाकरण कहा जाता है।

10.8.4 टीकाकरण (Vaccination)

टीका (vaccine) एक प्रतिजन (antigenic) अथवा प्रतिजन निर्मित पदार्थ होता है जो कि जन्तुओं एवं मानव शरीर में बीमारी के प्रति रोगनिरोधक क्षमता बढ़ाने अथवा उत्पन्न करने हेतु उपयोग में लिया जाता है। यह शब्द जेनर (Jenner) के द्वारा व्युत्पन्न किया गया एवं वाका (vacca) अर्थात् लेटिन में गाय (cow) शब्द से बना है। वेक्सीन या तो रोगजनक निलम्बन (pathogen suspension) या रोगजनक द्वारा स्त्रावित पदार्थ होता है, इन्हें प्रतिरक्षीय कारक (immunizing agents) के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। जब ये किसी व्यक्ति विशेष के शरीर में प्रवेश कराई जाती है तो ये सक्रिय कृत्रिम प्रतिरोधकता को तीव्र (stimulate) करती है। इस क्रिया को टीकाकरण (vaccination) कहते हैं।

वेक्सीन के रूप में वाइरस जीवाणु अथवा अन्य रोगजनकों के जीवित (living) तथा दुर्बल प्रभेद (weakened strains) जो कि मामूली संक्रमण उत्पन्न करते हैं, मृत (killed) या अक्रिय (inactivated) जीव अथवा संक्रामक द्वारा उत्पन्न परिशुद्ध पदार्थ (purified substances) प्रयोग किये जाते हैं।

10.8.5 टीकों के प्रकार (Types of Vaccines)

पारम्परिक (traditional) वेक्सीन चार प्रकार के होते हैं:

1. **निष्क्रिय (Inactivated):** ये संक्रामक (virulent) सूक्ष्मजीव होते हैं जिन्हें रसायन (chemical) या ऊष्मा (heat) द्वारा मार दिया जाता है। फ्लू (flu), कोलेरा (cholera), ब्यूबोनिक प्लेग (bubonic plague) तथा हेपेटाइटीस-ए (Hepatitis-A) के विरूद्ध काम में लिये जाने वाले वेक्सीन इसके उदाहरण हैं। इस प्रकार के टीके अधिकतर अपूर्ण (incomplete) या अल्पकालिक (short lived) रोगप्रतिरोधक क्रियाएं दर्शाते हैं।
2. **जीवित (Living):** ये जीवित सूक्ष्मजीव (microorganisma) होते हैं जिनका संवर्धन (cultivation) इस प्रकार किया जाता है कि उनके संक्रामक गुण समाप्त हो जाते हैं। ये प्रारूपिक (typically) स्थायी रोगप्रतिरोधी क्रियाओं (immunological response) को उत्तेजित करती है। इसके उदाहरण हैं, पीत ज्वर (yellow fever), ओरी (measles), रूबेला (rubella) और मम्प्स (mumps) के टीके।

3. **टॉक्साइड (Toxoid):** ये सूक्ष्मजीवों के अक्रिय विष पदार्थ होते हैं जो कि बीमारी उत्पन्न करते हैं। टॉक्साइड आधारित टीकों के उदाहरण हैं- टिटनेस (tetanus) और डिफ़्थीरीया (diphtheria)।
4. **उपइकाई (subunit):** किसी पूरे अक्रिय सूक्ष्मजीव (inactivated microorganism) को प्रवेश न करवाकर उसके किसी खण्ड (fragment) के द्वारा रोगप्रतिरोधी क्रिया को (immune response) उत्पन्न किया जाता है। उदाहरण- वाइरस सदृश्य कण (virus like particle, VLP) टीका, मानव पेपिलोमा वाइरस (Human Papilloma Virus, HPV) के विरूद्ध तैयार किया गया है जो कि वाइरल वृहत के लिये प्रोटीन का बना होता है।
5. **संयुग्मी (Conjugates):** कुछ जीवाणुओं का बाह्य आवरण (coat) बहुशर्कराओं (polysaccharides) से निर्मित होता है जो कि अल्प प्रतिरक्षी (poorly immuogenic) होता है। इन बाह्य कवचों को प्रोटीन (उदाहरण: आविष) से जोड़कर, प्रतिरक्षी तन्त्र को पॉलिसैकेराइड की पहचान हेतु उद्दीप्त (activate) किया जाता है। यह प्रक्रिया, *हीमोफिलस इन्फ्लूएन्जी (Haemophilus influenzae)* वर्ग (type) B टीका में प्रयुक्त होती है।
6. **पुनर्योजन वाहक (Recombinant vectors):** जब संक्रमण दो या दो से अधिक रोगाणुओं से हो तो किसी एक सूक्ष्मजीव की कार्यिकी एवं दूसरे के DNA को जोड़कर (combine) एक पुनर्योजन वाहक का निर्माण किया जाता है। यह वाहक शरीर में बीमारियों के प्रति प्रतिरक्षी क्षमता को उत्पन्न कर सकता है।
7. **डी.एन.ए. टीकाकरण (DNA vaccination):** हाल ही में संक्रामक कारकों (infectious agents) के डी.एन.ए. से एक नए प्रकार का वेक्सीन उत्पन्न किया गया है इसे डी.एन.ए. टीकाकरण कहते हैं। यह विषाणु या जीवाणु डी.एन.ए. के, मनुष्य या जन्तु कोशिकाओं में निवेश (insertion) के द्वारा कार्य करता है। डी.एन.ए. टीकाकरण का एक प्रमुख लाभ यह है कि ये आसानी से उत्पन्न तथा संग्रहित किये जा सकते है।

   वैसे बहुत से टीके, सूक्ष्मजीवों के अक्रिय पदार्थो से उत्पन्न किये जाते हैं लेकिन संश्लेषित टीके मुख्य या पूर्ण रूप से संश्लेषित पेप्टाइड (synthetic peptides), कार्बोहाइड्रेट्स या प्रतिजन से निर्मित होते हैं।

10.8.6 टीकों की प्रभावकारिता (Efficiency of Vaccines)

वेक्सीन रोग से पूर्ण सुरक्षा प्रदान करने की गारंटी नहीं लेते हैं, क्योंकि टीकाकरण के बाद भी व्यक्ति के रोगग्रसित होने की संभावना रहती है। कभी-कभी ऐसा इसलिए होता है क्योंकि परपोषी (host) का प्रतिरक्षा तन्त्र उचित रूप से या पूर्ण रूप से प्रतिक्रिया नहीं दर्शाता है। कुछ रोगजनक, उत्परिवर्तित (mutant) हो सकते हैं सामान्य शीत (cold) और इन्फ्लूएन्जा वाइरस इसके लिए अति कार्यकुशल (efficient) होते हैं। ऐसी स्थिति में प्रतिरक्षा तन्त्र संक्रमण (infection) को समाप्त करने में समर्थ नहीं हो सकता है।

कुछ महत्त्वपूर्ण टीके एवं उनके टीकाकरण का समय (Some important vaccines and the time of vaccination)

1. **DPT (डिप्थीरिया, परटुसिस, टिटनेस):** 5 खुराक यदि चौथी खुराक चौथे जन्मदिन से पूर्व दी जाए।
2. **ओरी (measules):** दो खुराक, पहली खुराक 12 महीने की उम्र के बाद तथा दूसरी खुराक प्रथम जन्मदिन के कम से कम 28 दिन बाद।
3. **रूबेला (Rubella):** ओरी के समान।
4. **मम्प्स (Mumps):** ओरी के समान।
5. **पोलियो (Polio):** चार खुराक यदि तीसरी खुराक चौथे जम्नदिन से पूर्व दी जाए।
6. **हैपेटाइटिस बी (Hepatitis B):** उन बच्चों के लिए जिन्होंने खेल द्वारा शिक्षा देने वाले विद्यालय (play school) में प्रवेश किया है।

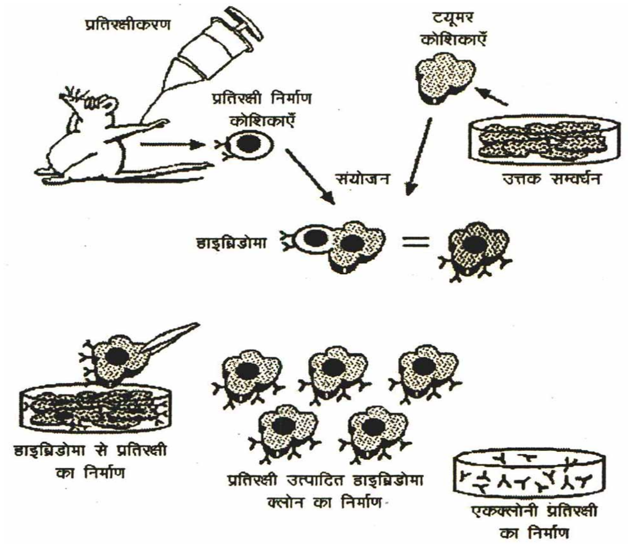
10.8.7 बोध प्रश्न

1. प्रतिरक्षाभवन से आप क्या समझते हैं?
2. प्रतिरक्षाभवन की खोज किसने की थी?
3. प्रतिरक्षाभवन के प्रकार बताइए।
4. टीकाकरण प्रक्रिया से आप क्या समझते हैं?
5. टीका किसे कहते हैं? इसके प्रकार लिखिए।

10.9 एकक्लोनी प्रतिरक्षी एवं हाइब्रिडोमा तकनीक (Monoclonal Antibodies and Hybridoma Technique)

10.9.1 प्रस्तावना (Introduction)

एकक्लोनी प्रतिरक्षी का मतलब है सारी प्रतिरक्षी संरचनायें एक ही कोशिका से उत्पन्न हुई हों एवं समान हों। प्राकृतिक रूप से यह संभव नहीं है क्योंकि प्रतिजन विशिष्ट होने के कारण विभिन्न प्रकार की प्रतिरक्षी अलग-अलग किस्म के बी-लिम्फोसाईट्स द्वारा निर्मित होती है। इस कारण इनकी संरचना एवं प्रकृति भी एक दूसरे से भिन्न होती है जिसका अध्ययन करना कठिन हो जाता है। किन्तु एक विशिष्ट प्रकार की कोशिका जिसे माइलोमा कोशिका (myeloma cell) कहा जाता है: से एक ही प्रकार की प्रतिरक्षी अनगिनत मात्रा में उत्पन्न करायी जा सकती है। इन कोशिकाओं में यह खासियत होती है कि इनका निर्माण कृत्रिम संर्वधन माध्यम (artificial culture medium) में आसानी से एवं अनगिनत समय (indefinite time) तक किया जा सकता है। इसके विपरीत सामान्य कोशिकाऐं कृत्रिम माध्यम में जल्दी ही मर जाती हैं। दूसरा ज्यादातर इनसे निर्मित प्रतिरक्षी किसी प्रतिजन विशेष के लिये नहीं बनती हैं। (चित्र 10.10)



चित्र 10.10 एकक्लोनी प्रतिरक्षी एवं हाइब्रिडोमा तकनीक

1975 में मिल्सटाईन एवं क्योहलर (Milstein and Kohler) ने एक नई तकनीक का आविष्कार किया जिसमें उन्होंने बी-लिम्फोसाइट्स के संग माइलोमा कोशिका को जोड़ (fuse) कर एक अमर (immortal) संकरित (hybrid) कोशिका का निर्माण किया। इस कोशिका को हाईब्रिडोमा (hybridoma) कहा जाता है एवं यह एक विशिष्ट प्रकार की एकक्लोनी प्रतिरक्षियों की अनगिनत मात्रा का निर्माण करती है। इस प्रक्रिया को हाईब्रिडोमा तकनीक का नाम दिया गया तथा क्योहलर एवं मिल्स्टाईन को इस खोज के लिये नोबल पुरस्कार प्रदान किया गया।

10.9.2 एकक्लोनी प्रतिरक्षियों के उपयोग (Applications of Monoclonal Antibodies)

एकक्लोनी प्रतिरक्षी रोगों के निदान एवं शोध कार्यो में बहुत उपयोगी सिद्ध हुई हैं। इनके उपयोग निम्नलिखित है:

1. निष्क्रिय प्रतिरक्षाभवन (Passive immunization) के लिये।
2. एलर्जी की पहचान के लिये।
3. संक्रामक रोगों (जैसे कि हेपेटाइटिस, रेबीज, यौन रोग आदि) की पहचान के लिये।
4. प्रारम्भिक स्तर पर अबुर्द (cancer) की पहचान के लिये।
5. भविष्य में अबुर्द एवं संक्रामक रोगों के निदान एवं उपचार के लिये क्योंकि ये प्रतिरक्षी अकेले अथवा किसी दवा के अणु साथ मिलकर स्वस्थ कोशिका को नुकसान पहुंचाये बगैर अबुर्द कोशिका अथवा रोगकारक को ढूंढ कर उसे नष्ट कर सकती हैं।

10.9.3 बोध प्रश्न

1. एकक्लोनीय प्रतिरक्षी की परिभाषा लिखिए।
2. माइलोमा कोशिकाओं की विशेषता बताइए।
3. एकक्लोनीय प्रतिरक्षी के उपयोग लिखिए।

10.10 सारांश (Summary)

प्रतिरक्षा तंत्र की सबसे महत्वपूर्ण अभिक्रिया है बाह्य तत्व यानि प्रतिजन की पहचान कर उसे नष्ट करना। मनुष्यों एवं जन्तुओं में संक्रमण के विरूद्व प्रक्रियायें दो स्तरों पर होती है:

1. विशिष्ट प्रतिक्रिया (Specific response)
2. अविशिष्ट प्रतिक्रिया (Non-specific response)

विशिष्ट प्रतिक्रिया प्रतिरक्षियों के द्वारा होती हैं। ये प्रतिरक्षी, प्रतिजन को भक्षाणुशन (phagocytosis) के लिये इंगित करती हैं। अविशिष्ट प्रतिक्रियायें त्वचा (skin), श्लेष्मा (mucilage), भक्षाणु कोशिकाओं (phagocytic cells), रासायनिक यौगिकों एवं प्रदाहक प्रतिक्रिया (inflammatory response) के द्वारा होती है।

10.11 शब्दावली (Glossary)

1. **एन्टीबॉडी (Antibody):** रक्त सीरम में पाया जाने वाली एक प्रोटीन पदार्थ जो किसी विशिष्ट प्रतिजन की प्रतिक्रिया के फलस्वरूप उत्पन्न होता है।
2. **प्रतिरक्षाभवन (Immunisation):** किसी अंग में एक विशिष्ट प्रतिरक्षी को बढ़ाने की प्रक्रिया।
3. **इम्यूनिटी (Immunity):** विन्सी रोग के प्रति रोगक्षम या उससे सुरक्षित होने की अवस्था।
4. **इम्यूनोऐसे (Immunoassay):** शरीर के तरलों में प्रोटीनों की मात्रा को नापना।
5. **इम्यूनोलॉजी (Immunology):** रोगक्षमता के सभी पहलुओं का अध्ययन, रोगक्षमता विज्ञान।
6. **मोनोक्लोनल (Monoclonal):** केवल एक कोशिका से उत्पन्न होने वाला।
7. **टीकाकरण (Vaccination):** रोधक्षमता उत्पन्न करने के लिए टीका लगाने की क्रिया।
8. **टीका (Vaccine):** जीवित क्षीण किये गये या मारे गए सूक्ष्मजीवों, उनके जीवविषों या उनसे निकाले गए पदार्थो का एक निलम्बन जिसे संक्रामक रोगों की रोकथाम या उनकी चिकित्सा के लिए शरीर में प्रविष्ट कराया जाता है।
9. **रेडियोइम्यूनोऐसे (RIA):** कम आण्विक भार वाले प्रतिजन की सान्द्रता को नापने की प्रक्रिया।
10. **इम्यूनोइलेक्ट्रोफोरेसिस (Immunoelectrophoresis):** वैद्युत कण संचलन द्वारा शरीर के तरलों में प्रोटीन एवं एन्टीबॉडी की मात्रा एवं उनकी विशिष्टता की जाँच करने की एक विधि।
11. **इम्यूनोग्लोबुलिन (Immunoglobulin):** लिम्फोसाइट तथा प्लाज्मा कोशिकाओं से बनने वाली एक प्रकार की प्रोटीन जो एन्टीबॉडी के रूप में कार्य करती है।
12. **सीरम प्रारूपिकी (Serotyping):** सीरम में उपस्थित रोगजनक के विभिन्न प्रभेदों (strains) की पहचान हेतु काम में ली जाने वाली प्रक्रिया।

10.12 संदर्भ ग्रन्थ (Reference Book)

1. पी.डी. शर्मा 1999, माइक्रोबायलॉजी (द्वितीय संस्करण)। रस्तोगी पब्लिकेशन्स, शिवाजी रोड, मेरठ।
2. माइकेल जे. पेल्कजार, ई.सी.एस.चेन तथा नोयल आर. क्रेग 1988, माइक्रोबायलोजी (पाँचवा संस्करण)। मेक ग्रॉ हिल बुल कम्पनी, न्यूयॉर्क।

3. के. शर्मा 2007, मेन्यूअल ऑफ माइक्रोबायलॉजी (द्वितीय संस्करण)। अनशन लिमिटेड, केन्ट।
4. एल.एम. प्रेस्कोट, जे.पी. हार्ले तथा डी.ए. क्लीन 1993, माइक्रोबायलॉजी (द्वितीय संस्करण)। Wm.C. ब्राऊन पब्लिशर्स, यू.एस.ए.।
5. डी.के. पाण्डे, जे.पी. सैनी तथा केलाश अग्रवाल 2003, कवक विज्ञान, सूक्ष्मजीव विज्ञान एवं पादप-रोग विज्ञान। कॉलेज बुक हाउस, चौड़ा रास्ता, जयपुर।

10.13 बोध प्रश्नों के उत्तर

10.2.1

1. रोगजनक सूक्ष्मजीवों के संक्रमण से बचने के लिए परपोषी द्वारा की गई प्राणी की रोधक्षमता कहते हैं।
2. विज्ञान की वह शाखा जिसमें प्राणी की रोधक्षमता (immunity) का अध्ययन किया जाता है उसे प्रतिरक्षा विज्ञान (immunology) कहते हैं। इसके अन्तर्गत प्रतिजन (antigen) एवं प्रतिरक्षी (antibody) की प्रकृति, संरचना कार्य, प्रतिरक्षा तंत्र एवं प्रतिजन और प्रतिरक्षी के बीच की अर्न्तक्रिया का अध्ययन किया जाता है।

10.3.4

1. संक्रमण से बचाव हेतु प्रयोग में लिये गए विभिन्न उपायों को सामूहिक रूप से प्राणी का प्रतिरक्षा तन्त्र कहा जाता है। इसके निम्नलिखित घटक होते हैं जैसे कि: प्रतिजन, भक्षाणु कोशिकाएँ, प्रतिरक्षी आदि।
2. प्रतिजन की सतह पर कुछ विशिष्ट प्रोटीन पाए जाते हैं जिन्हें प्रतिजन निर्धारक कहा जाता है। इन प्रोटीन के कारण प्राणी के प्रतिरक्षा तन्त्र के सक्रिय घटक इसकी पहचान प्रतिजन के रूप में कर सकते हैं।
3. ये एक विशिष्ट प्रकार की कोशिकाएँ होती है जो प्राणी के रक्त में मुक्त विचरण कर सकती हैं। यह प्रतिजन से टकराते ही उसकी पहचान कर, उसको निगल कर नष्ट कर देती है। क्योंकि ये कोशिकाएँ प्रतिजन का भक्षण करती हैं इन्हें भक्षाणु कोशिका कहा जाता है।
4. भक्षाणु कोशिकाएँ निम्न प्रकार की होती हैं- श्वेत रक्त कणिका, वृहत् भक्षकाणु, न्यूट्रोफिल्स, बेसोफिल्म एवं भक्षक कोशिकाएँ।
5. प्रतिरक्षी एक प्रकार की प्रोटीन कोशिकाएँ होती है इनका कार्य प्रतिजन की पहचान कर उसे निष्क्रिय करना होता है। ये हमेशा प्रोटीन से बनी होती है तथा ये रक्त में मुक्त विचरण कर सकती हैं।
6. प्रतिजन को प्रतिरक्षी ग्लोब्युलिन भी कहा जाता है और संक्षेप में Ig चिन्ह द्वारा इंगित किया जाता है। Igs पाँच प्रकार के होते हैं:- IgC, IgM, IgA, IgD एवं IgC.

