Online ISSN: 2455-0256 Print ISSN: 2394-9805

जैव बहुलक :सतत विकास के सारथी – भविष्य एवं चुनौतियाँ

डॉ0 दीक्षा यजुर्वेदी

एसो0 प्रोफेसर, रसायनशास्त्र विभाग, आर0जी0 (पी0जी0) कॉलिज, मेरठ

उच्च न्यायालय द्वारा नियुक्त एक समिति के अनुसार हमारे देश में प्रतिवर्ष लगभग 5 करोड़ टन कचरा उत्पादित होता है। मेरे कमरे में आठ–दस दिन के अंतराल पर अखबार की रद्दी एवं बाजार से लाई गई प्लास्टिक की थैलियों का इतना ढेर इकट्ठा हो जाता है कि उसे वहाँ से हटाना जरूरी हो जाता है। किसी औसत मध्यवर्गीय व्यक्ति को इस बात से संतोष हो जाता है कि दुकानों से मिलने वाली प्लास्टिक की थैलियाँ घर का कचरा इकठ्ठा करने के काम आती हैं और रद्दी वाला अब 11 रुपये किलो के हिसाब से अखबारों के ढेर के तीन–साढ़े तीन सौ रुपये दे जाता है। पश्चिमी दुनिया की हालत तक पहुँचते–पहुँचते अखबारों एवं कचरे को ठिकाने लगाने के लिए हमें अपनी तरफ से कुछ खर्च करना पड़ेगा। सिंगापुर की शहरी सीमाओं के भीतर कचरा, रैपर या कागज का टुकड़ा अनाधिकृत रूप से फेंकने का न्यूनतम दण्ड 100 डॉलर या 5000 रुपये है। जर्मनी में जमीन पर तेल फेंकने के जुर्म में आप भारी दण्ड के अलावा जेल भी जा सकते हैं, लेकिन कचरे और खासतौर प्लास्टिक के आतंक से जूझते हमारे देश में ना तो कचरे के नियंत्रण को लेकर कोई कानून है और ना हो हमारे देश का सामान्य नागरिक इसके भयानक दूरगामी परिणामों को जानने या समझने की कोई जरूरत समझता है। इस महान धरती पर आप न सिर्फ कचरे को जहाँ चाहे वहाँ मनचाहे ढंग से फेंक सकते हैं, बल्कि हिंदुस्तानी समाज का औसत नागरिक अनुशासन शायद दुनिया के सबसे गैर–जिम्मेदाराना प्रदेशों से इक्कीस ही ठहरेगा। यह कहना भी शायन अतिश्योक्ति नहीं होगी कि आज हमारा समूचा देश एक बहुत बड़ा कचरादान है, जिसमे न सिर्फ अपने स्वयं के कूड़े, बल्कि दूसरे शातिर मुल्कों के आयात किए गए विषाक्त कूड़े के लिए भी पर्याप्त जगह है।

आज हम अति–उत्पादन के जिस युग में जी रहे हैं, वहाँ कोई वस्तु जिस क्षण उत्पादित होती है, उसी क्षण वह संभावित कचरे की शक्ल अख्तियार कर चुकी होती है। ऐसा पहले भी होता था, लेकिन पहले और आज के वक्त में उत्पादन की मिकदार में भयानक परिवर्तन हो गया है। पहले पत्थर की चक्की शताब्दियों भर तक चली जाती थी और काठ का बेलन कई पीढ़ियों तक काम में आता था। उपभोक्ता जगत की विपुलता के साथ हमें मिला लाखों–लाख टनों का प्लास्टिक का विनाशकारी ढेर, जिसके प्रलंयकारी दीर्घकालीन प्रभाव के लिए आने वाली पीढ़ियाँ शायद हमें कभी माफ नहीं कर पाएंगी।

