खण्ड-10, अंक-1, वर्ष-2022, मु0प्र0 172-176
D.O.I.: https://doi.org/10.22445/avsp.v10i1.29
SJIF (2021) : 7.247

वैज्ञानिक आलेख

Biodegradable Polymers: polymers of future

Meet Kamal[1] and D. K. Awasthi[2]
[1]Department of Chemistry, Christ Church College, Kanpur-209 801, U.P., India
[2]Department of Chemistry, S.J.N.M. P.G. College, Lucknow-226 001, U.P., India
meetk_dwi@yahoo.co.in

Received: 10-07-2022, Accepted: 12-10-2022

Abstract- Biodegradable polymers are also developed by the amalgamation of individual components to create a new material. For example, starch and polyolefins can be blended to create biodegradable packaging. The synthesis process requires either cast or blown film. The polyolefins aid in improving the mechanical properties of the biodegradable material while high amounts of starch - as much as 60% in mass concentration- are used to fashion the material into something biodegradable. Demand for biodegradable polymers has been rising as a result of environmental concerns regarding the use of nonrenewable materials. Styrofoam and other plastics are among the most produced materials used for packaging and other applications. Such materials cause land and water pollution and have been linked in some studies to health problems in humans and animals. In order to solve these issues, scientists and engineers are diligently innovating and creating new biodegradable polymers. They are widely used in different fields and applications, such as packaging, agriculture, and healthcare. Different kinds of materials used to develop biodegradable polymers are being researched and tested by scientists and engineers to evaluate their effectiveness, safety, and environmental sustainability. Biodegradable polymers are being integrated into society and becoming a norm in plastic packaging that promotes a healthy, sustainable lifestyle. Indeed, it is becoming the next big thing: The market size of biodegradable plastics is expected to grow to $6.12 billion by 2023, according to a business report from Markets.

Key words- Biodegradable polymers, polyolephin, styrophome, starch, environmental stability

बायोडिग्रेडेबल पॉलिमरः भविष्य के पॉलिमर

मीत कमल[1] एवं डी.के. अवस्थी[2]
[1]रसायन विज्ञान विभाग, क्राइस्ट चर्च कॉलेज, कानपुर–209 801, उ0प्र0, भारत
[2]रसायन विज्ञान विभाग, एस.जे.एन.एम. पी.जी. कॉलेज, लखनऊ–226 001, उ0प्र0, भारत
meetk_dwi@yahoo.co.in

सार– एक नई सामग्री बनाने के लिए अलग–अलग घटकों के सम्मेलन द्वारा बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर भी विकसित किए जाते हैं। उदाहरण के लिए, बायोडिग्रेडेबल पैकेजिंग बनाने के लिए स्टार्च और पॉलीओलेफिन को मिश्रित किया जा सकता है। संश्लेषण प्रक्रिया के लिए या तो कास्ट या नलिकीय फिल्म की आवश्यकता होती है। पॉलीओलेफिन बायोडिग्रेडेबल सामग्री के यांत्रिक गुणों में सुधार करने में सहायता करते हैं जबकि स्टार्च की उच्च मात्रा – द्रव्यमान एकाग्रता में 60% तक – सामग्री को किसी बायोडिग्रेडेबल में फैशन करने के लिए उपयोग किया जाता है। गैर–नवीकरणीय सामग्रियों के उपयोग के संबंध में पर्यावरणीय चिंताओं के परिणामस्वरूप बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर की मांग बढ़ रही है। स्टायरोफोम और अन्य प्लास्टिक पैकेजिंग और अन्य अनुप्रयोगों के लिए उपयोग की जाने वाली सबसे अधिक उत्पादित सामग्री में से हैं। ऐसी सामग्री भूमि और जल प्रदूषण का कारण बनती है और कुछ अध्ययनों में मनुष्यों और जानवरों में स्वास्थ्य समस्याओं से जुड़ी हुई है। इन मुद्दों को हल करने के लिए, वैज्ञानिक और अभियंता लगन से नवाचार कर रहे हैं और नए बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर बना रहे हैं। वे पैकेजिंग, कृषि और स्वास्थ्य देखभाल जैसे विभिन्न क्षेत्रों और अनुप्रयोगों में व्यापक रूप से उपयोग किए जाते हैं। बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर विकसित करने के लिए उपयोग की जाने वाली विभिन्न प्रकार की सामग्रियों का वैज्ञानिकों और इंजीनियरों द्वारा उनकी प्रभावशीलता, सुरक्षा और पर्यावरणीय स्थिरता का मूल्यांकन करने के लिए शोध और परीक्षण किया जा रहा है। बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर को समाज में एकीकृत किया जा रहा है और प्लास्टिक पैकेजिंग में एक आदर्श बन रहा है जो एक स्वस्थ, टिकाऊ जीवन शैली को

बढ़ावा देता है। वास्तव में, यह अगली बड़ी बात बन रही है। बाजार की एक व्यावसायिक रिपोर्ट के अनुसार, बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक का बाजार आकार 2023 तक 6.12 बिलियन डॉलर तक बढ़ने की उम्मीद है।

बीज शब्द– बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर, पॉलीओलेफिन, स्टायरोफोम, स्टार्च, पर्यावरणीय स्थिरता