10.4.1

1. प्रतिरक्षी, सीरम एवं शारीरिक तरल पदार्थो में पाई जाने वाली ग्लाइकोप्रोटीन संरचनाएँ होती है। ये बड़े, विषमांगी तथा बहुश्रृंखला प्रोटीन होते है।

2. प्रतिरक्षी प्रोटीन की रासायनिक प्रकृति का अध्ययन टीसेलियस एवं काबाट ने 1940 में किया।
3. प्रतिरक्षी अणुओं के दो आधारभूत कार्य होते है-

   (i) प्रतिजन बन्धयता (ii) प्रभावी कार्यो में योगदान जो प्रतिरक्षी के भौतिक गुणों पर निर्भर करता है।
4. IgM सबसे वृहत् प्रकार का प्रतिरक्षीग्लोबुलिन अणु है। यह चार आधारभूत श्रृंखलाओं से निर्मित पेन्टामर के रूप में पाया जाता है। जिसकी प्रत्येक इकाई डाईसल्फाइड बन्धों के द्वारा निर्मित होती है।
5. IgM, जीवाणुओं से सुरक्षा की प्रथम रेखा बनाते हैं एवं समूहन क्रिया को प्रभावी बनाते है।

10.5.4

1. वृहद्भक्षाणु कोशिकाएँ, लसिका पर्व (lymphnode) एवं प्लीहा (spleen) में बनती हैं तथा रक्त के साथ देह के विभिन्न भागों में चक्कर लगाती हैं ये प्रतिजन के सम्पर्क में आकर प्रतिजन को घेरते हु ए एक आशय जैसी संरचना बना लेती है। इस प्रकार कुछ ही मिनटों में प्रतिजन पूरा का पूरा कोशिका के भीतर पिनोसिटिक आशय के रूप में निगल लिया जाता है।
2. प्रतिजन को नष्ट करने की पूरी प्रक्रिया तीन पदों में पूर्ण होती है:
   (i) प्रतिरक्षी द्वारा प्रतिजन की पहचान
   (ii) प्रतिजन-प्रतिरक्षी संकुल
   (iii) इस संकुल का भक्षाणुनाशन द्वारा नष्ट होना

10.6.1

1. प्रतिरक्षी प्रतिक्रियाएँ दो प्रकार की होती है:

   (i) विशिष्ट प्रतिक्रिया (ii) अविशिष्ट प्रतिक्रिया
2. अविशिष्ट प्रतिरक्षा प्रतिक्रियाओं के तीन स्तर इस प्रकार है-

   (i) संरचनात्मक (ii) रासायनिक (iii) कोशिकीय

10.7.1

1. प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी के मध्य होने वाली क्रियाओं द्वारा प्रयोगशाला में संक्रमण की पहचान, प्रतिजन एवं प्रतिरक्षी की उपलब्धता, अतिसंवेदनशीलता जैसे कार्यो में सहायता मिलती है।
2. रक्त का कोशिका मुक्त तरल पदार्थ जिसमें स्कन्दन कारक का अभाव होता है, सीरम कहलाता है।
3. सीरमीय अभिक्रियाओं के निम्न अनुप्रयोग है:

   अवक्षेपण, रेडियों इम्यूनोऐसे (RIA), विकर बन्ध्य प्रतिरक्षीय सोरबेन्ट परीक्षण (ELISA), इम्यूनोइलेक्ट्रोफोरेसिस, सीरम प्ररूपी (serotyping), ऊर्णन आदि।

10.8.7

1. वह प्रक्रिया जो पोषक में किसी भी रोग के प्रति प्रतिरोध उत्पन्न करती है, प्रतिरक्षाभवन कहलाती है।
2. प्रतिरक्षाभवन की खोज सर्वप्रथम जेनर द्वारा की गई।
3. प्रतिरक्षाभवन के दो प्रकार है: (i) निष्क्रिय प्रतिरक्षाभवन (ii) सक्रिय प्रतिरक्षाभवन
4. जब टीका किसी व्यक्ति विशेष के शरीर में प्रवेश कराया जाता है तो यह सक्रिय कृत्रिम प्रतिरोधकता को तीव्र कर देता है। इस प्रक्रिया को टीकाकरण कहते है।
5. टीका एक प्रतिजन अथवा प्रतिजन निर्मित पदार्थ होता है जो कि जन्तुओं एवं मानव शरीर में बीमारी के प्रति, रोगनिरोधक क्षमता बढ़ाने अथवा उत्पन्न करने हेतु प्रयोग में लिया जाता है। पारम्परिक रूप से यह चार प्रकार का होता है:

   (i) निष्क्रिय (ii) जीवित (iii) टॉक्साइड (iv) उपइकाई

10.9.3

1. एकक्लोनीय प्रतिरक्षी का मतलब है सारी प्रतिरक्षी संरचनाएँ एक ही कोशिका से उत्पन्न हुई हो एवं समान हो।
2. माइलोमा कोशिकाओं से एक ही प्रकार के प्रतिरक्षी अनगिनत मात्रा में उत्पन्न कराई जा सकती है। इन कोशिकाओं की एक महत्वपूर्ण विशेषता है कि इनका निर्माण कृत्रिम संवर्धन माध्यम में आसानी से एवं अनगिनत समय तक किया जा सकता है।
3. इसके निम्न उपयोग है:
   (i) निष्क्रिय प्रतिरक्षा भवन के लिए।
   (ii) एलर्जी की पहचान हेतु।
   (iii) संक्रामक रोगों की पहचान हेतु।
   (iv) प्रारम्भिक स्तर पर अर्बुद की पहचान हेतु आदि।

10.14 अभ्यासार्थ प्रश्न

1. प्रतिरक्षा विज्ञान की परिभाषा लिखिए एवं इसके सिद्धान्तों का उल्लेख कीजिए ।
2. प्रतिरक्षी की संरचना एवं कार्य का विस्तृत विवरण दीजिए ।
3. प्रतिरक्षा तंत्र की कार्यप्रणाली की व्याख्या दीजिए ।
4. प्रतिजन-प्रतिरक्षी अभिक्रिया के कुछ महत्वपूर्ण सीरमीय उपयोगों की व्विएचना कीजिए ।
5. प्रतिरक्षाभवन एवं टीकाकरण प्रक्रिया पर एक निबन्ध लिखिए ।
6. एकक्लोनी प्रतिरक्षी एवं हाइब्रिडोमा तकनीक को विस्तार से समझाइए ।

इकाई 11

जल की प्रमुख विशेषताऐं
IMPORTANT PROPERTIES OF WATER

इकाई की रूपरेखा

11.0 उद्देश्य (Objective):

इस इकाई के अध्ययन के बाद आपे जीवन के लिए जल की उपयोगिता तथा आवश्यकता को समझ सकेंगे। आप जान पाएगें कि जैव रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए जल किस प्रकार आधार द्रव के रूप में कार्य करता है।

11.1 प्रस्तावना (Introduction)

जैव रसायन का अध्ययन जल की प्रकृति को जाने बिना अधूरा है। जैव अणु तथा उनकी अभिक्रियाऐं, उनके जलीय माध्यम को ध्यान में रखते हुए ही बेहतर ढंग से समझी जा सकती है, क्योंकि जीव के शरीर का अधिकांश भाग (लगभग 70%) जल ही है। शरीर रचना में जल के बाहुल्य के अलावा निम्नलिखित कारणों से भी जल, जैव रसायन के अध्ययन में महत्त्वपूर्ण है-

1. लगभग सभी जैव अणु और उनकी अभिक्रियाऐं, जलीय परिवेश की भौतिक एवं रासायनिक परिवेश के प्रति अनुक्रिया का परिणाम होती है।
2. अधिकांश जैव रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए माध्यम जल ही होता है। उपापचयी अभिक्रियाओं के अभिकारक एवं उत्पाद, पोषक पदार्थ और यहाँ तक कि अपशिष्ट भी, कोशिकागो तथा कोशिकाओं के मध्य अभिगमन के लिए जल पर निर्भर करते हैं।

3. जल स्वयं जैव रासायनिक अभिक्रियाओं में सक्रिय रूप से भाग लेता है तथा जीवन को संभव बनाता है।
4. बहु त से जैव अणुओं के क्रियात्मक समूहों की अभिक्रियाशीलता, परिवेश माध्यम में H^+ तथा OH^- आयनों की सापेक्ष सांद्रता पर निर्भर करती है।
5. प्रकाश संश्लेषण की आधारभूत अभिक्रिया, जल का आक्सीकरण ही है जो आणविक ऑक्सीजन उत्पन्न करती है। यही वह अभिक्रिया है जो सूर्य की ऊर्जा को आणविक ऊर्जा में परिवर्तित करती है।

जैव रासायनिक परिप्रेक्ष्य में जल के अध्ययन हेतु इसके भौतिक गुणों, रासायनिक गुणों एक विलायक के रूप में तथा जलीय माध्यम में अम्ल एवं क्षार पर दृष्टि डालना आवश्यक है।

11.2 जल तंत्र में दुर्बल अन्योन्य क्रियाऐं (Weak interactions in aqueous system):

जल अणुओं के मध्य हाइड्रोजन बंध, संसजन बल उत्पन्न करते हैं, जो कि जल को सामान्य ताप पर तरल बनाता है। ध्रुवीय जैव अणु जल में घुलनशील होते हैं क्योंकि वे जल-जल अणु के मध्य दुर्बल बंध को तोड़ देते है तथा जल-विलेय बंध बनाते हैं जो कि अपेक्षाकृत ज्यादा स्थायी होता है, जबकि इसके विपरीत अध्रुवीय अणु जल में घुलनशील नहीं होते तथा जल तंत्र में अध्रुवीय अणु गुच्छ बनाते हैं।

हाइड्रोजन बंध, आयनिक बंध, जल विरागी तथा वान्डरवाल बल पृथक-पृथक तो दुर्बल बंध है परन्तु संयुक्त रूप से ये प्रोटीन, न्युक्लिक अम्ल, बहु शर्करा (polysachcharides) तथा झिल्ली वसाओं (membrane lipids) पर प्रभावकारी होते हैं।

11.2.1 हाइड्रोजन बंध (Hydrogen bond):

जल के प्रत्येक हाइड्रोजन परमाणु तथा केन्द्रीय ऑक्सीजन परमाणु के मध्य एक साझा इलेक्ट्रान युग्म होता है। ऑक्सीजन नाभिक, अपेक्षाकृत सशक्त रूप से इलेक्ट्रानों को अपनी ओर आकर्षित करता है जिस कारण यह अधिक ऋणात्मक होता है। इलेक्ट्रॉन युग्म के इस असमान साझे के कारण जल अणु में दो विद्युत द्वि-ध्रुव बन जाते हैं। प्रत्येक हाइड्रोजन पर आंशिक धनात्मक आवेश (δ^+) होता है तथा ऑक्सीजन पर आशिक ऋणादेश होता है जो कि दोनों आंशिक धनावेश ($2\delta^-$) के बराबर होता है। जिसके परिणामस्वरूप एक अणु के हाइड्रोजन और दूसरे अणु के ऑक्सीजन परमाणु के मध्य एक वैद्युत स्थैतिक आकर्षण पैदा हो जाता है, जो हाइड्रोजन बंध कहलाता है। हाइड्रोजन बंध अपेक्षाकृत रूप से एक दुर्बल बंध है, फिर भी अधिक संख्या के कारण जल के बहु त से गुणधर्मों की व्याख्या के लिए महत्वेपूर्ण है।

एक जल अणु में दो हाइड्रोजन परमाणु होते हैं, साथ ही दो स्वतंत्र इलेक्ट्रॉन युग्म हैं जो 'ग्राही' की तरह व्यवहार करते हैं, अत: प्रत्येक जल अणु, दूसरे जल अणुओं के साथ अधिकतम चार हाइड्रोजन बंध बना सकता है।

11.2.2 वान्डरवाल बल (Vander Waal's forces):

आयनिक समूहों की बंधन ऊर्जा, आयनों की प्रकृति, उनके मध्य दूरी तथा माध्यम की ध्रुवीयता पर निर्भर करती हैं। सामान्यत: दो आवेशित समूहों के मध्य बंधन ऊर्जा (ऊर्जा की वह मात्रा जो दोनों समूहों को किसी माध्यम विशेष में पृथक करने के लिए आवश्यक हो), सह संयोजक बंध की बंधन ऊर्जा से कम होती हैं, परंतु हाइड्रोजन बंध की बंधन ऊर्जा से अधिक होती है।

दो उदासीन अणुओं के मध्य असहसंयोजक बंधन सामूहिक रूप से वान्डरवाल बल कहलाते हैं जो कि स्थायी या प्रेरित द्विध्रुवों के मध्य वैद्युत स्थैतिक आकर्षण से उत्पन्न होते हैं (हाइड्रोजन बंध एक विशेष प्रकार का द्वि-ध्रुव बंधन है)। स्थायी द्विध्रुवों, जैसे कि कार्बनिक समूहों के मध्य आयनिक बंध दुर्बल होते हैं। एक स्थायी द्विध्रुव, आसपास के समूहों के इलेक्ट्रॉन वितरण को वैद्युत स्थैतिक कारणों से विकृत कर देता है तथा द्विध्रुव आघूर्ण उत्पन्न करता है। ऐसे द्विध्रुव प्रेरित द्विध्रुव बंधन सामान्यत: द्विध्रुव-द्विध्रुव बन्धनों से दुर्बल होते हैं।

किसी भी क्षण, अपनी याद्दच्छिक रूप से बदलती इलेक्ट्रॉन गतियों के कारण, अध्रुवीय अणुओं में भी याद्दच्छिक वितरित द्विध्रुव आघूर्ण होता है। ये संक्रामक द्विध्रुव आघूर्ण, आस पास के समूहों के इलेक्ट्रॉनों को ध्रुवित कर देता है, जिसके कारण ये समूह एक दूसरे को आकर्षित करते हैं। यह लण्डन परिक्षेपण बल कहलाते हैं तथा अत्यधिक दुर्बल बल होते है तथा दूरी के साथ इतनी तीव्रता से दुर्बल होते है कि यह बहुत ही निकटवर्ती समूहों में ही गणना योग्य रह पाते हैं।

11.2.3 जल विरागी प्रभाव (Hydrophobic effect):

जब एक अध्रुवीय पदार्थ जलीय विलयन में मिलाया जाता है तो यह घुलनशील नहीं होता बल्कि जल द्वारा अपवर्जित कर दिया जाता है। जल विरागी अणुओं के साथ जल की न्यूनतम सम्पर्क की प्रकृति "जल विरागी प्रभाव" कहलाती है। बहुत से वृहत् अणुओं तथा आणविक समुच्चयों (जैसे कि प्रोटीन तथा कोशिका झिल्ली) की आकृति, जल विरागी प्रभावों का परिणाम मानी जाती है।

जल विरागी प्रभावों की बंधन क्षमता, अध्रुवीय संरचनाओं के आंतरिक आकर्षण के कारण नहीं होती, बल्कि ये विलेय अणुओं के जल विरागी मार्गो से बंधन के लिए आवश्यक जल अणुओं की संख्या में कमी से उत्पन्न उष्मागतिक स्थायित्व का परिणाम है।

उभय संवेदी यौगिकों (amphipathic compounds) पर ध्रुवीय और अध्रुवीय दोनों भाग पाये जाते है। जब एक उभय संवेदी यौगिक जल में घोला जाता है, तो ध्रुवीय, जल स्नेही भाग, जल में घुलनशील होता है जबकि, अध्रुवीय जल विरागी भाग जल के साथ सम्पर्क को नकारता है। परिणामत: अणुओं के अध्रुवीय भाग एक साथ इकट्ठे होकर, जलीय विलयन में न्यूनतम जल विरागी क्षेत्र बनाने का प्रयास करते हैं वहीं दूसरी ओर ध्रुवीय भाग इस प्रकार व्यवस्थित होते हैं कि जल के साथ सम्पर्क हेतु अधिकतम क्षेत्र उपलब्ध हो सकें। उभय संवेदी यौगिकों की जलीय विलयन में ऐसी स्थायी संरचना मिसेल (micelles) कहलाती है।

बोध प्रश्न

1. आयनिक समूहों की बंधन ऊर्जा किन प्रतिमानों पर निर्भर करती है?

....

2. उभय संवेदी यौगिक (amphiphatic compounds) क्या होते हैं?

....

11.3 जल का आयनीकरण (Inoization of water)

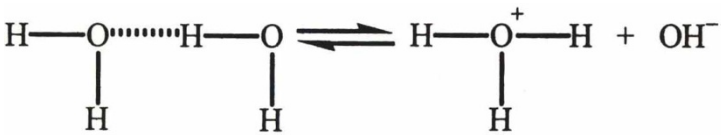
यूं तो जल के अधिकतर गुणधर्मो की व्याख्या एक अनावेशित H_2O अणु के रूप में संभव है, फिर भी कुछ हद तक जल के हाइड्रोजन आयन (H^+) तथा हाइड्रोक्साइड आयन (OH^-) में आयनीकरण को भी संज्ञान में लिया जाता है। जैसे कि सभी त्युत्क्रमणीय अभिक्रियाओं में जल के आयनीकरण की साम्य स्थिरांक के रूप में व्याख्या की जाती है।

जब जल में दुर्बल अम्ल घोला जाता है तो आयनीकरण से विलयन में H^+ आयन की सांद्रता बढ़ जाती है जबकि दुर्बल क्षार H^+ आयन की सांद्रता कम कर देते हैं। ये क्रियाऐं भी साम्य स्थिरांक से नियंत्रित होती है। किसी विलयन में हाइड्रोजन आयनों की सम्पूर्ण सांद्रता प्रयोगात्मक रूप से मापन योग्य होती है तथा विलयन के pH के रूप में प्रदर्शित की जाती है।

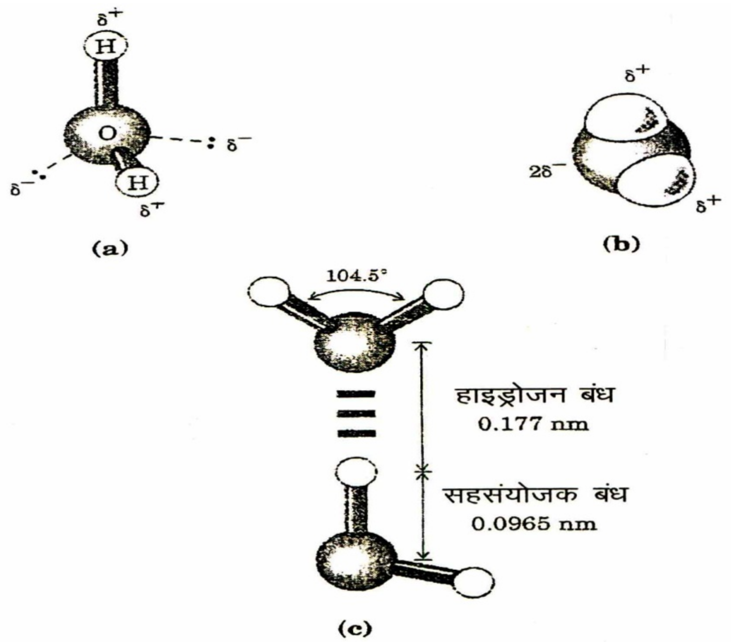
शुद्ध जल आंशिक रूप से आयनीकृत होता है

$$H_2O \rightleftharpoons H + + OH^-$$

यद्यपि सामान्य रूप से आयनीकरण के उत्पाद के रूप में H^+ को प्रदर्शित किया जाता है, परन्तु विलयन में उपस्थित सभी प्रोटॉन जलयोजित (Hydrated) होकर हाइड्रोनियम आयन (H_3O^+) बनाते हैं। (चित्र 11.1)