प्लास्टिक से बनी वस्तुओं का जमीन या जल में इकट्ठा होना प्रदूषण है जिससे वन्य जन्तुओं, या मानव के जीवन पर बुरा प्रभाव पड़ता है। प्लास्टिक में कमी के प्रयासों प्लास्टिक की खपत को कम करने और रीसाइक्लिंग को बढ़ावा देने का प्रयास कुछ क्षेत्रों में हुई है। केन्द्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड की रिपोर्ट के अनुसार देश में अनुमानित रूप से 9,205 टन प्रतिवर्ष प्लास्टिक कूड़ा है। कुल प्लास्टिक का 60 प्रतिशत एकत्र करके रिसाईकिल यानि पुनचेक्रित किया जाता है। बाकी 6,237 टन कूड़ा अनएकत्रित और जहाँ–तहाँ पड़ा रह जाता ह जोकि नॉन–बायोडिग्रेडेबल है। आज ये समस्या हमारे पर्यावरण के लिए

खतरा बन गई है। अपशिष्ट प्रबन्धन नीति के अनुसार प्लास्टिक के कूड़े को लैंडफिल साइट में फेंकना चाहिए किंतु ऐसे कूड़े के सड़ने की अवस्था में निकलने वाले विषैले पदार्थ मिट्टी में अवशोषित होकर भूजल तक पहुँच कर उसे प्रदूषित कर देते हैं। ऐसे पदार्थों को जलाना बहुत हानिकारक है क्योंकि जलने पर CO_2, फासजीन, NO, डॉइऑक्सिजन जैसी जहरीली गैसें निकलती हैं। एक किलो प्लास्टिक जलाने पर 3 किलो CO_2 निकलती है जो ग्लोबल वार्मिंग को बढ़ाती है।

पॉलिमर साइंस एवं प्रौद्योगिकी के विकास में ''प्लास्टिक युग'' में अब जैवबहुलक निर्मित बायोप्लास्टिक का पिछले दशक में प्रवेश हुआ है जोकि अवक्रमणीय होने के कारण शीघ्र ही रीसाइकिल हो जाते हैं। पिछले करीब दो दशकों से पर्यावरणविद् ऐसे सॉलिड वेस्ट के प्रबंधन की तकनीक के विकास में चिंतित है जो पर्यावरण संरक्षण में अहम् भूमिका निभाए।

ऐसे में जैवबहुलक के विकास में इस प्रयास में अहम भूमिका निभाई है।

जैवबहुलक या बायोपॉलीमर जीवित जंतुओं द्वारा उत्पन्न बहुलक होते हैं। सेलूलोज, स्टार्च, काइटिन, प्रोटीन, पेप्टाइड, डीएनए ओर आरएनए ये सभी जैवबहुलक के उदाहरण हैं जिनमें शर्करा, अमीनो एसिड और न्यूक्लियोटाइड क्रमशः मोनोमेरिक इकाईयों के रूप में होते हैं। समस्त वनस्पति पदार्थों का 33 प्रतिशत सेलूलोज होता है। इस दृष्टि से सेलूलोज धरती पर पाये जाने वाला सबसे आम जैवबहुलक ह। लकड़ी में करीब 50 प्रतिशत और कपास में करीब 90 प्रतिशत सेलूलोज होता है। बहुलक जिनका जैव अवक्रमीकरण किया जा सकता है, अर्थात् उन्हें सूक्ष्मजीवाणुओं द्वारा CO_2 और पानी में विच्छेदित किया जा सकता है उन्हें जैवअक्रमणीय बायोपॉलीमर कहते हैं। इस तरीके से पॉलीमर को औद्योगिक सम्मिश्रण प्रक्रिया द्वारा 6 माह के भीतर 90 प्रतिशत तक विच्छेदित किया जा सकता है। जिन बायोपॉलीमरों में यह क्षमता होती है वह यूरोपीय मानक के अनुसार ईएन 13432 के अन्तर्गत सम्मिश्रण योग्य की श्रेणी में आते हैं व इस मानक के चिन्ह से चिन्हित होते हैं। इस चिन्ह से युक्त पैकिंग औद्योगिक सम्मिश्रण की प्रक्रिया द्वारा 6 माह या उससे भी कम समय में विच्छेदित हो जाती है। उदाहरण के लिये 20 माइक्रोमीटर से कम मोटाई वाली पी0एल0ए0 (PLA) फिल्म सम्मिश्रण योग्य हैं, इससे अधिक मोटाई वाली नहीं।

