बैक्टीरिया से बने विद्युत-चालक तार

डॉ. डी. बालसुब्रमण्यन

बैक्टीरिया लंबे-लंबे विद्युत के सुचालक नैनो वायर बनाते हैं, जिसके ज़रिए वे इलेक्ट्रॉन्स का परिवहन करते हैं और उपापचय के लिए आवश्यक ऑक्सीजन को सतह से भीतर की ओर भेजते हैं।

आवश्यकता प्राकृतिक चयन की जननी है। जब परिस्थितियां बहुत विषम हों तब किसी समूह के असामान्य या उत्परिवर्तित सदस्य, जो उन परिस्थितियों का सामना कर पाते हैं, वे जीवित रहते हैं और अपनी संख्या बढ़ाते रहते हैं। इसका हालिया उदाहरण समुद्र में पाए जाने वाले एक विशेष प्रकार के बैक्टीरिया हैं जो बड़ी संख्या में आपस में जुड़कर एक लम्बी सुचालक नैनो तार जैसी संरचना बना लेते हैं जिसमें इलेक्ट्रॉन का परिवहन होता है। साथ ही उपापचय के लिए आवश्यक ऑक्सीजन को सतह से अंदर तक इसी रास्ते से ले जाया जाता है।

यह तार किसी धातु, मिश्र धातु या अन्य सामान्य पदार्थ का नहीं बना होता है बल्कि यह बना होता है सजीव कोशिकाओं का। इस बात का ज़िक्र डॉ. क्रिश्चियन फाइफर ने हाल में *नेचर* पत्रिका में किया है।

सभी जीव जीवित रहने के लिए ऊर्जा उपापचय के ज़रिए पाते हैं। इस प्रक्रिया का सबसे महत्त्वपूर्ण कदम भोज्य पदार्थ का दहन या ऑक्सीकरण होता है। रसायन शास्त्रियों की परिभाषा के अनुसार ऑक्सीकरण वास्तव में इलेक्ट्रॉन गंवाना और अवकरण मतलब इलेक्ट्रॉन्स ग्रहण करना है। हम सांस लेने के दौरान वातावरण से ऑक्सीजन लेकर अपने भोजन का दहन करते हैं। हम अपने भोजन का ऑक्सीकरण कर ऊर्जा प्राप्त करते हैं। इस प्रक्रिया में ऑक्सीजन के अणु का अवकरण होता है यानी वे इलेक्ट्रॉन प्राप्त करके पानी बनाते हैं। दूसरी ओर, भोज्य पदार्थों के अणु इलेक्ट्रॉन गंवाते हैं। अर्थात उनका ऑक्सीकरण होता है। यह प्रक्रिया पेट्रोल का दहन कर ऊर्जा प्राप्त करने से कुछ ज़्यादा अलग नहीं है।

सवाल यह उठता है कि उन जीवों का क्या होता होगा जो ऐसी जगहों पर निवास करते हैं जहां ऑक्सीजन होती ही नहीं। ऐसे जीव भी ऑक्सीकरण के द्वारा ही भोजन का उपापचय करते हैं। परंतु ये ऑक्सीकरण के लिए ऐसे किसी भी इलेक्ट्रॉन-ग्राही अणु का इस्तेमाल करते हैं जो उनके वातावरण में उपलब्ध हों। जीवों का ऐसा ही समूह समुद्री तलछट में सतह के नीचे रहता है जो खाद्य पदार्थों के दहन से ऊर्जा प्राप्त करने के लिए इलेक्ट्रॉन-ग्राही के रूप में तलछट में उपलब्ध सल्फेट यौगिकों का उपयोग करता है। यह अपने आसपास उपलब्ध स्रोतों से काम चलाने का एक उदाहरण है। इस प्रक्रिया में सल्फेट अणु इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर अवकृत होते-होते हाइड्रोजन सल्फाइड बनाता है जो एक विषैला पदार्थ है। सवाल यह उठता है कि इस सल्फाइड से कैसे छुटकारा पाया जाए?

समस्या का थोड़ा खुलासा करें। अगर हाइड्रोजन सल्फाइड का ऑक्सीकरण सल्फर में हो पाता तो मामला थोड़ा सुरक्षित होता। लेकिन इस प्रक्रिया में इलेक्ट्रॉन मुक्त होंगे और कोई पदार्थ तो होना चाहिए जो इन्हें स्वीकार कर सके। ऑक्सीजन यह काम कर सकती है मगर वह तो सिर्फ सतह पर उपलब्ध है। अगर सतह पर उपलब्ध यह ऑक्सीजन वहां तक पहुंच पाए और इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर ले तो हाइड्रोजन सल्फाइड गंधक में तबदील हो जाएगी और ऑक्सीजन पानी में बदल जाएगी। समस्या यह है कि इलेक्ट्रॉन्स को चंद सेंटीमीटर की दूरी तक कैसे ढोया जाए?