जल के आयनीकरण को विद्युत चालकता के रूप में भी मापा जा सकता है। शुद्ध जल में विद्युत प्रवाह संभव है क्योंकि H^+ आयन कैथोड की ओर गति करते हैं जबकि OH^- आयन एनोड की ओर। हाइड्रोनियम तथा हाइड्रोक्सॉइड आयन की विद्युत क्षेत्र में गति, दूसरे आयनों जैसे कि Na^+, K^+ तथा Cl^-, से अपेक्षाकृत अधिक होती है। जल का त्युत्क्रमणीय आयनीकरण, कोशिकीय अभिक्रियाओं के लिये महत्वपूर्ण होता है।



चित्र 11.1- जल के अणु की संरचना: द्विध्रुवीय प्रकृति

11.4 जलीय विलयन में दुर्बल अम्ल तथा दुर्बल क्षार (Weak acids & weak bases in aqueous solutions):

सामान्य रूप से प्रबल अम्ल कहे जाने वाले हाइड्रोक्लोरिक, सल्फ्यूरिक तथा नाइट्रिक अम्ल, तनु जलीय विलयन में पूर्णत: आयनीकृत हो जाते हैं, इसी प्रकार प्रबल क्षार, NaOH तथा KOH आदि भी आयनीकृत होते हैं। वहीं दूसरी ओर दुर्बल अम्ल तथा दुर्बल क्षार जलीय विलयन में पूर्णत: आयनीकृत नहीं होते हैं। यह जैव तंत्र में एक सामान्य प्रक्रिया है तथा उपापचय और उसके नियमन में महत्वपूर्ण है।

अम्ल को एक प्रोटॉन दाता तथा क्षार को प्रोटॉन ग्राही के रूप में परिभाषित किया जा सकता है। एक प्रोटॉन दाता तथा उसका संगत प्रोटॉनग्राही संयुक्त रूप से “संयुग्मी अम्ल क्षार युग्म” (conjugate acid-base pair) बनाते हैं।

ऐसीटिक अम्ल (CH_3COOH) एक प्रोटॉन दाता है तथा ऐसीटेट आयन (CH_3COO^-) इसका संगत प्रोटॉन ग्राही, मिलकर संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म बनाते हैं जो व्युत्क्रमणीय अभिक्रिया से संबंधित है-

$$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$$

प्रत्येक अम्ल, जलीय विलयन में प्रोटॉन देने की प्रकृति रखता है जैसे-जैसे अम्ल की प्रबलता बढ़ती है उसकी प्रोटॉन देने की प्रकृति भी बढ़ती जाती है किसी अम्ल (HA) की प्रोटॉन देने तथा संयुग्मी क्षार (A^-) बनाने की प्रवृत्ति को साम्य स्थिरांक (k_{eq}) के रूप में परिभाषित किया जा सकता है-

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$Keq = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = Ka$$

आयनीकरण अभिक्रिया के लिए साम्य स्थिरांक सामान्यत: आयनीकरण या वियोजन स्थिरांक (ionization or dissociation constant) कहलाता है जिसे सामान्यत: ka से प्रदर्शित करते हैं। प्रबल अम्लो का वियोजन स्थिरांक अधिक होता है जबकि दुर्बल अम्लो का कम।

pka, pH के समकक्ष ही है तथा निम्न समीकरण से परिभाषित किया जा सकता है।

$$pKa = \log\frac{1}{Ka} = -\log Ka$$

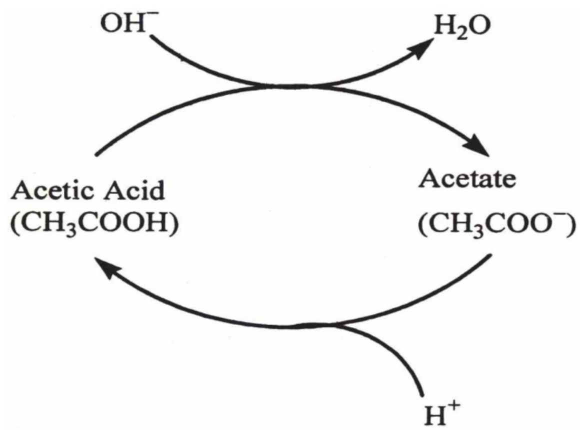
प्रोटॉन देने की क्षमता बढ़ने के साथ-साथ अम्ल की प्रबलता बढ़ती है, वहीं pka का मान घटता जाता है।

11.5 जैव तंत्र में pH प्रतिरोधी बफर निर्माण (Buffering against pH changes in biological system):

प्रत्येक जैव प्रक्रिया pH पर निर्भर करती है। pH में थोड़ा सा परिवर्तन भी प्रक्रिया की दर में बड़ा परिवर्तन कर सकता है। कोशिकीय अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करने वाले एन्जाइम और बहुत से जैव अणुओं, जिन पर ये क्रिया करते हैं, पर विशिष्ट pKa वाले आयननीय समूह होते हैं।

कोशिकाऐं और जीव अपना विशिष्ट जीवद्रव्य pH नियंत्रित रखते हैं, जैव अणु उपयुक्त आयनिक अवस्था में रहते हैं और सामान्यत: pH का मान 7 निर्धारित रखते है। बहुकोशिकीय जीवों में बाह्य कोशिकीय द्रव्य का pH भी नियमित रखा जाता है। pH की यह स्थिरता, प्राथमिक रूप से जैविक बफरों के कारण प्राप्त होती हैं जो कि दुर्बल अम्लो और उनके संयुग्मी क्षारों के मिश्रण होते हैं।

ऐसे जलीय विलयन जो थोड़ी मात्रा में अम्ल या क्षार मिलाये जाने पर अपनी pH में किसी भी प्रकार के परिवर्तन का विरोध करते हैं, बफर कहलाते हैं। उदाहरणार्थ- एसिटिक अम्ल और ऐसीटेट आयन (CH_3COOH तथा CH_3COO^-) यदि समान मात्रा में मिलाए जायें तो बफर का निर्माण होता है, जो कि दो उत्क्रमणीय अभिक्रियाओं के साम्यावस्था का परिणाम होता है।



$$Kw = \left[H^{+}\right]\left[OH^{-}\right]$$

$$K_a = \frac{\left[H^{+}\right]\left[Ch_3COO^{-}\right]}{\left[CH_3COOH\right]}$$

जब कभी भी बफर में H^{+} या OH^{-} आयन बाहर से मिलाए जाते हैं तो दुर्बल अम्ल की सांद्रता और इसके एनायन की सांद्रता में मामूली सा परिवर्तन होता है, परिणामत: मामूली सा परिवर्तन ही pH में परिलक्षित होता है। एक अभिकारक की सांद्रता में कमी, दूसरे अभिकारक की सांद्रता में उतनी ही वृद्धि से संतुलित हो जाती है। बफर के घटकों में कोई परिवर्तन नहीं होता केवल उनके अनुपात में परिवर्तन आता है।

बहुकोशिकीय जीवों में अन्त:कोशिकीय तथा अर्न्तकोशिकीय द्रव्यों का विशिष्ट तथा स्थिर pH होता है। कोशिका द्रव्य में प्रोटीनों की उच्च सान्द्रता होती है जो कि अमीनों अम्लो से बने होते हैं जिनके क्रियात्मक समूह दुर्बल अम्ल या दुर्बल क्षार है तथा बफर बनाते हैं।

हेसल वॉल्च (Hasselbalch) समीकरण बफर क्रिया तथा अम्ल क्षार संतुलन को समझने के लिए महत्वपूर्ण है।

एक दुर्बल अम्ल HA के H^{+} तथा A^{-} में वियोजन के लिए हेसल वॉल्च समीकरण को निम्न प्रकार अभिव्यक्त किया जा सकता है।

$$K_a = \frac{\left[H^{+}\right]\left[A^{-}\right]}{\left[HA\right]}$$

$$\left[H^{+}\right] = K_a \frac{\left[HA\right]}{\left[A^{-}\right]}$$

नकारात्मक log लेने पर-

$$-\log\left[H^{+}\right] = -\log K_a - \log\frac{\left[HA\right]}{\left[A^{-}\right]}$$

अत: $pH = pKa - \log\frac{\left[HA\right]}{\left[A^{-}\right]}$

$-\log\left[HA\right]/A^{-}$ को पलटने पर हेन्डरसन- हेसलवॉल्च समीकरण प्राप्त होता है-

$$pH = pKa + \log\frac{\left[A^{-}\right]}{\left[HA\right]}$$

सामान्यत: कहा जा सकता है-

$$pH = pKa + \log\frac{[\text{प्रोटॉन ग्राही}]}{[\text{प्रोटॉन दाता}]}$$

बोध प्रश्न

3. शुद्ध जल आयनीकृत होता है।

i. पूर्ण रूप से ii. आशिक रूप से iii. कुछ नहीं कहा जा सकता

....

4. एक प्रोटॉन दाता तथा संगत प्रोटॉन ग्राही संयुक्त रूप से बनाते हैं।

....

11.6 सारांश (Summary):

इस इकाई के अध्ययन के बाद आप जान ही गए होगें कि जल जीवन की उत्पत्ति एवं अस्तित्व के लिए कितना आवश्यक है। जल न केवल जैव रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए उपयुक्त परिवेश प्रदान करता है बल्कि उनमें सक्रिय रूप से भाग भी लेता है।

11.7 शब्दावली (Glossary):

1. दुर्बल अन्योन्य क्रियाऐं – Weak interactions
2. हाइड्रोजन बन्ध – Hydrogen bond
3. वान्डरवाल बल – Vanderwaal's forces
4. जल विरागी प्रभाव – Hydrophobic effect
5. बफर – Buffer

11.8 संदर्भ ग्रन्थ (Reference books):

1. Nelson L. & Cox M. (2005), Lehniger's-Principles of Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.
2. Voet D., Voet J.G. & Pratt W. (2002), Fundamentals of Biochemistry, John Wiley & Sons, Inc.
3. Bery J.M., Tymoezko J.L. & Stryer L. (2001), Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.

11.9 बोध प्रश्नों के उत्तर:

1. आयनों की प्रकृति, बंधन ऊर्जा, उनके मध्य दूरी तथा माध्यम की ध्रुवीयता पर।
2. ऐसे यौगिक जिन पर ध्रुवीय तथा अध्रुवीय दोनों भाग पाए जाते हैं।
3. आंशिक रूप से
4. संयुग्मी अम्ल क्षार युग्म

11.10 अभ्यासार्थ प्रश्न:

1. जल तंत्र में दुर्बल अन्योन्य क्रियाओं पर लेख लिखें।
2. जैव तंत्र में pH परिवर्तन से प्रतिरोधकता किस प्रकार उत्पन्न की जाती है? हेन्डरसन-हेसलवॉल्च समीकरण की व्युत्पत्ति समझाइए।
3. मिसेल से आप क्या समझते हैं? परिभाषित करें।

इकाई 12

जैव रसायन के आधारभूत सिद्धान्त
FUNDAMENTALS OF BIOCHEMISTRY

इकाई का रूपरेखा

12.0 उद्देश्य (Objective):

इस इकाई के अध्ययन के बाद आप जान सकेंगे कि कार्बनिक यौगिकों के कौनसे गुणधर्मों के कारण वे जैव अणु की तरह कार्य कर सकने में सक्षम है। जैव अणुओं में मिलने वाले क्रियात्मक समूहों के बारे में अध्ययन करेंगे जो उस अणु की रासायनिक प्रकृति को निर्धारित करते हैं। साथ ही उन असहसंयोजक बलों के बारे में जानेंगे जो किसी बहुलक दीर्घ अणु (Polymer macromolecule) को द्‌वितीयक तथा तृतीयक संरचना प्रदान करते हैं।

12.1 प्रस्तावना (Introduction):

जैव रसायन का मुख्य उद्देश्य है, जैविक संरचनाओं को समझना और उनकी रासायनिक रूप में व्याख्या करना। जैसा कि हम सभी जानते हैं जैव अणु मुख्यत: कार्बन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन तथा फॉस्फोरस से बने होते हैं तथा कार्बन इनमें एक अपरिहार्य तत्व है। ये सभी हल्के परमाणु भार (light atomic weight) वाले तथा एक, दो, तीन या चार परमाणु बंध बनाने में सक्षम है जो प्रबल बंध होते हैं।

आखिर कार्बनिक यौगिकों की ऐसी कौनसी विशेषताऐं हैं जो उन्हें जीवन मित्र बनाती है आइए अध्ययन करते है।

12.2 कार्बनिक यौगिकों के वे गुणधर्म जो उन्हें जैव अणु की भाँति कार्य करने में मदद करते हैं (Properties of organic compounds that support them to work as biomolecules):

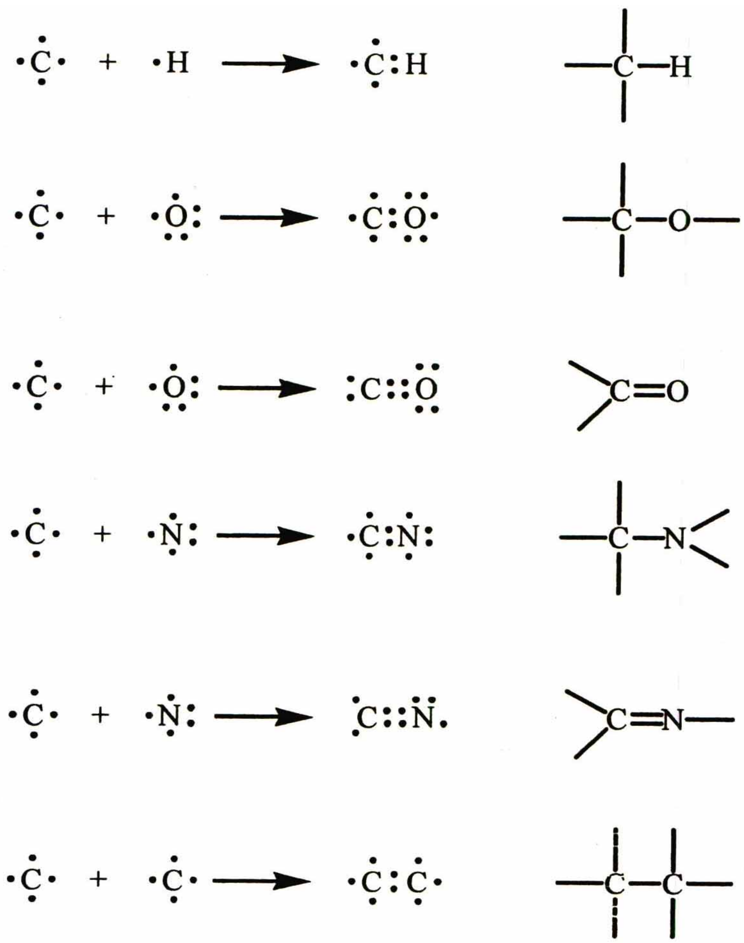
जीवों की रासायनिक प्रवृत्ति कार्बन से निर्धारित होती है, कार्बन किसी कोशिका का लगभग आधा शुष्क भार है। निम्न गुणधर्म कार्बनिक यौगिकों को जैव अणु की भांति कार्य करने में मदद करते हैं-

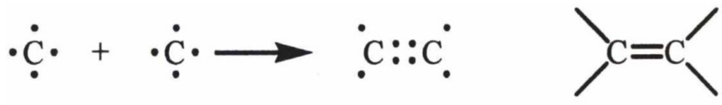
1. अनूठी बंधन क्षमता

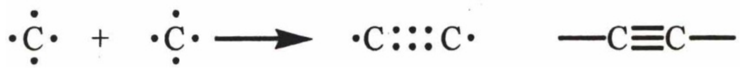
कार्बन हाइड्रोजन के साथ एकल बंध बना सकता है तथा एकल एवं द्विक बंध ऑक्सीजन और नाइट्रोजन दोनों से बना सकता है।

जीव विज्ञान में सर्वाधिक महत्वपूर्ण है, कार्बन परमाणु की कार्बन-कार्बन एकल, बेहद स्थायी बंध निर्माण की क्षमता। दो कार्बन परमाणु आपस में द्विक (Double) या त्रिक (Triple) बंध से भी बंधन बना सकते हैं।

कार्बन बंधों की विविधता

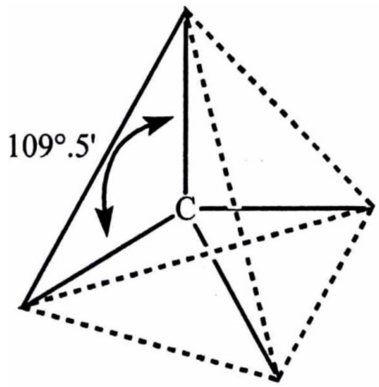






2. समचतुष्कोणीय संयोजकता निरूपण (Tetrahedral velancies arrangement)

कार्बन परमाणु के चारों ओर एकल बंध अंतरिक्ष में समचतुष्कोणीय रूप से व्यवस्थित होते हैं, जो एक दूसरे से $109^0 5'$ के कोण पर स्थित होते हैं। इन बंधों की औसत बंध लम्बाई 0.154nm है। प्रत्येक एक बंध के सापेक्ष मुक्त घूर्णन संभव है यदि दो निकटस्थ कार्बन परमाणुओं पर उच्च आवेशित समूह नहीं जुड़े हों। यह मुक्त घूर्णन द्वितीयक संरचना को स्थायित्व प्रदान करता है।



चित्र 12.1- कार्बन परमाणु में संयोजकताओं का सम चतुष्कोणीय निरूपण

3. समावयवता (Isomerism)

समावयवता कार्बनिक पदार्थो का एक महत्वपूर्ण गुण है जो जैव रासायनिक अभिक्रियाओं में प्रमुख भूमिका अदा करता है। समावयवता के गुण के कारण एक ही संरचनात्मक सूत्र वाला यौगिक, भिन्न परिस्थितियों में दो या दो से अधिक प्रकार से कार्य कर सकता है। यह समावयवता संरचनात्मक, क्रियात्मक समूह या फिर स्टीरियो समावयवता हो सकती है।

4. बहुलकीकरण (Polymerization)

कार्बनिक यौगिकों के इस गुण के कारण ही DNA, RNA, प्रोटीन, वसा तथा कार्बोहाइड्रेट जैसे दीर्घ अणुओं का निर्माण संभव है। अकार्बनिक यौगिक इस गुण को नहीं दर्शाते।

5. द्वितीयक एवं तृतीयक संरचना

अनेकों असहसंयोजक बलों की उपस्थिति कार्बन की लम्बी श्रृंखला को द्वितीयक तथा तृतीयक संरचना प्रदान करते हैं, जो उन दीर्घ अणुओं के विशिष्ट गुण निर्धारित करती है।

इसके अतिरिक्त क्रियात्मक समूह भी कार्बनिक यौगिकों को जैव अणु की भांति कार्य करने में विशिष्टता प्रदान करते है। उनका विस्तार से वर्णन अगले बिन्दु में करते है।

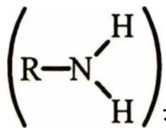
12.3 जैव अणुओं के क्रियात्मक समूह (Functional groups of biomolecules):

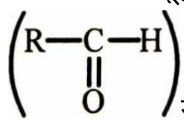
सहसंयोजक बंधों वाले कार्बन परमाणु, जैव अणुओं में सीधी शाखित या चक्रीय संरचना बनाते हैं। कार्बन ढाँचे में दूसरे तत्व भी शामिल होते हैं और क्रियात्मक समूह (functional group) बनाते हैं, जो अणु को विशिष्ट रासायनिक प्रकृति प्रदान करता है। क्रियात्मक समूह भी उतने ही महत्वपूर्ण हैं, जितने कि जीवों की उत्पत्ति और विकास के दौरान कोशिका की आणविक मशीन के लिए कार्बन बंधों की विविधता का निर्धारण। कार्बन के अतिरिक्त दूसरा कोई तत्व इतनी विविधता युक्त आकार, आकृति एवं क्रियात्मक समूहों वाले अणु नहीं बना सकता।

अधिकतर जैव अणु विभिन्न हाइड्रोकार्बनों के व्युत्पन्न हैं, जहाँ हाइड्रोजन अणु को विभिन्न क्रियात्मक समूहों से विस्थापित कर दिया गया है ताकि कार्बनिक यौगिकों के अलग-अलग समूह प्राप्त हो सकें।