पॉलीमर/प्लास्टिक पर अक्सर सूक्ष्मजीवाणुओं का आक्रमण तब तक नहीं होता जब तक उनका अणुभार अधिक है। ज्यादातर प्लास्टिक सूक्ष्मजीवियों के विकास को बढ़ावा नहीं देते। कम अणुभार वाले हाइड्रोकार्बन सूक्ष्मजीवियों द्वारा अवक्रमित हो जाते हैं। इन्हें सूक्ष्म जीवाणओं की कोशिकाओं द्वारा लेकर, कोइजांइम–ए (Co-enzyme A) से जोड़कर सक्रिय कर कोशिकीय चयापचय उत्पादों में बदल दिया जाता है किन्तु ये प्रक्रिया बाह्यकोशिकीय वातावरण में अच्छी तरह कार्य नहीं कर पाती और प्लास्टिक/पॉलीमर के अणु इतने बड़े होते हैं कि वे कोशिका के भीतर प्रवेश नहीं कर पाते। इस मामले में स्टार्च व सेलूलोज जैसे प्राकृतिक अणुओं का एंजाइम प्रतिक्रियाओं द्वारा कम अणुभार वाले अंशों में परिवर्तन आसान और सूक्ष्मजीवों की कोशिका के बाहर होता है। अतः ये आसानी से सूक्ष्मजीवियों द्वारा अवक्रमित हो जाते हैं। प्रकाशअवक्रमण या रासायनिक अवक्रमण अणुभार का कम कर सकते हैं ताकि सूक्ष्मजीवाणुओं का आक्रमण संभव हो पाये।

➢ <u>जैव बहुलक के स्त्रोत</u> :

पॉलिसैक्राइड : शर्करा पर आधारित बॉयोपॉलिमर में प्रमुख स्टार्च और सेलूलोज हैं। साथ ही जैथांन, कर्डलान, पुलुलान और Hyaluronic acid पर भी ध्यान दिया जा रहा है।

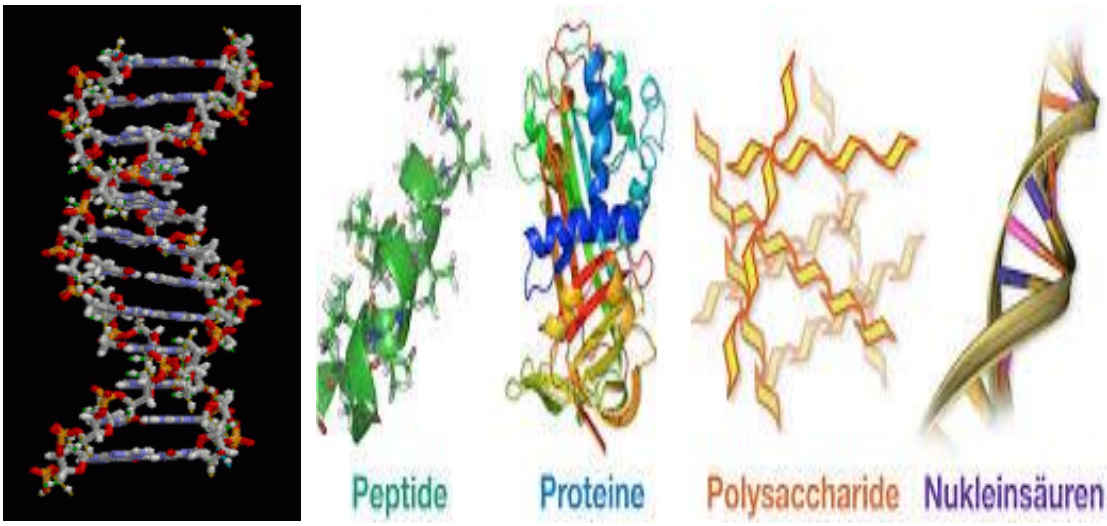
काइटिन और काइटोसन : काइटिन केकड़ों, प्रिम्प, लाबस्टरों और कीटों में खोलों में पाया जाने वाला पदार्थ है जिसके तंतुओं का प्रयोग कृत्रिम त्वचा और अवशोषी टांके बनाने में किया जाता है। अपने जलसंग्रही और नमीकरण गुणों के कारण ये कॉस्मेटिक उद्योग में भी उपयोगी है जैसे N-Carbonymethyl Chitosan, Carboxybutyl Chintosan। साथ ही औषधि वाहकों के रूप में भी काम में लाये जाते हैं।