यह कोशिका के भीतर होने वाली प्रक्रिया तो है नहीं जहां दूरियां नैनोमीटर में होती हैं और ऑक्सीकारक व अवकारक अणु सीधे संपर्क में रहते हैं। लिहाज़ा एक कार्यक्षम तरीके की दरकार है - एक विद्युत तार की जो इलेक्ट्रॉन को सल्फाइड से ले जाकर ऊपर सतह पर उपलब्ध ऑक्सीजन तक पहुंचा सके।

यहीं जीव जगत का यह एक अप्रत्याशित आश्चर्य

सामने आता है। समुद्री तलछट के नीचे की परत में एक अनॉक्सी बैक्टीरिया *डीसल्फोबल्बेसी* निवास करता है। फाइफर और उनके सहकर्मियों ने पता लगाया कि इन तलछटों में इन बैक्टीरिया का बाहुल्य है। ये अकेले-अकेले नहीं रहते बल्कि लंबे-लंबे तंतुओं या छड़ों के रूप में झुंड बनाकर रहते हैं। ये तंतु 1.5 सेंटीमीटर तक लंबे हो सकते हैं। ये तंतु तलछट की सल्फाइड समृद्ध जगह से कुछ सेंटीमीटर ऊपर स्थित ऑक्सीजन समृद्ध परत तक जाते हैं जहां ऑक्सीजन पानी में घुली होती हैं। इस तरह से ये तंतु अनॉक्सी वातावरण से ऑक्सीजन युक्त वातावरण तक एक सेतु बनाते हैं।

पर ये करते क्या हैं? जब-जब पेंदे में हाइड्रोजन सल्फाइड का ऑक्सीकरण होता है तब-तब ये तंतु वहां उत्पन्न हुए इलेक्ट्रॉन्स को पकड़ लेते हैं और उन्हें ठेठ ऊपर उपस्थित ऑक्सीजन तक पहुंचा देते हैं। ऑक्सीजन इन इलेक्ट्रॉन्स को ग्रहण करके पानी में बदल जाती है। दूसरे शब्दों में *डीसल्फोबल्बेसी* बैक्टीरिया कतारबद्ध होकर एक विद्युतवाहक तार बना लेते हैं।

शोधकर्ताओं ने कई प्रयोग करके यह समझने का प्रयास किया कि ये तंतु बनते कैसे हैं और काम कैसे करते हैं। उन्होंने प्रयोगशाला में तलछट की एक परत बनाई और इसके ऊपर ऑक्सीजनयुक्त समुद्री पानी की परत बिछाकर पूरी प्रक्रिया का अध्ययन किया। जब गहराई में स्थित अनॉक्सी परत में सल्फाइड का ऑक्सीकरण हुआ, तो अम्लीयता में स्पष्ट अंतर देखा गया। इससे यह पता चल गया कि प्रक्रिया चल रही है। जब शोधकर्ताओं ने हल्के से इस परत को हिलाया, तो देखा कि 12-15 लंबे-लंबे तंतु आपस में उलझ गए। इन तंतुओं के जिनेटिक विश्लेषण से इस बात की पुष्टि हुई कि ये *डीसल्फोबल्बेसी* के बने हैं। ऐसा प्रतीत होता है कि 1.5 से.मी. लंबा तंतु बनाने के लिए कम से कम 4 करोड़ कोशिकाएं आपस में जुड़ती हैं। इससे पता चलता है कि ये बैक्टीरिया पूरी अनॉक्सी परत के आर-पार तंतु बना सकते हैं।

इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी से अवलोकन करने पर पता चला कि कोशिकाएं लंबाई में जुड़ी हुई हैं। हर कोशिका में बाहरी और भीतरी कोशिका झिल्ली के बीच पेरिप्लाज़्मिक स्थान में एक तरल भरी परत थी। इन तरल प्रकोष्ठों में धारियां थीं जो प्रत्येक कोशिका को उसकी पड़ोसी कोशिका से जोड़ती थी। इससे लगता है कि इलेक्ट्रॉन का परिवहन तरल नलीनुमा रचना के ज़रिए होता है। इस तरल नली के आसपास एक अटूट झिल्ली होती है जो कुचालक का काम करती है। देखा जाए तो यह आधुनिक विद्युत केबल का जैविक संस्करण है।

यह तो पहले से पता रहा है कि कुछ बैक्टीरिया में पाए जाने वाले रोमनुमा उपांग (जिन्हें पिलाई कहते हैं) इलेक्ट्रॉन परिवहन का काम करते हैं। मगर यह पहली बार रिपोर्ट किया गया है कि पूरी की पूरी कोशिका यह काम करने लगे और वह भी अन्य कोशिकाओं के साथ जुड़कर।

भौतिक शास्त्री रिचर्ड फाइनमैन का मशहूर कथन है कि नीचे हमेशा खूब जगह होती है। विद्युत के नैनो तारों की तरह काम करते ये बैक्टीरिया इसका एक उदाहरण हैं। *एनाबेना* नामक कुछ बैक्टीरिया होते हैं जो नाइट्रोजन का स्थिरीकरण करने में समर्थ होते हैं। इनमें भी पेरिप्लाज़्मिक तंतु पाए जाते हैं। जब इन तंतुओं की कुछ कोशिकाओं में एक फ्लोरेसेंट प्रोटीन बनाने की क्षमता पैदा कर दी गई तो देखा गया कि यह प्रोटीन तंतु के ज़रिए एक कोशिका से दूसरी कोशिका में पहुंचता है। यह पदार्थ के परिवहन का एक उदाहरण है। *डीसल्फोबल्बेसी* में परिवहन इलेक्ट्रॉन्स का हो रहा है। नैनो टेक्नॉलॉजी विद इन बैक्टीरिया से काफी कुछ सीख सकते हैं। ***(स्रोत फीचर्स)***

स्रोत सजिल्द 2012 उपलब्ध है

राशि एकलव्य, भोपाल के नाम ड्राफ्ट या मनीऑर्डर से भेजें ।

एकलव्य, ई-10 , शंकर नगर बी.डी.ए. कॉलोनी, शिवाजी नगर के पास, भोपाल (म.प्र.) 462 016