इनमें से कुछ हैं-

एल्कोहॉल (alcohols) – एक या अधिक हाइड्रोक्सिल (-OH) समूह के साथ

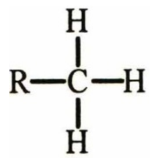
एमीन्स (amines) – एमीनो  समूह के साथ

एल्डिहाइड या कीटोन (aldehydes and ketones) – कार्बोनिल  समूह के साथ।

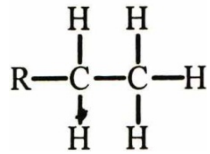
बहुत से बहुकार्यिकी (polyfunctional) जैव अणु दो या अधिक क्रियात्मक समूह वाले होते हैं। किसी जैव अणु का रासायनिक "व्यक्तित्व" उसके क्रियात्मक समूह की प्रकृति और त्रि-आयाम में उसकी स्थिति पर निर्भर करता है।

जैव अणुओं के कुछ सामान्य क्रियात्मक समूह (Some common functional group of biomolecules)

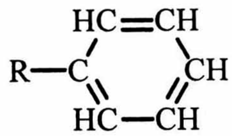
मेथिल (methyl)



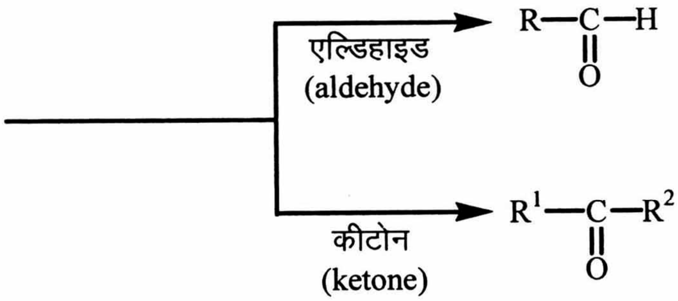
एथिल (ethyl)



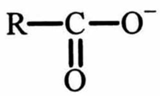
फेनिल (phenyl)



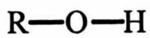
कार्बोनिल (carbonyl)



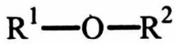
कार्बोक्सिल (carboxyl)



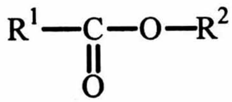
हाइड्रोक्सिल (hydroxyl)



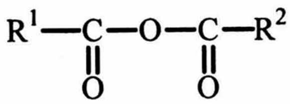
ईथर (ether)



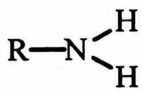
ईस्टर (ester)



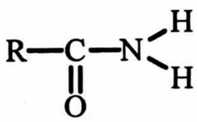
एनहाइड्राइड (anhydride)



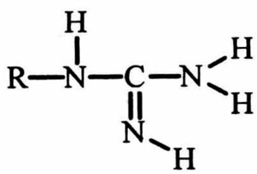
एमीनो (amino)



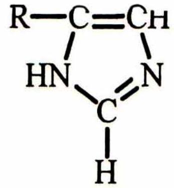
एमीडो (amido)



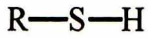
ग्वानिडिनो (guanidino)



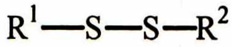
इमिडेजोल (imidazole)



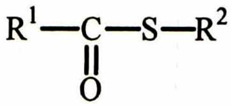
सल्फहाइड्रिल (sulfhydril)



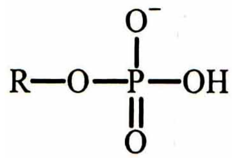
डाइसल्फाइड (disulfide)



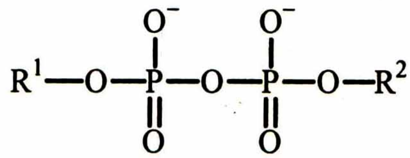
थायोईस्टर (thioester)



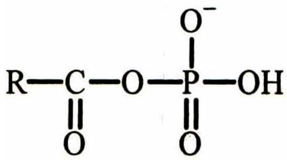
फॉस्फोरिल (phosphoryl)



फॉस्फोएनहाइड्राइड (phosphoanhydride)



मिश्रित एनहाइड्राईड (mixed anhydride)



(कार्बोक्लिक अम्ल और फॉस्फोरिक अम्ल, एसिल फास्फेट (acyl phosphate) समूह भी कहलाते है।)

12.4 जैव अणुओं की द्वितीयक एवं तृतीयक संरचना के निर्धारक बल (Forces that determine the secondary and tertiary structure of biomolecule):

दीर्घ अणुओं के जैविक गुणधर्म (biological properties) मुख्यत: दुर्बल अन्योन्य क्रियाओं (Weak interaction) पर निर्भर करते है, जिनके परिणामस्वरूप ये त्रिआयामी संरचना (three dimensional structure) प्राप्त करते हैं। प्रारूपिक सहसंयोजक बंधों की अपेक्षा असहसंयोजक अन्योन्य क्रियाऐं (non-covalent interactions) पर्याप्त दुर्बल होते हैं तथा किसी भी दीर्घ

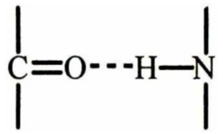
अणु (macromolecule) की त्रिआयामी संरचना निर्धारण में ऐसे अनेकों दुर्बल अन्योन्य क्रियाओं की महत्त्वपूर्ण भूमिका होती है। ऐसी असहसंयोजक अन्योन्य क्रियाओं (non-covalent interaction) निम्न है-

1. यादृच्छिक कुण्डलन (The random coil)

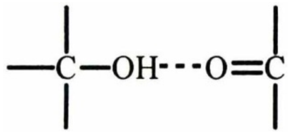
सीधी पोलिपेप्टाइड (polypeptide) और पॉलिन्यूक्लिओटाइड (polynucleotide) श्रृंखलाओं में ऐसे अनेकों बंधन होते हैं, जिन पर मुक्त घूर्णन (free rotation) संभव है। किसी भी अंत:तंतुक बल (intra strand interaction) की अनुपस्थिति में, प्रत्येक एकलक इकाई (monomer unit), अपने निकटवर्ती एकलक इकाई के सापेक्ष घूर्णन हेतु मुक्त होती है। यह मात्र इस तथ्य द्वारा सीमित है कि एक से ज्यादा परमाणु किसी स्थान को नहीं घेर सकते। ऐसी मुक्त घूर्णित श्रृंखला की त्रिआयामी संरचना को “यादृच्छिक कुण्डलन” (random coiling) कहते हैं।

2. हाइड्रोजन बंधन (Hydrogen Bonding)

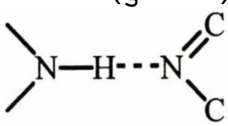
जैव तंत्र में सामान्य रूप से मिलने वाले हाइड्रोजन बंध निम्न हैं-

a. 

प्रोटीन तथा न्यूक्लिक अम्लो में

b. 

प्रोटीन में (दुर्बल बंध)

c. 

DNA तथा RNA में

RNA में अन्त:तंतुक (intrastrand) हाइड्रोजन बंध के कारण ही पॉलिन्यूक्लियोटाइड श्रृंखला वलित (folded) कप से पायी जाती है। इस प्रकार एक लम्बे, अपेक्षित एक तंतुक अणु की अपेक्षा, संघनित संरचना बन जाती है। DNA में अंतरतंतुक (interstrand) हाइड्रोजन बंध द्वितंतुक कुण्डलित (double stranded helicle) संरचना के लिए उत्तरदायी हैं। इसी प्रकार प्रोटीन में अंत:तंतुक (intrastrand) हाइड्रोजन बंध बनते हैं जो एक पेप्टाइड बंध के हाइड्रोजन परमाणु तथा दूसरे पेप्टाइड बंध के ऑक्सीजन परमाणु के मध्य होता है।

3. जल विरागी अन्योन्य क्रिया (The Hydrophobic interactions)

जल विरागी अन्योन्य क्रिया (hydrophobic interaction) ऐसे दो अणुओं या उनके भागों के मध्य अन्योन्य क्रिया है जो जल में अघुलनशील होते हैं। ये दो अणु (जो अलग अलग हो सकते हैं) जल में अल्प विलेय हों, तथा उनको प्रतिकर्षित करते हों। प्राकृतिक प्रतिकर्षण के परिणामस्वरूप ये संयुक्त होते हैं।

न्यूक्लिक अम्लो तथा प्रोटीनों के कितने ही घटक जल विरागी गुणधर्म दिखाते हैं।

जल विरागी अन्योन्य क्रिया (hydrophobic interaction) के फलस्वरूप एक पॉलिपेप्टाइड श्रृंखला के दूरस्थ जल विरागी भाग (hydrophobic parts) निकट आ जाते हैं।

4. आयनिक बंध (Ionic Bond)

आयनिक बंध दो विपरीत आवेशों के मध्य आकर्षण का परिणाम हैं । शरीर क्रियात्मक pH (physiological pH) पर अनेकों अमीनों अम्ल आवेशित हो जाते हैं। ऋणात्मक आवेशित कार्बोक्सिल समूह (एस्पार्टिक एवं ग्लूटामिक अम्ल) तथा धनात्मक आवेशित अमीनों समूह (लाइसीन, हिस्टीडिन तथा आर्जिनिन) ये पाँच अमीनों अम्ल आयनिक बन्ध बना सकते हैं।

आयनिक बंध भी श्रृंखला के दूरस्थ भागों को नजदीक लाते हैं। असहससंयोजक बंधों (Non-convalent bonds) में आयनिक बंध प्रबलतम (Strongest) होते हैं। फिर भी pH के उच्च आयामों (अम्लीय या क्षारीय) तथा उच्च लवण सांद्रता पर ये टूट जाते हैं, क्योंकि ये समूह का आवेश परिवर्तित कर देते हैं।

5. वानडरवाल आकर्षण (Vander Waals Attraction)

वानडर वाल बल सभी अणुओं के मध्य उपस्थित होते हैं तथा स्थायी द्वि-ध्रुवों और इलेक्ट्रॉन गति का परिणाम होते हैं। दो परमाणुओं के मध्य आकर्षण बल $1/r^6$, का आनुपातिक होता है, जहाँ r दो नाभिकों के मध्य दूरी है। आकर्षण अत्यन्त दुर्बल बल है तथा दो अत्यन्त निकट (1-2A^0) परमाणुओं के मध्य ही प्रभावी होता है।

चूँकि यह अत्यन्त दुर्बल बन्ध है अत: तापीय गति से आसानी से टूट जाता है, फिर भी यदि अनेकों परमाणु युग्मों का सम्मिलित प्रभाव हो तो सकल आकर्षण, तापीय गति से नहीं टूट पाता।

$1/r^6$ पर निर्भरता के कारण दोनों अणुओं का अन्तरआणविक सतह का मिलान (intermolecular fit) लगभग आदर्श हो अर्थात् दो अणु वानडरवाल बलों से तब ही बंधित हो सकते हैं जब इनकी आकृति एक दूसरे की संपूरक हों।

12.5 सारांश (Summary):

कार्बनिक यौगिक अपने विशिष्ट गुणधर्मों के कारण जैव अणु की तरह कार्य करते हैं, और उनकी रासायनिक प्रकृति को क्रियात्मक समूह तथा उनकी त्रि-आयाम में विन्यास निर्धारित करते हैं।

असहसंयोजक अन्योन्य क्रियाओं के कारण एक सीधी श्रृंखला का दीर्घ अणु इस प्रकार वलित होता है कि दूरस्थ समूह की नजदीक आ जाते हैं तथा अणु की द्वितीयक व तृतीयक संरचना को निर्धारित करते हैं।

बोध प्रश्न

1. कार्बन परमाणु में दो बंधों के मध्य बंध कोण होता है-

   ....

2. बहुलकीकरण कार्बन अणुओं का विशिष्ट गुण है- सत्य/असत्य

………

3. जैव अणु का रासायनिक' व्यक्तित्व किन बातों पर निर्भर करता है?

………

4. वानडरवाल बल निर्भर करते हैं -

………

12.6 शब्दावली (Glossary):

1. समावयवता	–	somerism
2. क्रियात्मक समूह	–	Functional Group
3. द्वितीयक व तृतीयक संरचना	–	Secondary and tertiary structure
4. असहसंयोजक अन्योन्य क्रिया	–	Noncovalent interaction
5. यादृच्छिक कुण्डलन	–	Random coiling
6. हाइड्रोजन बंध	–	Hydrogen bond
7. जल विरागी प्रभाव	–	Hydrophobic effect
8. आयनिक बंध	–	Ionic bond
9. वानडरवाल बल	–	Vanderwaal's forces

12.7 संदर्भ ग्रन्थ (Reference books):

1. Nelson L. & Cox M. (2005). Lehniger's-Principles of Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.
2. Voet D.; Voet J.G. & Pratt W. (2002). Fundamentals of Biochemistry, John Wiley & Sons, Inc.
3. Bery J.M., Tymoezko J.L. & Stryer L. (2001). Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.

12.8 बोध प्रश्नों के उत्तर:

1. $109^0 5'$
2. सत्य
3. क्रियात्मक समूह की प्रकृति और त्रिआयाम में उसकी स्थिति पर
4. परमाणुओं के मध्य दूरी पर

12.9 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Question):

1. जैव अणुओं की तृतीयक संरचना के निर्धारक बलों का वर्णन करें।
2. कार्बनिक यौगिकों के गुणधर्म कौनसे हैं जो उन्हें जैव विशिष्ट बनाते हैं।

इकाई 13

जीवों में ऊर्जा प्रवाह

ENERGY FLOW IN ORGANISMS

इकाई की रूपरेखा

13.0 उद्देश्य (Objective):

इस स्काई के अध्ययन के बाद परिवेश से जीवों में ऊर्जा स्थानान्तरण के मूलभूत सिद्धान्त को आप जान सकेंगे। साथ ही ऊर्जा अणुओं के बारे में संक्षिप्त जानकारी भी आप प्राप्त कर सकेंगे।

13.1 प्रस्तावना (Introduction):

जीवों के अंदर मिलने वाले अणु तथा आयन, अपने परिवेश से प्रकार और सांद्रता में भिन्न होते हैं। एक तालाब में पैरामीसियम (*Paramecium*), समुद्र में शार्क (Shark), मानव रूधिर में इरिथ्रोसाइट (erythrocyte) या बगीचे में सेव (Apple) का पेड़, सभी का अपने परिवेश से भिन्न संगठन है और एक बार परिपक्वता पर पहुँचने के बाद सभी बदलते परिवेश के बावजूद अपने संगठन को नियमित रखते है।

यद्यपि समय के साथ जीवों का अभिलाक्षणिक संगठन थोड़ा बहुत बदलता है तथा जीवों में अणुओं की संख्या स्थिऐतिक नहीं होती। छोटे अणु, दीर्घ अणु तथा आणविक संकुल (complexes) लगातार संश्लेषित होते रहते हैं तथा तंत्र में द्रव्यमान और ऊर्जा के स्थायी स्रोत के रूप में संलग्न अभिक्रियाओं में टूटते रहते हैं।

गत माह में ही संश्लेषित हुए हीमोग्लोबिन (hemoglobin) अणु, फेफड़ों (lungs) से मस्तिष्क को ऑक्सीजन ले जा रहे होते हैं, वे ही हीमोग्लोबिन अणु अगले माह अपघटित हो जाएगें तथा उनका स्थान नए संश्लेषित अणु ले लेंगे। पूरे दिन भोजन की आवृतियों के साथ रक्त में ग्लूकोज (glucose) की सांद्रता कम या ज्यादा होती रहती है। बावजूद इस सबके संश्लेषण दर

अथवा अन्र्तग्रहण के कारण रक्त में हीमोग्लोबिन और ग्लूकोज की सांद्रता लगभग स्थायी रहती है। यह सांद्रता में स्थिरता 'गतिक साम्य' का परिणाम है, जो साम्यावस्था नहीं है।

इस गतिक साम्य की स्थापना में ऊर्जा की सतत् आवश्यकता होती है और जब कोशिका लगातार ऊर्जा उत्पादन नहीं कर सकती तो यह मर जाती है और अपने परिवेश से साम्य स्थापित कर लेती है।

13.2 परिवेश से जीवों में ऊर्जा रूपान्तरण (Energy Transformation from surrounding to organisms):

एक विलयन में हो रही रासायनिक अभिक्रिया के लिए हम तंत्र (system) को निम्नानुसार परिभाषित कर सकते हैं-

सभी उपस्थित अभिकारक तथा उत्पाद, विलायक और तत्कालीन वातावरण, संक्षिप्त में अंतरिक्ष के निर्धारित क्षेत्र में उपस्थित सब कुछ, इस अभिक्रिया के लिए तंत्र (system) है।

तंत्र (system)तथा उसका परिवेश (Surrounding) सम्मिलित रूप से बह्माण्ड (Universe) कहलाते हैं।

यदि तंत्र, अपने परिवेश से न तो द्रव्य, न ही ऊर्जा का आदान-प्रदान करता है तो ऐसा तंत्र, विलगित (isolated) तंत्र कहलाता है। यदि तंत्र ऊर्जा का आदान-प्रदान तो करता है, परंतु द्रव्य का नहीं करता तो इसे बंद (closed) तंत्र कहते हैं। यदि तंत्र अपने परिवेश से ऊर्जा और द्रव्य दोनों का आदान-प्रदान करता है तो ऐसे तंत्र को खुला (open) तंत्र कहा जाता है।

एक जीव खुला तंत्र है, यह ऊर्जा और द्रव्य दोनों का अपने परिवेश से आदान प्रदान करता है। जीव अपने परिवेश से ऊर्जा दो रूपों में प्राप्त करते हैं-

1. ये रासायनिक ईंधन ग्रहण करते हैं, जैसे ग्लूकोज।
2. ये ऊर्जा सूर्य के प्रकाश से अवशोषित करते हैं।

लगभग सभी जीव अपनी ऊर्जा आवश्यकताऐ प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से सूर्य से प्राप्त करते हैं। प्रकाश संश्लेषी कोशिकाऐं सूर्य की प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित कर जल (H_2O) अणु से इलेक्ट्रॉन उत्पन्न करती हैं तथा CO_2, (carbondioxide) को काम में लेते हुए ग्लूकोज, स्टार्च, सुक्रोज जैसे उच्च ऊर्जा अणुओं का निर्माण करते हैं तथा वातावरण में O_2 (oxygen) मुक्त करते हैं।

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{प्रकाश}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

अप्रकाश संश्लेषी कोशिकाऐं तथा जीव अपनी ऊर्जा आवश्यकताऐ, प्रकाश संश्लेषण के उत्पाद, उच्च ऊर्जा अणुओं के ऑक्सीकरण से पूरी करते हैं तथा इलेक्ट्रॉन वातावरणीय O_2 (oxygen) को प्रदान कर जल अणु (H_2O), CO_2 (carbondioxide) तथा अन्य अंतिम उत्पाद बनाते हैं, जो पर्यावरण में पुर्नचक्रित (recycled) हो जाते हैं-

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + Energy$$

ये सभी अभिक्रियाऐ जिनमें इलेक्ट्रॉन प्रवाह होता है मूलत: ऑक्सीकरण अपचयन (Oxidation reduction) अभिक्रियाऐ हैं, एक अभिकारक ऑक्सीकृत होता है (इलेक्ट्रॉन देता है) तो दूसरा अपचयित होता है (इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है)।

13.3 जैव तंत्र में ऊर्जा युग्म सहलग्न अभिक्रियाऐं (Energy coupling links reaction in biological system):

जैव तंत्र में ऊर्जा रूपान्तरण के अध्ययन में मुख्य बिन्दु है कि, जो अभिक्रिया, उपापचय से या प्रकाश ग्रहण से ऊर्जा प्राप्त करती है, वह कोशिका के ऊर्जा आवश्यकता तंत्र से युग्मित होता है अर्थात् एक जगह ऊर्जा की प्राप्ति, ठीक उसी समय पर दूसरे माध्यम से ऊर्जा ह्रास से युग्मित होती है।

दूसरे शब्दों में कहें तो एक ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया द्वारा युक्त की गई ऊर्जा दूसरे ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया में उच्च ऊर्जा बंध बनाने के काम आती है।