आल्जिनिक एसिड (Alginic Acid) : डाईवैलेंट ऋणात्मक आयनों की उपस्थिति में जेल बनाने की क्षमता के कारण आल्जिनोटो का विस्तार से अध्ययन कर औषधि वाहकों के रूप में व्यापक प्रयोग है। साथ ही विभिन्न भ्मतइपबमकमे सूक्ष्मजीवाणुओं और कोशिकाओं के कैप्सूल बनाने के लिये उपयोग में लाया जाता है।

पॉलीपैप्टाईडः ये प्रोटीन सामान्यतः न तो घुलनशील होते हैं और न ही बिना अवक्रमित हुए गलाए जा सकते हैं। अतः ये अपने प्राकृतिक रूप में जैसे ऊन, रेशम, कोलॉजन आदि इस्तेमाल होते हैं।

जिलेटिन : यह एक पशुजन्य प्रोटीन है जो विभिन्न एंजाइमों द्वारा जल विघटित होकर जैवअवक्रमण हेतु उपयुक्त हैं। इसके व्यापक औद्योगिक, औषधिक व जैव चिकित्सीय प्रयोग हैं।

पॉलिऐस्टर : बैक्टीरिया द्वारा उत्पादित होते हैं और किण्वन प्रक्रियाओं के माध्यम से बड़े पैमाने पर व्यवसायिक रूप से किया जाता है। ये जैव चिकित्सा अनुप्रयोगों में उपयोग किए जाते हैं।



➢ **जैव अवक्रमण की पद्धतियां** :

जैव वैज्ञानिक के रूप में बैक्टीरिया, फफूंद (कवक) और उनके एंजाइम किसी भी पदार्थ का आहार स्त्रोत के रूप में उपभोग करते हैं जिससे उस पदार्थ का मूल रूप अदृश्य हो जाता है। नमी, तापमान व ऑक्सीजन की उपलब्धि की दशा में यह प्रक्रिया तेज हो सकती है। प्राकृतिक (Natural) और संम्लेषित (synthetic) पॉलीमर के जैवअवक्रमण में दो प्रकार के सूक्ष्मजीवाणु प्रमुख हैं – बैक्टीरिया व फफूंद

1 **बैक्टीरिया** : एक तरह के बैक्टीरिया शिजोमाइसिटीज पॉलीमरों के अपक्षयन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इनका अवक्रमणात्मक प्रभाव भी मुख्यतः एजांइम के उत्पादन और उसके फलस्वरूप पोषक पदार्थों की प्राप्ति हेतु जीवनहीन यौगिक का विघटन का परिणाम है। मिट्टी में उपस्थित ये बैक्टीरिया पदार्थों के अवक्रमण में मुख्य कारक हैं। सेलूलोज आधारित पदार्थों इससे विशेष प्रभावित होते हैं।

2 **फफूंद/कवक** : यूमीसाईट या शाश्वत्, कवक पदार्थों के अवक्रमण में विशेष प्रभावी है। शाश्वत् कवक सर्वव्यापी है। इनका क्षयकारक एजेंट के रूप में काफी महत्व है क्योंकि इनके द्वारा उत्पन्न एंजाइम, पॉलीमर संरचनाओं में उपस्थित पोषक पदार्थों को प्राप्त करने के लिए जीवविहीन यौगिकों का विघटन करते हैं। सही तापमान उच्च आर्द्रता व पोषक तत्वों की उपस्थिति इनके सही विकास और अवक्रमात्मक गतिविधि के लिये आवश्यक है।

➢ **जैव बहुलक का उपयेाग** :