उदाहरणार्थ- ग्लाइकोलाइसिस में ग्लूकोज-6-फॉस्फेट का बनना।

अभिक्रिया-1

ग्लूकोज + Pi → ग्लूकोज-6-फॉस्फेट, का बनना

अभिक्रिया-2

ATP → ADP + Pi

(उष्मा क्षेपी अभिक्रिया)

दोनों की युग्मित अभिक्रिया

अभिक्रिया-3

ग्लूकोज + ATP → ग्लूकोज-6-फॉस्फेट + ADP

यहाँ अभिक्रिया 2 में वियुक्त ऊर्जा अभिक्रिया 1 में ग्रहण की गई ऊर्जा से अधिक है। वस्तुत: ग्लूकोज-6-फॉस्फेट का निर्माण युग्मित अभिक्रिया-3 के अनुसार होता है। ऊष्माक्षेपी और ऊष्माशोषी अभिक्रियाओं का किसी एक मध्यस्थ अणु/परमाणु के (यहाँ Pi) द्वारा युग्मन से ही जीवों में ऊर्जा का आदान प्रदान होता है।

13.4 जीवों में ऊजा संग्रह और स्थानान्तरित करने वाले अणु- ऊर्जा मुद्रा (Molecules that store and transfer the energy in organisms- Energy currency):

परिवेश से प्राप्त ऊर्जा के संग्रहण और स्थानान्तरण के लिए जीवों मे कुछ ऐसे विशिष्ट अणु होते हैं जो अपने उच्च ऊर्जा बंधों के जल अपघटन या समूह स्थानान्तरण से यह कार्य सम्पन्न करते हैं। ATP (एडीनोसीन ट्राइ-फॉस्फेट) इनमें प्रमुख है और ज्यादातर जैव रासायनिक अभिक्रियाओं में यही अणु 'ऊर्जा मुद्रा' (Energy currency) की भाँति कार्य करता है।

जल अपघटन से फॉस्फोरिल समूह का टूटना तथा स्थानान्तरण ऊर्जा का आदान-प्रदान करता है।

$$ATP + H_2O \rightarrow ADP + Pi + H^+$$

ATP के अतिरिक्त कुछ अन्य जैव अणु भी विशिष्ट जैव रासायनिक अभिक्रियाओं में ऊर्जा का आदान-प्रदान करते हैं, उनकी सूची निम्न प्रकार है-

1. फॉस्फोइनोल पाइरूवेट (Phosphoenol pyruvate)
2. 1,3-बाइफास्फोग्लिसरेट (1,3-Biphosphoglycerate)
3. फास्फोक्रिएटाइन (Phosphocreatine)
4. ADP ($\rightarrow$ AMP + Pi)
5. PPi ($\rightarrow$ 2Pi)
6. GTP (ग्वानोसीन-ट्राई-फॉस्फेट)
7. NAD^+ [निकोटिनेमाइड एडेनिन डाइन्यूक्लियोटाइड (Nicotinamide adenine dinnucleotide)]
8. NADP [निकोटिनेमाइड एडेनिन डाइन्यूक्लियोटाइड फॉस्फेट (Nicotinamide adenine dinnucleotide phosphate)]

(NADH तथा NADPH भी ऊर्जा अणु की तरह प्रयुक्त होते हैं, यहाँ H-हाइड्रोजन आयन की संलग्नता प्रदर्शित करता है)

बोध प्रश्न

1. जैव तंत्र अपने परिवेश से गतिक साम्य में रहता है- सत्य/असत्य

....

2. जैव तंत्र एक बंद तंत्र है- सत्य/असत्य

…………………………………………………………………………………………

3. इलेक्ट्रॉन प्रवाह, ऊर्जा के स्थानान्तरण के लिए आवश्यक है - सत्य/असत्य

…………………………………………………………………………………………

4. उष्माक्षेपी व उष्माशोषी अभिक्रिया युग्म के लिए आवश्यकता होती है -

…………………………………………………………………………………………

13.5 सारांश (Summary):

जीव अपने परिवेश से ऊर्जा प्राप्त करते है तथा जैव तंत्र में ऊर्जा स्थानान्तरण, युग्म सहलग्न अभिक्रियाओं के माध्यम से होता है। उच्च ऊर्जा बन्ध वाले अणुओं के माध्यम से ऊर्जा का संग्रहण तथा स्थानान्तरण होता है।

13.6 शब्दावली (Glossary):

1. गतिक साम्य – Kinetic equilibrium
2. ऊर्जा रूपान्तरण – Energy transformation
3. जैव तंत्र – Biological system
4. ऊर्जा मुद्रा – Energy currency

13.7 संदर्भ ग्रन्थ (Reference books):

1. Nelson L. & Cox M. (2005). Lehniger's-Principles of Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.
2. Voet D.; Voet J.G. & Pratt W. (2002). Fundamentals of Biochemistry, John Wiley & Sons, Inc.
3. Bery J.M., Tymoezko J.L. & Stryer L. (2001). Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.

13.8 बोध प्रश्नों के उत्तर:

1. सत्य
2. असत्य
3. सत्य
4. मध्यस्थ अणु/परमाणु की

13.9 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Question):

1. जैव तंत्र में ऊर्जा स्थानान्तरण एवं संग्रहण पर एक विस्तृत लेख लिखें।
2. निम्न से आप क्या समझते है-
    1. ऊर्जा मुद्रा
    a. ऊर्जा युग्म सहलग्न अभिक्रियाएँ

इकाई 14

किण्वक - I

ENZYME - I

इकाई की रूपरेखा

14.0 उद्देश्य (Objective)

इस इकाई के अध्ययन के बाद जैव रासायनिक उत्प्रेरक एन्जइम को आप विस्तार से समझ सकेंगे। उनकी क्रियाविधि और गतिकी का विस्तार से अध्ययन करेंगे।

14.1 प्रस्तावना (Introduction):

जैव रासायनिक प्रक्रियाओं (biochemical reactions) के विशाल एवं जटिल विन्यास के समन्वयन का ही दूसरा नाम जीवन (life) है। कुछ क्रियाओं में बड़े व जटिल अणुओं का विघटन होता है तो कुछ में बड़े अणुओं का संश्लेषण होता है। कुछ क्रियाओं में ऊर्जा का उपयोग होता है

तो कुछ में ऊर्जा का निष्कासन तथा कुछ ऑक्सीकरण तथा कुछ अपचयन क्रियाएँ होती है। इन सब प्रकार की रासायनिक प्रक्रियाओं तथा उनके होने वाले क्रम की निश्चितता या नियन्त्रण के पीछे कुछ विशिष्ट प्रोटीनकृत (proteinaceous) पदार्थों का समूह कार्य करता है, जिन्हें किण्वक या एन्जाइम (Enzymes) कहते हैं।

प्राय: किण्वक जीवित कोशिकाओं में बनते है तथा कोशिका में ही क्रियाशील होते हैं। ऐसे किण्वक एण्डोएन्जाइम्स कहलाते हैं। अधिकांश किण्वक इस श्रेणी में आते हैं। परन्तु कुछ किण्वक कोशिका द्वारा स्त्रावित किये जाते हैं तथा कोशिका के बाहर जाकर क्रियाशील होते हैं। इन किण्वकों को एक्सोएन्जाइम कहते है। सूक्ष्म जीवों में एक्सोएन्जाइम्स अति महत्वपूर्ण होते हैं।

एक रासायनिक क्रिया, जो एक जीवित कोशिका में सामान्य तापक्रम पर किण्वक की उपस्थिति में बहुत ही कम समय में तीव्र गति से सम्पन्न होती है, वही क्रिया प्रयोगशाला में लम्बे समय तक उच्च ताप प्रदान करने पर सम्भव हो पाती है। अत: यह माना जाता है कि एन्जाइम्स ऐसे उत्प्रेरक पदार्थ (calalytic agents) होते हैं जो कोशिका में निर्मित होते हैं, प्रोटीन के बने होते हैं तथा रासायनिक क्रिया में प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से प्रभावित हुए बिना इसकी दर को तीव्र करते हैं। यही कारण है कि एन्जाइम को बायोकेटेलिस्ट (biocatalyst) भी कहा जाता है।

14.2 किण्वक: एक परिचय (Introduction to enzyme):

सर्वप्रथम एन्जाइम (enzyme) शब्द का उपयोग कुहने (Kuhne, 1878) द्वारा ऐसे पादप रस के लिये किया गया जो जटिल कार्बनिक यौगिकों के पाचन (digestion) में सहायक होता है। एडवर्ड वकनर (Edward Buchner, 1896) ने बताया कि यीस्ट (Yeast) कोशिकाओं का निष्कर्षण रस (extracted juice) अंगूर के रस में मिलाने से किण्वन क्रिया (fermentation) होती है। इस क्रिया में शर्करा (sugar), एल्कोहल (ethyl alcohol) व CO_2 में बदल जाती है और इस क्रिया में क्रियाकारी सक्रिय पदार्थ (active principle) को जाइमेज (Zymase) नाम दिया गया।

सन् 1926 में जेम्स बी. समनर (James B. Summer) ने सर्वप्रथम यूरिएज (urease) नामक एन्जाइम को शुद्ध व क्रिस्टली (pure & crystalline) रूप में पृथक किया। इसके उपरान्त नोथोप व कुल्ट्ज (Northrop & Kuntz, 1930-1936) ने तीन एन्जाइम्स (Pepsin, Trypsin & Chymotrypsin) को शुद्ध क्रिस्टली रूप में प्राप्त किया। इन पदार्थों की जाँच करने पर यह स्थापित हुआ कि एन्जाइम प्रोटीन के बने जटिल रसायन होते हैं। इस महत्त्वपूर्ण कार्य के लिये समनर, नोर्थोप व कुन्टज को सन् 1940 में नोबल पुरस्कार से सम्मानित किया गया।

वर्तमान में लगभग 1000 प्रकार के एन्जाइम की जानकारी वैज्ञानिकों को है। इनमें से 150 से भी अधिक को शुद्ध क्रिस्टली रूप में प्राप्त कर लिया गया है तथा ये सभी प्रोटीन के बने जटिल पदार्थ है।

14.2.1 किण्वकों का नामकरण (Nomenclature of Enzymes)

एन्जाइम जिस पदार्थ पर क्रिया करता है वह क्रियाधार पदार्थ या सबस्ट्रेट (Substrate) कहलाता है। सामान्यत: एन्जाइम का नामकरण क्रियाधार के अन्त (suffix=प्रत्यय) में "एज" ("ase") जोड़ कर किया जाता है। उदाहरणार्थ: एमाइलम (Amylum) नामक पदार्थ पर कार्य करने वाले एन्जाइम को एमाइलेज (Amylase) कहते हैं। इसी प्रकार अन्य कार्बोहाइड्रेट पदार्थों पर कार्य करने वाले एन्जाइम्स को कार्बोहाइड्रेजेज, वसा () पदार्थो पर कार्य करने वाले एन्जाइम्स को लाइपेजेज (Lipases) तथा प्रोटीन पर क्रिया करने वाले एन्जाइम्स को प्रोटीएजेज (Proteases) कहते हैं।

कभी-कभी एन्जाइम का नामकरण इसके द्वारा सम्पादित क्रिया की प्रकृति के आधार पर भी किया जाता है। उदाहरणार्थ: इन्वर्टेज (Invertase) एन्जाइम सुक्रोज को ग्लूकोज और फ्रक्टोज में तोड़कर इन्वर्शन क्रिया (inversion action) करता है।

इन्वर्शन, वह क्रिया है "जिसमें प्रारम्भिक पदार्थ (जिसका ध्रुवीय घूर्णन (optical rotation) एक प्रकार से हो) ऐसे पदार्थो को बनाए जिनका घूर्णन ठीक विपरीत प्रकार का हो।

इसी प्रकार के दूसरे एन्जाइम डिहाइड्रोजिनेज (Dehydrogenases) होते हैं। ये हाइड्रोजन अणुओं को एक यौगिक में स्थानान्तरित (transfer) करने का कार्य करते है।

आधुनिक नामकरण पद्धति में एन्जाइम का नाम सबस्ट्रेट या आधारी-पदार्थ तथा क्रिया की प्रकृति दोनों को ही दर्शाता है, जैसे सक्सीनेट डिहाइड्रोजिनेज (Succinate dehydrogenase)।

आइसोजाइम्स या आइसोएन्जाइम्स (Isozymes or Iso enzymes)

कुछ जीवों में अलग-अलग प्रकार के एन्जाइम एक ही प्रकार की रासायनिक क्रिया को संचालित करते प्रतीत होते हैं। ऐसे एन्जाइम के समूह को आइसोजाइम्स या आइसोएन्जाइम्स कहते हैं। ये एन्जाइम मौलिक संरचना से मिलते जुलते तो होते हैं और इसीलिए एक प्रकार का उत्पाद बनाते हैं, परन्तु इनकी अमीनों अम्ल श्रृंखला में कुछ अंतर होता है। जैसे जीवों में पाँच प्रकार के लेक्टिक डिहाइड्रोजिनेजेज (Lactic dehydrogenases) पहचाने जा चुके हैं।

14.2.2 किण्वकों की प्रकृति (Nature of Enzyme)

1. रासायनिक दृष्टि से एन्जाइम्स प्रोटीनेसियस (proteinaceous) पदार्थ होते है तथा कोशिका में कोलाइडी अवस्था (colloidal state) में पाये जाते हैं।
2. ये बहुत अधिक तापपरिवर्ती (thermolabile) होते हैं अर्थात् ताप के प्रति अति-संवेदनशील (sensitive) होते हैं। 60^0 से.ग्रे. से ऊपर अधिकांश एन्जाइम्स निष्क्रिय हो जाते हैं। एन्जाइम्स का ताप परिवर्ती गुण उनके प्रोटीनेसियस होने के कारण होता है।
3. ये उच्च परमाणु भार (high molecular weight) वाले जटिल 'दीर्घ अणु' (macromolecules) होते हैं।
4. एन्जाइम्स या तो केवल विशेष प्रोटीन के बने हो सकते है, या फिर प्रोटीन के साथ कोई अन्य (कार्बनिक या अकार्बनिक) पदार्थ के जुड़ने से बनते हैं। प्रोटीन भाग के साथ जुड़ा अन्य पदार्थ एन्जाइमी क्रिया के लिए उतना ही आवश्यक है जितना एन्जाइम का प्रोटीन वाला

भाग। जो एन्जाइम केवल प्रोटीन के बने होते हैं उन्हें सरल एन्जाइम्स (simple enzymes) कहते हैं। जब किसी एन्जाइम में प्रोटीन भाग के साथ आवश्यक रूप से एक अप्रोटीन भाग जुड़ा होता है तो ऐसे एन्जाइम्स को संयुग्मित एन्जाइम (conjugated enzymes) कहते हैं। एक संयुग्मित एन्जाइम में प्रोटीन का भाग एपोएन्जाइम (apoenzyme) तथा अप्रोटीन भाग सह-कारक (co-factor) कहलाता है। एपोएन्जाइम का सह-कारक (cofactor) स्वतन्त्र रूप से एन्जाइमी कार्य नहीं कर सकते। एपोएन्जाइम व सह-कारक संयुक्त रूप से होलोएन्जाइम (holoenzyme) कहलाते हैं।

संयुग्मित एन्जाइम का यह अप्रोटीनी (non-protein) भाग जब कार्बनिक पदार्थ हो तथा प्रोटीन भाग के साथ इस प्रकार संयुक्त हो कि प्रोटीन को बिना विघटित किये इस भाग को प्रोटीन से अलग न किया जा सकें तो इसे प्रोस्थेटिक समूह (prosthetic group) कहते हैं।

उदाहरणार्थ: आइरन पोरफाइरिन्स- जैसे (Heme), हीमोग्लोबिन में पाया जाता है।

प्रोस्थेटिक ग्रुप को एपोएन्जाइम (प्रोटीन भाग) से डायलेसिस (dialysis) क्रिया द्वारा भी पृथक नहीं किया जा सकता है। इसे पृथक करने के लिये प्रोटीन के कुछ पेप्टाइड (peptide) बन्धों (bonds) को तोड़ना आवश्यक है।

को-एन्जाइम, सह-कारक एवं निरोधक (Co-enztmes, Co-factors & Inhibitors)

इसी प्रकार अ-प्रोटीनेसियस कार्बनिक पदार्थ (non-proteinaceous organic substance) जो एन्जाइमी क्रिया के लिये आवश्यक पदार्थ हैं, एन्जाइमी क्रिया में योगदान करता है तथा जिसे प्रोटीन भाग से अलग किया जा सकता है, को को-एन्जाइम (coenzyme) कहते हैं। को-एन्जाइम प्रोटीन भाग की तरह ताप-परिवर्ती (thermo-labile) न होकर ताप-स्थायी (thermo-stable) होता है। को-एन्जाइम भाग, प्रोटीन के साथ संयुक्त होकर एन्जाइमी क्रिया सम्पन्न कराते है। एक को-एन्जाइम पदार्थ अलग-अलग प्रकार की प्रोटीन के साथ संयुक्त होकर अलग-अलग प्रकार के एन्जाइम बनाते हैं। जैसे NAD, NADP, CoA आदि को-एन्जाइम है।

कुछ जटिल रचना वाले कार्बनिक पदार्थों को, जो रासायनिक गुणों के संवाहकों (Carriers) का काम करते है- विशिष्ट को-एन्जाइम के नाम से भी जाने जाते हैं।

रासायनिक ग्रुप की प्रकृति के अनुसार 'को-एन्जाइम्स' निम्न तरह से वर्गीकृत किए जाते हैं-

(1) हाइड्रोजन संवाहक (Hydrogen Carriers)

(i) को-एन्जाइम I (Co-I) या [NAD निकोटिनेएमाइड एडिनिन डाईन्यूक्लियोटाइड (Nicotinamide Adenine Dinucleotide)], एक डिहाइड्रोजीनेज तरह का, जो पहिले DPN के नाम से जाना जाता था, में 'निकोटिनिक एसिड' (Niacin) एमाइड के रूप में पाया जाता है।

(ii) को-एन्जाइम II (Co-II) or NADP (निकोटिनेएमाइड एडिनिन डाईन्यूक्लियोटाइड फॉस्फेट) एक डिहाइड्रोजीनेज की किस्म का, जो पहिले TPN के नाम से जाना जाता था, कि रचना NAD के जैसी ही है, सिर्फ एक फास्फोरिक एसिड अणु ज्यादा होता है।

(iii) लिपाइक एसिड (Lipoic acid) α-कीटो अम्लो के आक्सीकृत डिकार्बोक्सिलेशन में सहायक होता है।

(iv) फ्लेविन एडिनिन डाइन्यूक्लियोटाइड (FAD- Flavin adenine dinucleotide)- जो कि विटामिन B2 का व्युत्पन्न है, प्रोस्थैटिक ग्रुप का कार्य करता है।

(2) एसिल ग्रुप संवाहक (Acyl group carrier)

को एन्जाइम A (Co A or Co A-SH)- इसमें फॉस्फोपेन्टेथीन (phosphopantetheine) पाया जाता है जो कि पेन्टोथीनिक एसिड (Pantothenic acid, a vitamin) का व्युत्पन्न है।

(3) एमिनो ग्रुप संवाहक (Amoni Group Carrier)

पायरीडोक्सिल फॉस्फेट (Pyridoxal phosphate)- यह विटामिन B_6 (पायरीडोक्सिन- Pyridoxin) का व्यूत्पन्न है।

(4) CO_2 संवाहक

बायोटिन (Biotin, Co-R)- यह एक विटामिन है और प्रोस्थैटिक ग्रुप का कार्य करता है।

(5) थाईमिन पायरोफॉस्फेट (TPP- Thiamine Pyrophosphate, Carboxylase)- यह विटामिन B_1 (Thiamine) का त्युत्पन्न है जो कि एक को-एन्जाइम का कार्य करता है, जिसमें α-कीटो अम्लो का ऑक्सीकृत डिकॉबोक्सिलेशन होता है।

(6) एक-कार्बनीय पदार्थ का संवाहक

को-एन्जाइम F (Co F)- यह विटामिन फॉलिक अम्ल (Folic acid) का त्युत्पन्न है।

(7) एडिनोसिन ट्राईफॉस्फेट (Adenosine triphosphate- ATP)

यह को-एन्जाइम का कार्य करता है और बहुत सी एन्जाइमी क्रियाओं में उत्प्रेरक का कार्य करता है।

कुछ एन्जाइमों की कार्यशीलता के लिए अकार्बनिक आयनों की उपस्थिति आवश्यक होती है। ऐसे अकार्बनिक आयन सक्रिय-कारक (activators) कहलाते है जैसे फास्फेट, ATP क्रियायें और क्लोरोफिल एन्जाइमों के लिए मैग्नीशियम (Mg) की आवश्यकता होती है।

हल्की तरह से बन्धित अप्रोटीन भाग या कार्बनिक तत्व को 'प्रोस्थैटिक ग्रुप' (prosthetic group) कहते हैं। उदाहरणार्थ- साइटोक्रोम का 'हीम' ग्रुप प्रोस्थैटिक ग्रुप को दर्शाता है, जो कि पेप्टाइड श्रृंखला (peptide chain) से सह-संयोजकता रखता है।

कुछ को-एन्जाइमों में एक सक्रिय हिस्सा भी होता है जैसे- निकोटिनएमाइड (Nicotinamide), राइबोफ्लेविन (Riboflavin), थाईमिन (Thiamine) और पेन्टोथीनिक एसिड (Pantothenic acid)। स्तनधारियों में ये संश्लेषित नहीं होते हैं लेकिन कोशिकाओं के सुचारू रूप से कार्य करने के लिए इनकी विटामिनों की तरह आवश्यकता होती है।

इसके विपरित कुछ एन्जाइम जैसे 'कॉपर-प्रोटीन (Copper proteins) में सिर्फ प्रोटीन भाग और धातु आयन, उदाहरणार्थ- एस्कॉरविक एसिड ऑक्सीडेज (Ascorbic acid oxidase) होता है। इसमें 'कॉपर' बहुत मजबूती से बंधित होता है, इसलिए इस तरह की संयुग्मी प्रोटीन (Conjugated proteins) आसानी से विच्छेदित नहीं किया जा सकता है।

प्रोस्थैटिक समूह, को-एन्जाइम व सक्रिय कारक जहाँ एन्जाइम की क्रियाशीलता (enzyme activity) में वृद्धि करते हैं वहीं एन्जाइम निरोधक (inhibitors) इसमें रूकावट भी डालते हैं।

उदाहरणार्थ- मेलोनेट (Malonate) की उपस्थिति (क्रेब्स चक्र में) सक्सीनिक डिहाइड्रोजीनेज (Succinic dehydrogenase) से क्रिया कर सकती है। इस प्रकार के निरोधक की संरचना सब्सट्रेट या आधार पदार्थ (substrate) के अणु के समान होती है। अत: यह एन्जाइम पर स्थित क्रियाशीलता स्थल (active site) पर जुड़ जाते हैं तथा वास्तविक आधारी के अणुओं के साथ प्रतियोगिता दर्शाते हैं।

इस प्रकार यह निरोधक पदार्थ, एन्जाइम और वास्तविक आधारी पदार्थ का मिलाप नही होने देते हैं। एन्जाइम अथवा आधारी पदार्थ की मात्रा बढ़ाने पर निरोधक का प्रभाव कम किया जा सकता है।

14.2.3 किण्वकों के गुण (Properties of enzymes)

एन्जाइम अत्यन्त जटिल प्रोटीन है जिनका अणुभार (molecular weight) बहुत अधिक होता है। कुछ एन्जाइम्स को क्रिस्टल (crystalline) अवस्था में भी प्राप्त किया जा चुका है। प्राय: ये पानी, तनु ग्लिसरीन, एल्कोहल व लवणीय विलयन में घुलनशील होते है। इन एन्जाइम्स के प्रमुख गुण निम्न है-

(i) उत्प्रेरकता का गुण (Catalytic property)

एन्जाइम्स में उत्प्रेरकों (catalytic) की भांति किसी रासायनिक क्रिया की दर तीव्र अथवा मन्द करने का गुण होता है। इन क्रियाओं में एन्जाइम नष्ट नहीं होते हैं।

(ii) ताप संवेदनशीलता (Heat sensitivity)

एन्जाइम्स ताप परिवर्ती (thermolabile) अर्थात् उष्मा के प्रति संवेदनशील होते हैं। प्राय: 0^0C से 50^0C तक एन्जाइम प्रभावकारी (effective) रहते हैं। ताप सीमा बढ़ाने पर एन्जाइम की क्रियाशीलता बढ़ती है। परन्तु प्राय: 60^0C तथा इससे उच्च तापक्रमों पर ये नष्ट हो जाते हैं। शुष्क बीज व बीजाणुओं में उपस्थित एन्जाइम शुष्क अवस्था के कारण 100^0C से 120^0C तक के उच्च तापक्रम भी कुछ समय तक सहन कर सकते हैं।

निम्न ताप पर ये निष्क्रिय तो हो जाते हैं परन्तु नष्ट नहीं होते। इन्हें जमाव बिन्दु से नीचे के तापक्रम पर लम्बी अवधि तक संग्रहित किया जा सकता है।

(iii) अभिकर्मकों (Reagents) के प्रति संवेदनशीलता

अनेक एन्जाइम उन कार्बनिक अभिकर्मकों के प्रति संवेदनशीलता नहीं दिखाते जो प्रोटोप्लाम्ज को नष्ट कर देते है, जैसे- थाइमोल, इथाईल एल्कोहल आदि विषैले होते हुए भी एन्जाइम्स की क्रियाशीलता पर दुष्प्रभाव नहीं डालते हैं।

(iv) विशिष्टता (Specificity)

इनमें क्रियाधार विशिष्टता (Substrate specificity) पाई जाती है। एक विशिष्ट पदार्थ पर एक विशिष्ट एन्जाइम का एक विशिष्ट प्रभाव होता है अर्थात् एक विशेष पदार्थ पर होने वाली एक विशेष प्रक्रिया (Particular reaction) के लिए विशेष एन्जाइम की आवश्यकता होती है। पदार्थ के अणु के विन्यास (configuration of molecule) में थोड़ा सा भी अन्तर होने पर क्रिया के लिए एन्जाइम का होना आवश्यक है। उदाहरणार्थ- माल्टोज एवं सेलोबायोज शर्कराएँ एक समान

अणुसूत्र $C_{12}H_{22}O_{11}$ होने पर भी दो भिन्न प्रकार के एन्जाइमों- माल्टेज एवं सेलोवियेज के लिए आधारी पदार्थ का कार्य करते हैं।

(v) क्रिया की प्रतिवर्तिता (Reversibility of reaction)

प्राय: एन्जाइमों के माध्यम से होने वाली क्रियाएँ प्रतिवर्ती (reverse) दिशा में हो सकती है।

(vi) कोलाइडी अवस्था (Colloidal condition)

अधिकांश एन्जाइम कोलायडी अवस्था में पाये जाते हैं।

14.3 किण्वकों का वर्गीकरण (Classification of Enzymes):

मोटे तौर पर एन्जाइमों को दो संवर्गों में विभाजित किया जाता है। जल-अपघटनीय (Hydrolysing enzymes) तथा डेस्मोलाइजिग एन्जाइम (Desmolysing enzymes) जल की उपस्थिति में आधारी पदार्थ के अणुओं को तोड़ने का कार्य करते हैं। सभी पाचक एन्जाइमों की यही क्रियाविधि होती है। सुक्रोज के एक अणु का एन्जाइम सुक्रेज या इन्वरटेज की उपस्थिति में ग्लूकोज और फ्रक्टोज में टूटना इस प्रकार एन्जाइमों का प्रारूपिक उदाहरण है-

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{Sucrase} \underset{\text{ग्लूकोज}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{फ्रक्टोज}}{C_6H_{12}O_6}$$

14.3.1 क्रियाधार के आधार पर (On the basis of Substrate)

निम्न तालिका के सामान्य प्रकार के जल-अपघटनीय एन्जाइमों की उनके आधारी पदार्थों तथा अंतिम उत्पादों (Substrates and End products) सहित सूची दी गई है-

कुछ प्रमुख एन्ताइमों की उनके अंतिम उत्पाद सहित तालिका

(List of Certain Important Enzymes with their Substrate and End Products)

क्रियाधार (Substrate)	**एन्जाइम का नाम (Name of Enzyme)**	**अंतिम उत्पाद (End Product)**
	(अ) कार्बोहाइड्रेट पर क्रिया करने वाले एन्जाइम	
स्टार्च (Starch)	1. डायस्टेज (Diastase)	माल्टोज (Maltose)
सुक्रोज (Sucrose)	2. सुक्रेज (Sucrase)	फ्रक्टोज, ग्लूकोज (Fructose, Glucose)
माल्टोज (Maltose)	3. माल्टेज (Maltase)	ग्लूकोज (Glucose)
सेलूलोज (Cellulose)	4. सैत्थूलेज (Cellulase)	सेलूबायोज (Cellobiose)
हेमीसेलूलोज (Homicellulose)	5. साइटेज (Cytase)	हेक्सोज तथा पेन्टोज
इंसुलिन (Insulin)	6. इनूलेज (Inulase)	(Hexose & pentose sugars) फ्रक्टोज (Fructose)

	(ब) वसाओं पर क्रिया करने वाले एन्जाइम	
वसा (Fats)	1. लाइपेज (Lipase)	वसा अम्ल + एल्काहाल (Fatty acid + Alcohol)
पर्णहरित (Chlorophyll)	2. क्लोरोफिलेज (Chlorophyllase)	क्लोरोफिल्लाइड + फाइटोल (Chlorophyllide + Phytol)
पैक्टिन (Pection)	3. पेक्टेज (Pectase)	पेक्टिक अम्ल + मेथिल एल्कॉहल (Pectic acid+Methyl Alcohol)
फॉस्फोरिक अम्लो के ईस्टर (Esters of Phosphoric acid)	4. फॉस्फेटेजेज (Phosphatases)	फॉस्फोरिक अम्ल + एल्कॉहाल (Phosphoric acid+Alcohol)
ग्लूकोज-1-फॉस्फेट (Glucose-I-phosphate)	5. ग्लूकोज फास्फोराइलेज (Glucose phosphorylase)	शर्करा + फॉस्फोरिक अम्ल (Starch + H_3 PO_4)
ग्लूकोज-1-फॉस्फेट + फ्रक्टोज (Glucose-1-phosphate+Fructose)	6. सुक्रोज़ फॉस्फोराइलेज (Sucrose phosphorylase)	सुक्रोज + फॉस्फोरिक अम्ल (Sucrose + H_3 PO_4)
	(स) प्रोटीन पर क्रिया करने वाले एन्जाइम	
प्रोटीन (Protein)	1. पेपसीन (Pepsin)	पेप्टोनस (Peptones)
	2. ट्रिपसिन (Trypsin)	पॉलिपेप्टाइड + अमीनो अम्ल (Polypeptides + amino acids)
पॉलीपेप्टाइड (Polypeptide)	3. पेप्टाइडेजेज (Peptidases)	अमीनो अम्ल (Amino Acids)
अइरया (Urea)	4. यूरियेज (Urease)	अमीनो अम्ल, अमोनिया + CO_2 (Amino acids, Ammonia + CO_2)
	(द) डेस्मोलाइजिंग एन्जाइम	
हाइड्रोजन परॉक्साइड (Hydrogen Peroxide)	1. केटेलेज (Catalase)	जल + O_2 (Water + O_2)
ग्लूकोज या फ्रक्टोज + ATP (Glucose or Fructose + ATP)	2. ट्रांसफॉस्फोरिलेज, हेक्सोकाइनेज (Transphosporylase, hexokinase)	ग्लूकोज या फ्रक्टोज-1, 6- इफॉस्फेट (Glucose or Fructose-1, 6-diphosphate)

फ्रक्टोज-1, 6-डाइफॉस्फेट (Fructose-1, 6-diphosphate)	3. एल्डोलेज (Aldolase)	डाइहाइड्रॉक्सी एसीटोन फॉस्फेट + फॉस्फोग्लिसरल्डिहाइड (Dihydroxy acetone phosphate + Phosphoglyceraldehyde)

जल-अपघटनीय एन्जाइमों की तुलना में डेस्मोलाइजिग एन्जाइम्स कहीं अधिक विविध प्रकार की अभिक्रियाओं को सम्पादित करते हैं।

14.3.2 रासायनिक अभिक्रियाओं के आधार पर (On the basis of chemical reaction)

पादप एन्जाइम्स को उनकी रासायनिक अभिक्रियाओं के आधार पर निम्न श्रेणियों में विभाजित कर सकते है-

1. जलांशिक एन्जाइम्स (Hydrolytic or Hydrolases)

इन एन्जाइम्स की उपस्थिति में जल-अपघटन होता है व क्रिया के समय ऊर्जा बाहर निकलती है।

$$AB + H_2O \xrightarrow[\text{एन्जाइम}]{\text{जलांशिक}} AH + BOH$$

मुख्य जलांशिक एन्जाइम्स निम्न है-

(a) एस्टरेजेज (Esterases)

ये एन्जाइम, जैसे लाइपेज, वसा (जो कि एक एस्टर है) को वसा अम्लो व ग्लीसरोल में बदल देता है।

$$A_1COOA_2 + H_2O \xrightarrow{\text{इस्टरेज}} A_1COOH + A_2OH$$

(b) कार्बोहाइड्रेट (Carbohydrates)

इनवरटेज व माल्टेज इस प्रकार के मुख्य एन्जाइम है जो कि सुक्रोज को ग्लूकोज व फ्रक्टोज और मालटोज का फ्रक्टोज में परिवर्तित कर देते हैं।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{इन्वटेज}} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

1. ग्लूकोज फ्रक्टोज

(c) प्रोटीन अपघटक एन्जाइम्स (Proteolytic Enzymes)

ये एन्जाइम जटिल प्रोटीनों को पेपटोन, पोलीपेप्टाइड व अमीनो अम्लो में परिवर्तित कर देते हैं।

2. स्थानान्तरण एन्जाइम्स (Transferases)

इन एन्जाइमी द्वारा H व OH समूहों के अतिरिक्त अन्य कुछ समूह भी जैसे ट्रान्सएमीनेजेज (Transminases) द्वारा अमीनों समूह (amino group) स्थानान्तरित हो सकते हैं।

3. आक्सीकृत व अनाक्सीकृत एन्जाइम्स (Oxido-reductases)

ये एन्जाइम पौधों की कोशिकाओं में होने वाली ऑक्सीकरण व अनाक्सीकरण प्रक्रियाओं का कार्य करते हैं।

$$\underset{\text{एथिल एल्कोहल}}{CH_3CH_2OH} + \underset{\text{को-एन्ताइम}}{DPN} \longrightarrow \underset{\text{एसीटल्डिहाइड}}{CH_3CHO} + \underset{\text{अपचयिक को-एन्ताइम}}{DPH_2}$$

4. फॉस्फोराइलेजेज (Phosphorylases)

क्रियाधार पर किसी बन्धन के उत्क्रमणीय फॉस्फोरोलाइटिक विदलन () को उत्प्रेरित करते हैं।

$$\text{ग्लूकोज + फॉस्फेट} \underset{}{\overset{\text{हेक्सोकाइनेज}}{\rightleftharpoons}} \text{ग्लूकोज-1-फॉस्फेट}$$

5. कार्बोक्सीलेजेज (Carboxylases)

ये CO_2 के निष्कासन अथवा जुड़ने को उत्प्रेरित करते हैं।

$$\text{पाइरूविक अम्ल} \xrightarrow[\text{कार्बोक्सिलेज}]{\text{पाइरुविक अम्ल}} \text{एसीटल्डिहाइड} + CO_2$$

6. आइसोमरेजेज (Isomerases)

ये एल्डोज और कीटोज शर्कराओं के अन्त:रूपान्तरण को उत्प्रेरित करते हैं।

$$\text{ग्लूकोज} \overset{\text{आइसोमरेज}}{\rightleftharpoons} \text{फ्रक्टोज}$$

बोध प्रश्न

1. ऐसे भिन्न एन्जाइम जो एक ही क्रिया को संचालित करते है, कहलाते है?

   ....

2. एन्जाइम कोशिका मे किस अवस्था मे पाए जाते है?

   ....

3. संयुग्मित एन्जाइम प्रोटीन भाग कहलाता है?

   ....

4. किण्वको को किन आधारो पर वर्गीकृत किया जाता है?

   ....

5. एन्जाइम क्रियाशीलता पर ताप का क्या प्रभाव होता है?

   ....

14.4 किण्वकों की कार्यविधि (Functioning of enzyme):

(अ) एन्जाइम उत्प्रेरकों की तरह कार्य करते हैं। ये क्रिया में भाग लिए बिना क्रिया की दर बढ़ाते हैं। यदि ये क्रिया में भाग लेते भी है तो क्रिया के अंत में बिना किसी गुणात्मक या मात्रात्मक परिवर्तन के पुन: निर्मित हो जाते हैं।

इसको निम्न क्रिया द्वारा समझा जा सकता है-

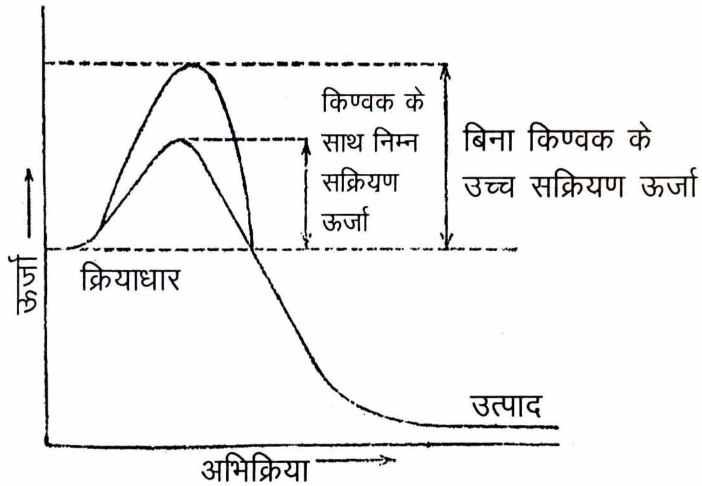
क्रियाधार + किण्वक → अभिक्रिया के उत्पाद + किण्वक

(ब) जॉन फेफर ने इनको "जैव रासायनिक मध्यस्थ" (Biochemical mediators) कहा है।

(स) ये सामान्य ताप पर किसी भी क्रिया को प्रारम्भ करने तथा इसकी दर बढ़ाने में समर्थ होते है।

(द) ये क्रियाओं की सक्रियण ऊर्जा (activation energy) को कम करते हैं।

(य) ये क्रिया को सम्पन्न करने की कार्यकुशलता (efficiency) तथा पदार्थ विशिष्टता (specificity) दर्शाते हैं। एन्जाइम की एकनिश्चित मात्रा, अपने भार से कई गुना अधिक मात्रा के आधारी पदार्थ (substrate) पर क्रिया कर सकते हैं। एक विशेष प्रकार का एन्जाइम, विशेष पदार्थ के प्रति ही क्रियाशीलता दर्शाता है। यह एन्जाइम किसी अन्य पदार्थ पर क्रियाशील नहीं हो सकता तथा यह पदार्थ किसी अन्य एन्जाइम द्वारा प्रभावित नहीं होता है। एन्जाइम के इस विशिष्ट गुण को सब्सट्रेट या क्रियाधार पदार्थ विशिष्टता (substrate specificity) कहते हैं।



चित्र 14.1 -- एन्जाइमी क्रिया की विधि

उपरोक्त बातों को ध्यान में रखते हुए वैज्ञानिकों ने समय-समय पर अपने मत प्रकट किए, जो निम्न प्रकार है:-

(i) किण्वक-क्रियाधार सम्मिश्रण वाद (Enzyme-Substrate complex theory)

(ii) कुंजी-ताला वाद (Lock and key theory)

(iii) इण्डयूस्ड फिट वाद (Induced fit theory)

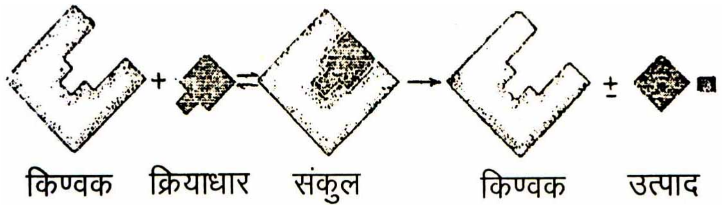
14.4.1 किण्वक क्रियाधार सम्मिश्रणवाद (enzyme-substrate complex theory)