जैवबहुलक या जैवअवक्रमणीय पॉलीमरों के उपयोग तीन मुख्य क्षेत्रों में उल्लेखनीय है – चिकित्सा, कृषि और उपभोक्ता सामान की पैकेजिंग। इनमें से कुछ वाणिज्यिक उत्पादनों में परिणित हुए हैं। उनकी विशिष्ट प्रकृति और अधिक इकाई मूल्य के कारण चिकित्सीय उपकरण प्रयोग सबसे अधिक विकसित हुए हैं। साथ ही इलैक्ट्रॉनिक्स, फोटोनिक्स, एयरोस्पेस, आयुर्विज्ञान व फार्मेसी, आहार व कृषि, पैकेजिंग आदि अन्य क्षेत्र हैं जहाँ इनका सुनहरा भविष्य है। कुछ जैवपॉलीमर जैसे पॉलिलैक्टिक एसिड (पीएलए), प्राकृतिक ज़ेन और पॉलि–3–हाइड्राक्सीबुट्रियेट पॉलिस्ट्रीन या पॉलिइथाइलिन आधारित प्लास्टिकों के स्थान पर, प्लास्टिकों की तरह प्रयोग में लाए जा सकते हैं। प्रकाश या हवा से विघटित होने वाले आक्सी या यूवी अवक्रमणीय प्लास्टिक कहलाते हैं। ये प्लास्टिक 98 प्रतिशत तक तेल पर आधारित हैं और अभी इनके जैवअवक्रमणीय होने का प्रमाण नहीं है।

1. **पैकेजिंग** : जैवपॉलिमरों से कई प्रकार की पैकेजिंग बनाई जा सकती है जैसे भोजन की थालियाँ, भंगुर सामग्री को जहाज से भेजने के लिये फुलाए हुए स्टार्च के पेलेट (pellets), महीन फिल्में आदि। पैकेजिंग पॉलिमरों के भौतिक गुण पॉलिमरों की रसायनिक संरचना अणुभार व प्रोसेसिंग की दशाओं से प्रभावित होते हैं। ये भौतिक गुण किस प्रकार वस्तु की पैकेजिंग, बाद में रखे जाने वाले वातावरण के हिसाब से पभावित होते हैं। अधिक समय तक शीतल रखे जाने

पदार्थों की विशेष पैकेजिंग, न खराब होने वाले सामानों की बनिस्बत भोजन की वस्तुओं के लिए पैकेजिंग आवश्यकताएँ अधिक सख्त होती हैं।

जैवअवक्रमणीय पैकेजिंग के विकास में शाश्वत जैवअवक्रमणशील पॉलीमरों को संयुक्त कर ऐसी लेमिनेट फिल्म बनाना एक चुनौती है जिसके गुण संप्लेषित लैमिनेटों जितने अच्छे हों।

स्टार्च, पुलुलान और काइटोखन (Chitosan) जैव पॉलीमरों को संभावित कोटिंग की वस्तुओं या पैकेजिंग फिल्मों की तरह प्रयोग किया जा रहा है। पीएलए पर आधारित पैकेजिंग में आहार की थैलियों, डायपर बैकिग, सिक्स पैक रिंग, कचरे की थैलियाँ, फास्ट फूड डिब्बे शामिल हैं।

2. **चिकित्सा विज्ञान** : जैवअवक्रमणीय प्लास्टिकों को रक्तनलिका और आर्थोपैडिक शल्य चिकित्सा में सर्जिकल इम्प्लाटों के रूप में, शरीर में औषधियों के नियंत्रित दोर्घकालिक निस्तार हेतु रोपणयोग्य मैट्रिसों के रूप में विकसित किया गया है। साथ ही अवशोषणशील सर्जिकल टांकों के रूप में और आंखों में प्रयोग के लिए विकसित किया गया है। जैवअनुकूलता यानि किसी वस्तु की विशिष्ट प्रयोग के प्रति उसकी उचित प्रक्रिया के साथ काम करने की क्षमता है। जैववस्तुओं की जैवअनुकूलता के हिसाब से इनको निम्न रूप से इस्तेमाल किया जा सकता है –

क) रोगग्रस्त ऊतकों के स्थान पर (जोड़ों का विस्थापन, हृदय के कृत्रिम कपाट (Artificial Valve) और धमनियाँ, दाँत का पुनर्निमाण, अंतर्अक्षीय लैंस आदि)।

ख) ऊतकों की मरम्मत में सहायता जैसे स्नायुओं की मरम्मत, अस्थि भंग प्लेटें।

ग) मुख्य अवयवों के कार्यों को विस्थापित करना जैसे रक्त अपोहन (गुर्दों के कार्य के स्थान पर), ऑक्सीजनीकरण (फेफड़े), द्रवनिवेशन (यकृत), इंसुलिन प्रतिपादन (अग्न्याशय)।