माइकेलिस व मेण्टन (Michaelis and Menton, 1913) ने 'इन्वरटेज' एन्जाइम की उपस्थिति में शर्करा के जल-अपघटन का अध्ययन करने के बाद एन्जाइमी क्रियाविधि के बारे में बताया कि, एन्जाइम में कुछ क्रियाशील स्थल होते हैं जो कि क्रियाधार के अणुओं से एक पारस्परिक सम्बन्ध बना लेते हैं।

इस वाद को सर्वत्र मान्यता नहीं मिली, हालांकि मध्यवर्ती एन्जाइम-सब्सट्रेट पदार्थ को क्रियण-मिश्रण से पृथक किया जा चुका है [(उदाहरणार्थ - क्रेब्स चक्र में एसिटाइल (CoA)]।

14.4.2 कुण्जी-ताला वाद (Key and lock theory)

एन्जाइम की क्रियाविधि को समझाने के लिए फिसर (Fischer, 1898) ने "कुन्जी (चाबी) ताला वाद" (Key-Lock theory) को सुझाया, जिसको बाद में पोलफिल्डेज और डीडी बुड्ज (Paul Fildes and D.D. Woods) ने एन्जाइम और आधारी पदार्थ के बीच होने वाले सम्बन्ध को ताले और कुन्जी (Lock & Ker System) से तुलना कर समझाया। जिस प्रकार किसी विशेष ताले में वही कुन्जी लग कर उसे खोलती है जो उसके लिए बनी है, उसी प्रकार किसी विशेष पदार्थ से अंतिम उत्पाद (end products) तब ही बन सकते हैं। जब इस पर एक विशिष्ट एन्जाइम क्रिया करता है । एन्जाइम तथा आधारी पदार्थ में एक विशेष सम्बन्ध रहता है । जब एन्जाइम व सब्सट्रेट एक दूसरे के सम्पर्क में आते है तो एन्जाइम और सब्सट्रेट मिलकर "एन्जाइम-सब्सट्रेट सम्मिश्रण" (Enzyme Substrate Complex) बनाते है ।



चित्र 14.2 -- एन्जाइम व स्ब्सट्रेट क्रिया प्रदर्शन।

यह वाद विभिन्न रासायनिक पदार्थों का बनना दर्शाया जा चुका है।

1. एन्जाइम-सब्सट्रेट रासायनिक पदार्थों का बनना दर्शाया जा चुका है।
2. प्रतियोगी निरोधिकरण (Competitive inhibition) के अध्ययन से यह पता चलता है कि यदि एक एन्जाइम के माध्यम में एक ऐसा पदार्थ मिला दिया जाय जिसकी आणविक संरचना आधारी पदार्थ से बहुत कुछ मिलती-जुलती है तो एन्जाइम अवरूद्ध (blocked) हो जाता है तथा सम्बन्धित वास्तविक सब्सट्रेट पर क्रिया नहीं हो पाती है।
3. एन्जाइम सक्रियण की ऊर्जा को कम करके शरीर के ताप पर किसी भी क्रिया में सहायक होते हैं जो कि सिर्फ एन्जाइम सब्सट्रेट सम्मिश्रण से सम्भव है। इन बातों से एन्जाइम-सब्सट्रेट पदार्थ सम्मिश्रण की पुष्टि होती है।

आधुनिक विधियों के उपयोग से (जैसे- आइसोटोप, एन्जाइमी हाईड्रोलाइसिस, पेपर क्रोमेटोग्राफी, इलेक्ट्रोफोरेसिस, X-रे डिफ्रेक्शन वगैरहा) एन्जाइमी क्रिया-विधि के कुछ पद कुन्ज्री-ताले वाद (Key-Lock Theory) के अनुसार नहीं समझाये जा सकते हैं।

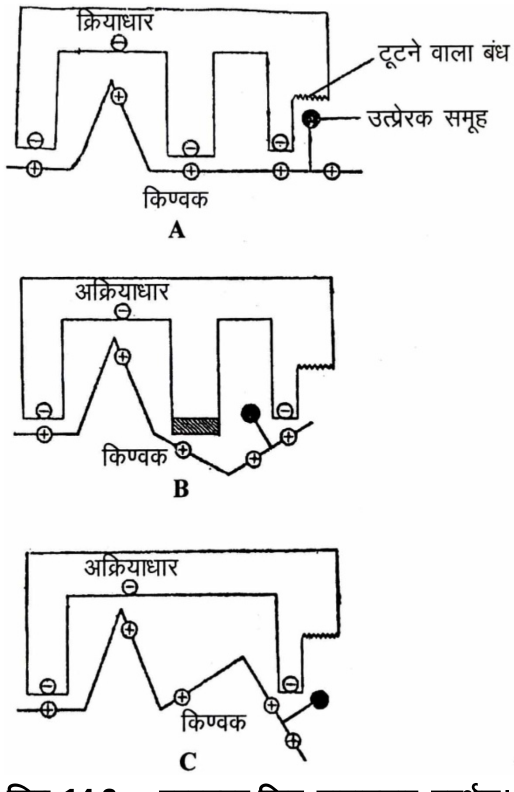
वैज्ञानिकों के मतानुसार चूँकि एन्जाइमी प्रोटीन अपनी वास्तविक रचना का सूक्ष्म तौर पर स्थिर नहीं रख पाती हैं अत: एन्जाइमों की विशिष्टता के कारण- कोश्लेण्ड (Koshland) ने "इन्डयूस्ड फिट वाद" (Induced Fit Theory) को प्रतिपादित किया।

14.4.3 "इण्डयूस्ड फिट बाद" (Induced fit theory)

इस वाद के अनुसार एन्जाइमी प्रोटीन के क्रियाशील केन्द्रों में बारीक ज्यामितीय परिवर्तनों (geometrical alterations) के कारण ही सब्सस्ट्रेट (आधारी पदार्थ) सही रूप से धंस (Fit) सकते हैं। इस वजह से खिंचाव ग्रुप (attractive groups) और ऊभारी ग्रुप (buttressing groups), एक युगल रचना (complementary structure) बनाते है जिससे कि क्रियाशील स्थल के उत्प्रेरक ग्रुप के बिल्कुल समीप या उसमें धँसने के कारण सब्सट्रेट के बंध (Bond) को विच्छेदित कर देता है।

एन्जाइम-सब्सट्रेट सम्मिश्रण बनने के पश्चात् सब्सट्रेट अणु हाइड्रोजन-बंधों के द्वारा पकड़ में रहता है। फिर सब्सट्रेट के उन बंधों (जो तोड़ने होते है) के ऊर्जित (charged) उत्प्रेरक (catalytic) ग्रुपों में स्थित क्रियाशील स्थल के इलेक्ट्रोनग्राही (electrophilic) और नाभिकस्नेही (nucleophilic) अभिक्रिया के ऊपर खिंचाव बना रहता है। इस खिंचाव से बंध कमजोर हो जाने के कारण अंत में सब्सट्रेट टूट जाता है और उत्पाद बनते हैं।

नॉन-सब्सट्रेट (Non-Substrate) में, यदि एक आकर्षण ग्रुप को एक बड़े ग्रुप से विस्थापित करें या उसमें एक आकर्षित ग्रुप की कमी हो, तो एन्जाइम के क्रियाशील स्थलों के पास पहुँचते ही विकृति पैदा हो जाती है ताकि उत्प्रेरक ग्रुप सब्सट्रेट के तोड़ने वाले बाण्ड के आमने-सामने नहीं होता है और इस कारण यह क्रिया नहीं हो पाती है।



चित्र 14.3 – इन्डयूस्ड-फिट वादानुसार प्रदर्शन।

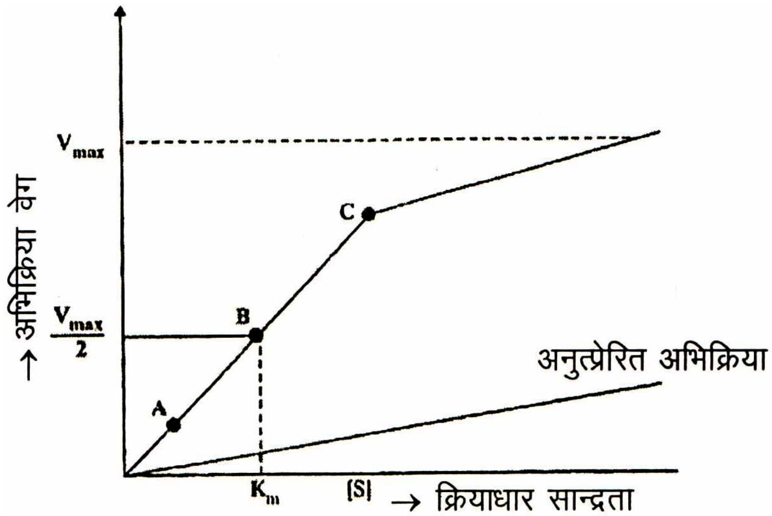
14.5 किण्वक गतिकी (Enzyme kinetics):

एन्जाइम तथा सबस्ट्रेट के मध्य होने वाली अंतःक्रिया को चित्र के आधार पर समझा जा सकता है। इस ग्राफ में सबस्ट्रेट की सांद्रता को X-अक्ष पर तथा अभिक्रिया के वेग के Y अक्ष पर दर्शाया गया है। जब एन्जाइम प्रेरित अभिक्रिया को अलग-अलग सबस्ट्रेट की सांद्रता पर अध्ययन किय जाता है तो हायपरबोलिक वक्र प्राप्त होता है। इस वक्र में उपस्थित तीन बिन्दु A, B, C तीन विशिष्ट परिस्थितियों को निरूपित करते हैं। बिन्दु A पर सबस्ट्रेट (s) की सांद्रता बहुत कम होती है तथा अभिक्रिया की दर सबस्ट्रेट की सांद्रता के समानुपाती होती है। जब सबस्ट्रेट की सांद्रता और बढ़ती है तथा V_{max} तक पहुंच जाती है। इस वक्र में B वह बिन्दु है जहाँ सबस्ट्रेट की सांद्रता V_{max} की आधी होती है। सबस्ट्रेट की सांद्रता अधिक होने पर अभिक्रिया की दर इसकी सांद्रता से स्वतंत्र हो जाती है एवं एन्जाइम, सबस्ट्रेट द्वारा पूर्णतया संतृप्त हो जाते हैं।

एन्जाइम द्वारा प्रेरित अभिक्रिया दो पदों में सम्पन्न होती है।

$$E + K \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} ES \underset{k_4}{\overset{k_3}{\rightleftharpoons}} E + P \qquad ....(1)$$

इस प्रक्रम में एन्जाइम सर्वप्रथम सबस्ट्रेट के साथ क्रिया करके Es संकुल का निर्माण करता है जो विखण्डित होकर उत्पाद (P) में परिवर्तित होता है व एन्जाइम की पुनः प्राप्ति हो जाती है।



चित्र 14.4 - एन्जाइम उत्प्रेरित अभिक्रिया की गति और क्रियाधार सांद्रता में सम्बन्ध

इस सम्बन्ध में सर्वप्रथम माइकेलिस तथा मेंटन (Michaelis and Menten, 1913) ने एंजाइम-सबस्ट्रेट कोंपलेक्स के निर्माण के संदर्भ में मास एक्शन (Mass action) के नियम को प्रयोग (apply) करके देखा था।

$$v = \frac{V_{\max}[S]}{K_m + [S]}$$

v = अभिक्रिय का वेग

V_{max} = उच्चतम वेग

S = क्रियाधार सान्द्रता

K_m = माइकेलिस-मेन्टन स्थिरांक

यहाँ पर K_1, K_2, K_3, K_4 प्रत्येक अभिक्रिया के लिये अभिक्रिया स्थिरांक है। किसी समीकरण के व्युत्पन्न से पहले उपरोक्त चित्र की निम्न बातों पर गौर करना आवश्यक है।

(i) एन्जाइम उत्प्रेरित अभिक्रिया सामान्यतया हाइपरबोलिक वक्र को दर्शाती है। अभिक्रिया का वेग एक निश्चित सीमा तक सबस्ट्रेट की मात्रा बढ़ने के साथ-साथ बढ़ता जाता है इसके पश्चात् यह दर कम हो जाती है। अभिक्रिया के वेग में कमी एन्जाइम के संतृप्त होने, सबस्ट्रेट के समाप्त हो जाने, एन्जाइम के विकृत होने के कारण अथवा एन्जाइम अवमंदन के कारण होती है।

(ii) सबस्ट्रेट की सांद्रता का अभिक्रिया के वेग पर होने वाला प्रभाव वक्र के बिन्दु A, B तथा C पर दृष्टिगत होता है।

(iii) 'A' वह बिन्दु है जहाँ पर अभिक्रिया का वेग सबस्ट्रेट की सांद्रता पर निर्भर करता है।

(iv) 'B' बिन्दु पर सबस्ट्रेट की सांद्रता K_m के बराबर होती है अत: अभिक्रिया का वेग V_{max} का आधा हो जाता है।

(v) 'C' बिन्दु पर सबस्ट्रेट की सांद्रता K_m से ज्यादा होती है अत: अभिक्रिया का वेग सर्वाधिक (V_{max}) होता है। इस अवस्था में एन्जाइम, सबस्ट्रेट द्वारा संतृप्त हो जाता है अत: सबस्ट्रेट की ओर मात्रा बढ़ने पर भी अभिक्रिया के वेग पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

बिंदु A पर $V \alpha [S]$ होता है तथा यह प्रथम ऑर्डर की गत्यात्मकता (Kinetics) है। जब [S] की सांद्रता बढ़ती है तो अभिक्रिया का वेग (V) निरन्तर कम हो जाता है। यह मिश्रित ऑर्डर की गत्यात्मकता है।

माना अभिक्रिया (1) में E एन्जाइम की कुल सांद्रता [स्वतंत्र (s) तथा बंधित (ES)] है। तब स्वतंत्र एन्जाइम की मात्रा [E]-[ES] होगी। यहाँ पर [S] स्वतंत्र सबस्ट्रेट की मात्रा है तो [ES] के निर्माण की दर को इस प्रकार प्रदर्शित कर सकते हैं।

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_1[E]-[Es][s] \qquad \text{........... (2)}$$

Es के विखण्डन की दर को निम्न समीकरण से प्रदर्शित किया जा सकता है।

$$\frac{-d[ES]}{dt} = k_2[ES]+K_3[Es] \qquad \text{......... (3)}$$

Es के निर्माण की दर E+P की तुलना में कम होती है। अत: इसको नगण्य मान सकते हैं। अत: Es के निर्माण की दर= Es के विखण्डन की दर

$$K_1([E] - [ES])[s] = K_2[ES] + K_3[ES] \qquad \text{........(4)}$$

इस अभिक्रिया को इस प्रकार भी प्रदर्शित कर सकते हैं।

$$\frac{[s]([E]-[Es])}{[Es]} = \frac{k_2+k_3}{k_1} \qquad \text{..........(5)}$$

K_1, K_2 व K_3 नियतांक को मिलाने पर

$$\frac{k_2 + k_3}{k_1} = k_m \qquad \text{..........(6)}$$

तीनो नियताको को Km द्वारा प्रतिस्थापित करने पर

$$[Es] = \frac{k_2 + k_3}{k_1} \qquad \text{..........(7)}$$

चूंकि अभिक्रिया का प्रारम्भिक वेग V_0 होता है।

$$V = k_3\ [Es] \qquad \text{........... (8)}$$

सबस्ट्रेट की उच्च सांद्रता पर सम्पूर्ण एन्जाइम (E), [Es] के रूप में उपस्थित होता है जब अभिक्रिया का वेग V_{max} होता है।

$$V_{max} = k_3[E] \qquad \text{..........(9)}$$

Es के मान को अभिक्रिया 7 से प्रतिस्थापित करने पर

$$V = k_3 \frac{[E][S]}{k_m + [s]} \qquad \text{............(10)}$$

अभिक्रिया 10 को 9 से विभाजित करने पर

$$\frac{V}{V_{\max}} = k_3 \frac{[E][S]}{k_m + [s]} k_3 [E] \qquad \text{...........(11)}$$

$$\frac{V}{V_{\max}} = \frac{[s]}{k_m + [s]} \qquad \text{.............(12)}$$

$$V = \frac{V_{\max}[s]}{K_m + [s]} \qquad \text{.............(13)}$$

यह समीकरण अधिकांश एन्जाइम प्रेरित अभिक्रिया की गत्यात्मकता (kinetics) को वर्णित करती है। हाइपरबोलिक वक्र में उपस्थित A, B तथा C बिन्दु को माइकेलिस-मेटन समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है।

(a) बिन्दु 'A' पर (At point A)

इस बिन्दु पर सबस्ट्रेट की सांद्रता Km की तुलना में कम होती है। यदि [s] की मात्रा को बढ़ाया जाता है तो होने वाला परिवर्तन बहुत कम होता है। अत [s] को नगण्य मान सकते हैं।

$$V = \frac{V_{\max}[s]}{K_m + [s]}$$

$$V = \frac{V_{\max}[s]}{K_m}$$

$\frac{V_{\max}}{km}$ अनुपात को एक नये नियतांक K द्वारा प्रतिस्थापित करने पर

$$V = k[s]$$

इस प्रकार V, सबस्ट्रेट की सांद्रता पर निर्भर करता है।

(b) बिन्दु B (At point B) पर [s] = Km होता है। अत:

$$V=\frac{V_{\max}[s]}{K_m+[s]}$$

$$V=\frac{V_{\max}[s]}{[s]+[s]}$$

$$V=\frac{V_{\max}[s]}{2[s]}=\frac{V_{\max}}{2}$$

(c) बिन्दु 'c' पर (At point 'c')

यहाँ पर सबस्ट्रेट सांद्रता, Km की तुलना में काफी अधिक होती है।

$$V=\frac{V_{\max}[s]}{2[s]} \text{ या } V=V_{\max}$$

माइकेलिस-मेंटन समीकरण के उपयोग (Applications of Michaelis-Menten equation)

इस समीकरण द्वारा एन्जाइम प्रेरित अभिक्रिया की व्याख्या की जा सकती है। इसका उपयोग विभिन्न सबस्ट्रेट सांद्रता पर Km के निर्धारण में किया जा सकता है। अत: Vmax तथा Km का निर्धारण ध्यानपूर्वक होना चाहिये। इन नियतांकों के निर्धारण के लिए सर्वप्रथम लाइनवीपर बर्क प्लॉट (Lineweaver Burk plots) का निर्माण किया जाता है। इस वक्र का मुख्य उपयोग एन्जाइम अवमंदन (Enzyme inhibition) के अध्ययन हेतु किया जाता है।

माइकेलिस मेंटन समीकरण के दोनों तरफ (Reciprocal) करके रूपान्तरित किया जा सकता है।

$$V=\frac{V_{\max}[s]}{k_m+[s]}$$

$$\frac{1}{V}=\frac{1}{V_{\max}[S]/k_m+[s]}$$

$$=\frac{k_m+[s]}{V_{\max}[s]}$$

$$\frac{1}{V}=\frac{k_m}{V_{\max}}\times\frac{1}{S}+\frac{[s]}{V_{\max[s]}}$$

या $$\frac{1}{V}=\frac{k_m}{V_{\max}}\times\frac{1}{S}+\frac{1}{V_{\max}}$$

यदि $\frac{1}{V}$ तथा $\frac{1}{[s]}$ का दोहरा रेसिप्रोकल वक्र खींचा जाये तो एक सीधी रेखा प्राप्त होती है जिससे K_m का मान ज्ञात कर सकते हैं।

14.6 किण्वक क्रियाशीलता को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Enzyme Activity):

कोशिका के बाहर प्रयोगशाला में (in vitro) देखे जाने वाले प्रेक्षण कोशिका के अंद पाई जाने वाली परिस्थितियों में होने वाले परिणामों के आधार पर कार्य करते हैं।

मुख्य कारक इस प्रकार है-

1. तापक्रम (Temerature)

तापक्रम की वृद्धि प्रारम्भ में एन्जाइमी क्रिया के वेग को त्वरित (accelerate) करती है। सामान्यत: 50^{0}C से ऊपर कें तापक्रम एन्जाइमों पर विनाशक प्रभाव डालते है। एक न्यूनतम तापक्रम (minimum temperature) जिसके नीचे कोई एन्जाइमी क्रिया नहीं देखी जाती, दूसरा, अधिकतम (maximum) तापक्रम जिस पर एन्जाइमी क्रिया सर्वाधिक होती है।

2. हाइड्रोजन आयन सान्द्रता (Hydrogen ion concentration)

एन्जाइमी क्रिया माध्यम की हाइड्रोजन आयन सान्द्रता से प्रभावित होती है, अर्थात् उस पर माध्यम की अम्लता और क्षारता का प्रभाव पड़ता है।

3. जलयोलन (Hydration)

कोशिका में उपस्थित जल की मात्रा भी एन्जाइमी क्रिया की गति को प्रभावित करती है। अत: जो बीज सूखे होने पर कोई एन्जाइमी क्रिया नहीं दर्शाते, जल में डाले जाने पर एन्जाइमी क्रिया द्वारा अपने अंदर संग्रहित स्टार्च तथा अन्य प्रकार के पदार्क्षों का विघटन प्रारम्भ कर देते हैं।

4. एन्जाइमी सान्द्रता (Concentration of Enzymes)

एन्जाइम की मात्रा बढ़ाने के साथ-साथ एन्जाइमी क्रिया की गति भी बढ़ती है। परन्तु यह आवश्यक है कि आधारी पदार्थ की सान्द्रता अपेक्षाकृत अधिक हो।

5. क्रियाधार की सान्द्रता (Concentration of the substrate)

सामान्यत: आधारी पदार्थ की मात्रा में वृद्धि से एन्जाइमी क्रिया में भी वृद्धि होती है। परन्तु आधारी पदार्थ की मात्रा बहुत अधिक होने पर एन्जाइमी क्रिया पर उल्टा प्रभाव पड़ता है।

6. अंतिम उत्पादों की सान्द्रता (Concentration of the end products)

अंतिम उत्पादों के अधिक मात्रा में एकत्रित हो जाने का क्रिया के वेग पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

7. निरोधक (Inhibitors)

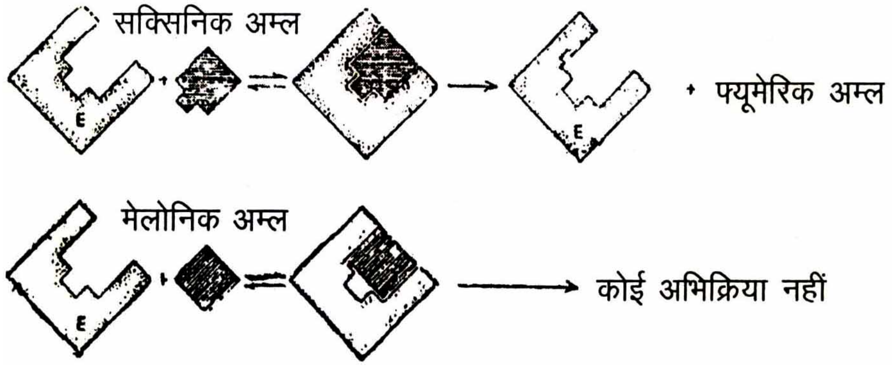
क्रिया मिश्रण में निरोधकों की उपस्थिति व इनकी प्रकृति के अनुसार एन्जाइमों की क्रियाशीलता पर पूर्ण या अपूर्ण प्रभाव पड़ता है। जब एन्जाइम की सान्द्रता और आधारी पदार्थ की अधिक उपलब्धि होती है तो निरोधकों का कम प्रभाव पड़ता है।

निरोधक दो किस्म के होते हैं-

(a) कम्पीटीटिव निरोधक (Competitive Inhibitors)

जब एक एन्जाइम के माध्यम में एक ऐसा पदार्थ मिला दिया जाए जिसकी आणविक रचना आधारी पदार्थ में बहुत कुछ मिलती है तो एन्जाइम अवरूद्ध (blocked) हो जाता है तथा सम्बन्धित क्रिया नहीं हो पाती है। उदाहरण- सक्सीनिक एसिड डिहाइड्रोजिनेज, सक्सीनिक एसिड

और मेलोनिक एसिड से मिलता है तो एन्जाइम स्वयं को मेलोनिक अम्ल से जोड़ लेता है तथा इस प्रकार एन्जाइम की क्रिया रूक जाती है और सक्सीनिक एसिड का डिहाइड्रोजीनीकरण नहीं हो पाता है।



चित्र 14.5 - कम्पीटीटिव निरोधन का चित्र निरूपण

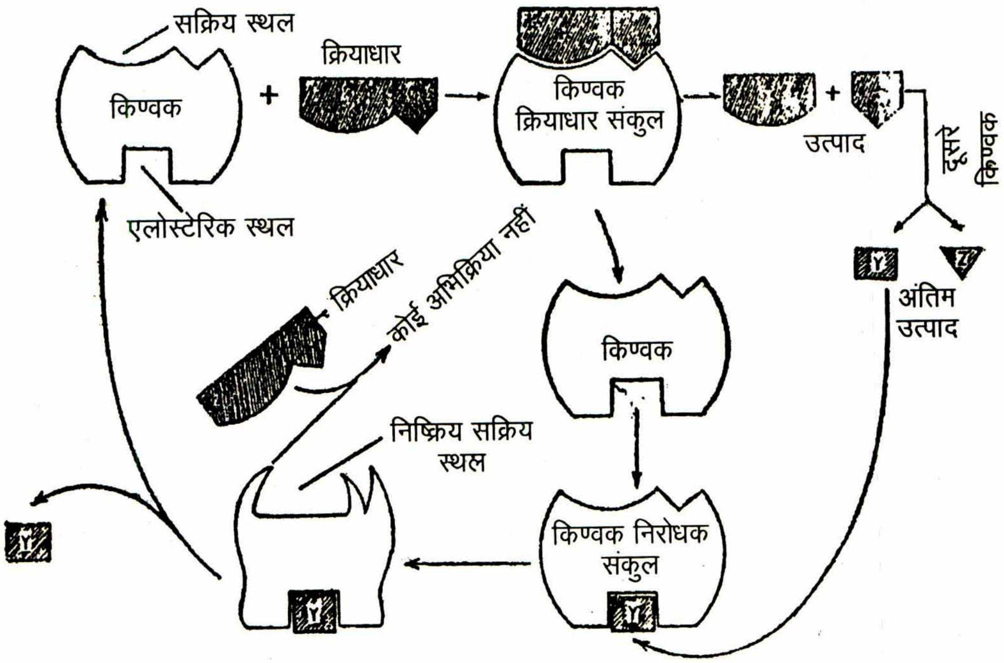
(b) नान-कम्पीटीटिव निरोधक (Non-Competitive Inhibitors)

इन्हें कोशिका विष (Cell poision) भी कहते हैं। Hgtt व CN आदि ऐसे आयन है जो कोशिका में उपस्थित किसी भी एन्जाइम के क्रिया-स्थल (active site) को नष्ट करने में सक्षम होते हैं। ये सब्सट्रेट के साथ कोई प्रतिक्रिया नहीं करते है बल्कि एन्जाइम्स की क्रियाशीलता को नष्ट कर देते हैं। किसी कोशिका में ऐसे आयन पहुँचने पर कोशिका के सभी एन्जाइम्स नष्ट हो जाते है और कोशिका की मृत्यु हो जाती है, अत: इन्हें कोशिका विष भी कहते हैं।

ऐलोस्टेरिक अवरोध (Alosteric Inhibition)

कभी-कभी यह देखा गया है कि जब कई तरह के एन्जाइमों के द्वारा लगातार क्रियाओं की श्रृंखला को उत्प्रेरित करते हैं तो अंतिम उत्पादों (end products) का संचय, क्रिया में काम में आने वाला प्रथम एन्जाइम की क्रियाशीलता को अवरोधित कर देता है। यह अवरोध अंतिम उत्पाद, जो कि सब्सट्रेट (आधारी पदार्थ) एन्जाइम से पूर्णतया भिन्न है, को ऐलोस्टेरिक अवरोध कहते हैं और इस तरह के एन्जाइम को ऐलोस्टेरिक एन्जाइम कहते हैं।

इस तरह का अवरोध एलोस्टेरिक एन्जाइम की सतह पर ऐलोस्टेरिक स्थल (allosteric site) का क्रियाशील स्थल से दूरी होने के कारण होता है और अंतिम उत्पाद व सब्सट्रेट की संरचना की भिन्नता के कारण सम्मिश्रण नहीं बन पाता और क्रिया नहीं हो सकती। एलोस्टेरिक अवरोध एक प्रतिवर्ति क्रिया है, जो अंतिम उत्पादों की कमी आने पर पुन: शुरू हो जाती है।



चित्र 14.6- ऐलोस्टेरिक अवरोध- क्रियाविधि प्रदर्शन।

बोध प्रश्न

6. किण्वक-क्रियाधार सिद्धान्त किसने प्रतिपादित किया?

....

7. एन्जाइम क्रियाविधि को समझने के लिए कोश्लेण्ड ने कौनसा सिद्धान्त प्रतिपादित किया?

....

8. एन्जाइम क्रिया हाइड्रोजन आयन सान्द्रता से प्रभावित होती है- सत्य/असत्य

....

9. कोशिका विष कहते हैं-

....

10. अंतिम उत्पादों द्वारा निरोधन कहलाता है-

....

14.7 सारांश (Summary):

एन्जाइम जैव रासायनिक उत्प्रेरक है। सामान्यतया ये प्रोटीन होते है। कोशिका में ये कोलॉइड अवस्था मे पाए जाते हैं। क्रियाधार तथा रासायनिक अभिक्रियाओं के आधार पर इन्हें वर्गीकृत किया जाता है। ये क्रियाधार तथा अभिक्रिया विशिष्ट होते हैं। तापक्रम, pH, क्रियाधार सांद्रता तथा उत्पाद सांद्रता से इनकी क्रियाशीलता प्रभावित होती है।

14.8 शब्दावली (Glossary):

1.	आइसोजाइम	–	Isozyme
2.	को-एन्जाइम	–	Co-enzyme
3.	निरोधक	–	Inhibitor
4.	क्रियाधार	–	Substrate

14.9 संदर्भ ग्रन्थ (Reference books):

1. Nelson L. & Cox M. (2005). Lehniger's-Principles of Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.
2. Voet D.; Voet J.G. & Pratt W. (2002). Fundamentals of Biochemistry, John Wiley & Sons, Inc.
3. Bery J.M., Tymoezko J.L. & Stryer L. (2001). Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.

14.10 बोध प्रश्नों के उत्तर:

1. आइसोजाइम
2. कॉलोइड
3. एपोएंजाइम
4. क्रियाधार और रासायनिक क्रिया के आधार पर
5. ताप बढ़ाने पर एन्जाइम क्रियाशीलता बढ़ती है
6. माइकेलिस-मेण्टन ने
7. एण्ड्यूस्ड-फिट-वाद
8. सत्य
9. नान-कम्पीटीटिव निरोधकों को
10. एलोस्टेरिक अवरोध

14.11 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Question):

1. किण्वक से आप क्या समझते हैं? किण्वक क्रियाशीलता पर सिद्धान्त लेख लिखें।
2. टिप्पणी लिखें-

   अ. एन्जाइम सब्सट्रेट वाद

   ब. एलोस्टेरिक अवरोध
3. किण्वक गति पर एक निबन्ध लिखें।

इकाई 15

किण्वक - II

ENZYME - II

इकाई की रूपरेखा

15.0 उद्देश्य (Objective):

इस इकाई के अध्ययन के बाद आप किण्वक नियमन के बारे में जान सकेंगे। कुछ किण्वक उत्प्रेरित अभिक्रियाओं का अध्ययन कर इनका महत्त्व समझ सकेंगे।

15.1 प्रस्तावना (Introduction):

पिछले अध्याय में आपने किण्वकों के बारे में विस्तार से अध्ययन किया। आइए अब कुछ ऐसी अभिक्रियाओं के बारे में अध्ययन करते हैं जिनमें किण्वकों की उपस्थिति आवश्यक है। साथ ही इनके नियमन का भी अध्ययन करते हैं।

15.2 किण्वक अभिक्रियाओं के कुछ उदाहरण (Few wxamples of enzyme reaction):

किण्वक अभिक्रियाओं के उदाहरण हेतु जीवन के लिए सर्वाधिक महत्वपूर्ण प्रक्रिया, श्वसन का अध्ययन करना पर्याप्त होगा, जिसकी हर अभिक्रिया एक किण्वक द्‌वारा उत्प्रेरित होती है तथा उत्क्रमणीय होने के बावजूद एक निश्चित दिशा में चलती रहती है।

निम्न सारणी में ऐसे ही कुछ किण्वकों उनके क्रियाधारो और अंतिम उत्पादों की सूची है।

किण्वक	क्रियाधार	अंतिम उत्पाद
1. हेक्सोकाइनेज	ग्लूकोज	ग्लूकोज-6 -फॉस्फेट
2. फास्फोग्लूकोआइसोमरेज	ग्लूकोज-6-फॉस्फेटफ्रक्टोज-6-फॉस्फेट	

3.	फास्फोफ्रक्टोकाइनेज	फ्रक्टोज-6-फॉस्फेट	फ्रक्टोज-1,6 -डाईफॉस्फेट
4.	ऐल्डोलेज	फ्रक्टोज-1,6-डाई फॉस्फेट	ग्लिसरेल्डिहाइड-3-फॉस्फेट
5.	ट्राई ओज फॉस्फेट, आइसोमेरेज	3-फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड	डाईहाइड्रॉक्सीएसीटोन फॉस्फेट
6.	फॉस्फोग्लिसरेल्डिहाइड डीहाइड्रोजिनेज	ग्लिसरेल्डिहाइड-3-फॉस्फेट	1,3-डाईफॉस्फोग्लिसरिक एसिड
7.	फॉस्फोग्लिसरोम्यूटेज काइनेज	1,3-डाईफॉस्फोग्लिसरिक ऐसिड	3-डाईफॉस्फोग्लिसरिक एसिड
8.	फास्फोग्लिसरोम्यूटेज	3-फास्फोग्लिसरिक एसिड	2-फॉस्फोग्लिसरिक एसिड
9.	इनोलेस	2-फास्फोग्लिसरिक एसिड	2-फॉस्फोफीनॉलपापदविक एसिड
10.	पाइरूविक-एसिड-काइनेज	फॉस्फोइनोल पाइरूविक	एसिड पाइरूविक एसिड

15.3 किण्वक नियमन (Enzyme regulation):

किण्वकों की क्रियाशीलता को निम्न तरीकों से नियमित किया जा सकता है-

1. जाइमोजन क्रियाशीलता (Zymogen activity)

कुछ किण्वक (विशेषकर पाचक किण्वक) निष्क्रिय अवस्था में संश्लेषित होते हैं। किण्वकों की यह निष्क्रिय अवस्था प्रोएन्जाइम (proenzyme) या जाइमोजन (zymogen) कहलाती है।

जैव रासायनिक अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करने से पूर्व आवश्यक है कि इन निष्क्रिय पूर्व अवस्थाओं (precursors) को सक्रिय रूप में बदला जाए। इस प्रकार का सक्रियण सामान्यत: पैप्टाइड बंधों के टूटने से होता है। उदाहरणार्थ-

काइमोट्रिप्सीनोजन $\xrightarrow{\text{ट्रिप्सिन}}$ काइमोट्रिप्सिन

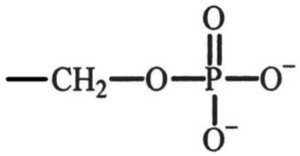
ट्रिप्सीनोजन $\xrightarrow{\text{एन्टेरोकाइनेज}}$ टिप्सीन

पेप्सीनोजन $\xrightarrow{\text{H+ पेप्सीन}}$ पिप्सीन + एक पॉलिपेप्टाइड

2. सहसंयोजक रूपान्तरण (Covalent modification)

ऐसे किण्वक जिनमें सीरीन (serine) अमीनों अम्ल पाया जाता है, वे एक छोटे किण्वक अणु के सहसंयोजक निवेशन से नियमित होते हैं।

उदाहरण- ग्लाइकोजन के संश्लेषण के लिए आवश्यक किण्वक, एक फोस्फोरिल समूह के सीरीन के साथ बंधन से नियमित होता है। यह रूपान्तरण जल अपघटन से उत्क्रमणीय है।



सीरीन अणु का फास्फोरिकृत व्युत्पन्न

3. पुनर्भरण निरोधन (Feed back inhibition)

कुछ किण्वक, छोटे अणुओं के संश्लेषण को अनेकों चरणों में उत्प्रेरित करते हैं। यह किण्वक पहले चरण के उत्पाद से निरोधित होता है। उदाहरण- थ्रियोनिन (Threonine) से आइसोल्यूसिन (Isolensine) का संश्लेषण। इस संश्लेषण में किण्वक थ्रीयोनिन एमीनेज (Threonine aminose) काम आता है जो कि आइसोल्यूसिन (Isoleucine) से निरोधित होता है।

15.4 अप्रोटनी किण्वक (Non proteinaceous enzyme):

जैव रासायनिक अभिक्रियाओं में निम्न अप्रोटनी रासायनिक उत्प्रेरक भी मिलते हैं, जिन्हें सामान्यत: अप्रोटनी किण्वक (non-proteinaceous enzyme) कहते हैं।

(i) राइबोजाइम (Ribozyme)

कुछ विशिष्ट संरचना वाले RNA अणु, न्यूक्लियोटाइडों के मध्य बंध बनने और टूटने के लिए उत्प्रेरक की तरह काम करते हैं। इन RNA अणुओं को राइबोजाइम कहते हैं। कुछ राइबोजाइम टीलोमरेज (Telomerase) किण्वक के घटक भी होते हैं।

(ii) एब्जाइम्स (Abzymes)

ऐसे प्रतिरक्षी (Antibodies) जो जैव रासायनिक अभिक्रियाओं में उत्प्रेरक की तरह कार्य करते हैं, इसका एक भाग प्रोटीन भी हो सकता है, एब्जाइम कहलाती है। ये प्रतिरोधन अनुक्रियाओं के उत्प्रेरण में कार्य करते हैं।

बोध प्रश्न

1. निष्क्रिय प्रोएन्जाइम कहलाता है।

   ....

2. सीरीन युक्त किण्वक नियमित है।

   ....

3. उत्प्रेरक प्रतिरक्षी कहलाती है।

   ....

15.5 सारांश (Summary):

प्रत्येक महत्त्वपूर्ण जैव रासायनिक अभिक्रिया किण्वकों द्वारा उत्प्रेरित होती है। साथ ही किण्वक भी विशिष्ट क्रियाविधि द्वारा नियमित किए जाते हैं। ताकि प्रत्येक अभिक्रिया नियंत्रण में रहें। यह नियमन रासायनिक या पुनर्भरण हो सकता है।

15.8 शब्दाबली (Glossary):

1. किण्वक अभिक्रियाऐं	–	Enzyme reactions
2. किण्वक नियमन	–	Enzyme regulation
3. जाइमोजन	–	Zymogen
4. राइबोजाइम	–	Ribozyme
5. एब्जाइम	–	Abzyme

15.7 संदर्भ ग्रन्थ (Reference books):

1. Nelson L. & Cox M. (2005). Lehniger's-Principles of Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.
2. Voet D.; Voet J.G. & Pratt W. (2002). Fundamentals of Biochemistry, John Wiley & Sons, Inc.
3. Bery J.M., Tymoezko J.L. & Stryer L. (2001). Biochemistry, W.H. Freeman & Company, New York.

15.8 बोध प्रश्नों के उत्तर:

1. जाइमोजन
2. सहसंयोजक रूपान्तरण से
3. एब्जाइम

15.9 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Question):

1. किण्वक नियमन पर एक विस्तृत लेख लिखें।
2. टिप्पणी लिखें-
   a. राइबोजाइम
   b. एब्जाइम