घ) शरीर में **औषधियों के प्रतिपादन** में होने वाली समस्याओं के अनेक संभावित हलों में नियंत्रित औषधि प्रतिपादन तंत्र है। एक प्रमुख तरीके में औषधि एक पॉलीमर झिल्ली मे ंरखी जाती है या पॉलिमर मैट्रिक्स में कैप्सूलीकृत की हुई होती है, जिससे आरोपण के बाद औषधि ऊतकों में फैल

जाती है। पीएलए, पॉली ऑर्थो एस्टर, इस कार्य में प्रयोग में आने वाले प्रमुख जैव बहुलक हैं। कुछ घुलनशील पॉलीमरों को औषधियों के वाहकों के रूप में प्रयोग किया जा सकता है।

ङ) **कृत्रिम त्वचा**/जैवअवक्रमणशील पॉलिमर से बनी त्वचा विस्थापक या जख्म पर लगाने की ड्रसिगों का विकास किया गया है। कोलाजन, काईटिन, पॉलील्यूसीन जैसे एंजाइमों द्वारा अवक्रमणीय पॉलिमरों का प्रयोग किया गया है। हाईब्रिड कृत्रिम त्वचाओं का विकास जैवचिकित्सीय इंजीनियरिंग का एक महत्वपूर्ण लक्ष्य है।

3. **कृषि** : 1930 – 1940 के दशकों में ग्रीन हाउस आवरण, धुंआकरण और खाद बनाने के लिये प्लास्टिक फिल्मों के प्रयोग के बाद से पॉलिमरों के कृषि संबंधी उपयोगों में भारी वृद्धि हुई है। अवक्रमणीय प्लॉस्टिक कृषि संबंधी मल्चों और कृषि रोपण पात्रों के रूप में काम आते हैं। जैवबहुलक आजकल कीटनाशकों और पोषकों के नियंत्रित विमोचन, मिट्टी की कंडीनशिंग, बीजों की कोटिंग, जेल प्लांटिग और पौधों की रक्षा के काम में प्रयोग किया जाता है।

बायोपॉलीमर अक्षय, टिकाऊ होते हैं और कार्बन के प्रति तटस्थ हो सकते हैं। ये अक्षय हैं क्योंकि वे वनस्पति पदार्थों से बनते हैं जिन्हें अनवरत् हर वर्ष उगाया जा सकता है। ऐसे वनस्पति पदार्थ कृषिक गैर खाद्य फसल से उत्पन्न होते हैं। इसलिये इन बॉयोपॉलीमरों का प्रयोग एक स्थायी उद्योग का निर्माण कर सकता है। साथ ही कम कार्बन उत्सर्जन के कारण ये वातावरण में CO_2 की मात्रा में कमी ला सकते है। ऐसा इसलिये संभव है क्योंकि उनके अवक्रमणीकरण के समय उत्सर्जित ब्$_2$ उनके स्थान पर उगाई गई फसलों द्वारा अवशोषित कर ली जाती है जिससे वे कार्बन के प्रति तटस्थ हो जाते हैं।

सन्दर्भ

1. Mohanty, A.K., et al., **Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites** (CRC Press, 2005)
2. Chandra, R., and Rustgi, R., "Biodegradable Polymers", Progress in Polymer Science, Vol. 23, p. 1273 (1998)
3. Meyers, M.A., et al., "Biological Materials: Structure & Mechanical Properties", Progress in Materials Science, Vol. 53, p. 1 (2008)
4. Kumar, A., et al., "Smart Polymers: Physical Forms & Bioengineering Applications", Progress in Polymer Science, Vol. 32, p.1205 (2007)
5. Billmeyer, Fred W. Jr. Text Book of Polymer Science
6. Arora, M.G. Singh M.,. Yadav M.S, Polymer Chemistry
7. Young R.J., Lovell P.A. , Introduction to Polymers – II Edition
8. Plackett David ,Biopolymers: New Materials for Sustainable Films and Coatings

9. https://en.wikipedia.org/wiki/biopolymer
10. www.chemistrylearner.com/biopolymer.html
11. www.sciencedirect.com/topics/...genetics.../biopolymer