1. **परिचय**– नए बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर विकसित करते समय, शोधकर्ता सामग्री के बायोडिग्रेडेबल व्यवहार और रोगाणुरोधी गतिविधि पर विचार करते हैं। बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर बनाने के लिए उपयोग की जाने वाली विभिन्न प्रकार की सामग्रियों को विभिन्न प्रक्रियाओं के माध्यम से बनाया जाता है। उदाहरण के लिए, पॉलीलैक्टिक एसिड (पीएलए) एक बायोडिग्रेडेबल पॉलिएस्टर है जो लैक्टिक एसिड से अक्षय फसलों, जैसे मकई और चुकंदर के किण्वन की प्रक्रिया के माध्यम से बनाया जाता है। पॉलीकैप्रोलैक्टोन (पीसीएल), एक अन्य सामग्री जिसका अक्सर उपयोग किया जाता है, एक बायोडिग्रेडेबल पॉलिएस्टर है जिसमें अच्छी थर्मल प्रोसेसेबिलिटी, कम गलनांक और कम चिपचिपाहट होती है जिसे Ɛ–कैप्रोलैक्टोन के पोलीमराइजेशन के माध्यम से संश्लेषित किया जाता है। तनाव प्रतिरोध और आसंजन को बढ़ाने के लिए पीसीएल को आमतौर पर अन्य पॉलिमर के साथ मिश्रित किया जाता है। बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर को विकसित करने के लिए प्रयोग की जाने वाली अन्य सामग्रियों में पॉलीहाइड्रोक्सीकैनोएट्स (पीएचए) और पॉलीहाइड्रॉक्सी ब्यूटिरेट (पीएचबी) सम्मिलित हैं। ये सामग्रियां आमतौर पर खाद्य पैकेजिंग में पाई जाती हैं। पर्यावरण संबंधी चिंताएं बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक की प्रोफाइल को बढ़ा रही हैं, जिसके 2023 तक बाजार के आकार में 6 बिलियन डॉलर से अधिक तक बढ़ने का अनुमान है। जैसे–जैसे शोधकर्ता नई सामग्री विकसित करना और गुणों में सुधार करना जारी रखते हैं, बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर खाद्य पैकेजिंग से लेकर चिकित्सा उपकरणों तक हर चीज में क्रांति लाने के लिए तैयार हैं। एक नई सामग्री बनाने के लिए अलग–अलग घटकों के समामेलन द्वारा बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर भी विकसित किए जाते हैं। उदाहरण के लिए, बायोडिग्रेडेबल पैकेजिंग बनाने के लिए स्टार्च और पॉलीओलेफिन को मिश्रित किया जा सकता है। संश्लेषण प्रक्रिया के लिए या तो कास्ट या ब्लो फिल्म की आवश्यकता होती है। पॉलीओलेफिन बायोडिग्रेडेबल सामग्री के यांत्रिक गुणों में सुधार करने में सहायता करते हैं जबकि स्टार्च की उच्च मात्रा द्रव्यमान एकाग्रता में 60% तक सामग्री को किसी बायोडिग्रेडेबल में फैशन करने के लिए उपयोग किया जाता है।

बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर में उपयोग की जाने वाली एक अन्य प्रमुख सामग्री सेल्यूलोज है, जो एक प्राकृतिक, बायोबेस्ड पॉलीमर है जो पेड़ों और पौधों से प्राप्त होता है। यह वांछनीय तन्यता ताकत और बढ़ाव गुणों के साथ एक जटिल बहुलक है। इसके अलावा, एक पर्याप्त बायोडिग्रेडेबल सामग्री बनाने के लिए सेलूलोज को अन्य पॉलिमर के साथ मिश्रित किया जा सकता है। नवीनतम विकास में स्पष्ट रूप से बेहतर प्रदर्शन और गुणों के साथ जैव आधारित पॉलिमर सम्मिलित हैं। नेचर वर्क्स एलएलसी ने बेहतर थर्मल और मैकेनिकल गुणों के साथ नए पीएलए विकसित किए हैं। अन्य विकासों में नए पॉलीएमाइड्स, पॉलीएस्टर और पीएलए सम्मिलित हैं जिनके गुणों में मौजूदा बायोबेड पॉलिमर की तुलना में एक अलग अंतर है।[1–19]

2. **बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर में रोगाणुरोधी प्रौद्योगिकी को एकीकृत करना**– बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर के विविध समूह बनाने के लिए विभिन्न प्रकार की सामग्रियों और तकनीकों का उपयोग किया जाता है। पारंपरिक पॉलिमर पेट्रोलियम संसाधनों से बनाए जाते हैं, जो उन्हें क्षरण के लिए प्रतिरोधी बनाते हैं। बायोडिग्रेडेबल बायोमैटिरियल्स ने उन्हें बनाने के लिए उपयोग किए जाने वाले पदार्थों और विशिष्ट बायोमेडिकल अनुप्रयोगों के लिए कुछ गुणों के साथ पॉलिमर के संश्लेषण में प्रगति की है, जैसा कि ड्रग डिजाइन, डेवलपमेंट एंड थेरेपी में प्रकाशित ''बायोडिग्रेडेबल पॉलीमेरिक सामग्री के बायोमेडिकल अनुप्रयोगों के लिए वर्तमान विकास'' में उल्लेख किया गया है। बायोडिग्रेडेबल बायोमैटीरियल्स अनुसंधान और विकास का अस्थायी प्रोस्थेटिक्स, ऊतक इंजीनियरिंग के लिए 3 डी झरझरा मचान और दवा–वितरण प्रणाली पर प्रभाव पड़ा है।

बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर रोगाणुरोधी तकनीक को भी सम्मिलित कर सकते हैं। रोगाणुरोधी खाद्य पैकेजिंग संरक्षण का विस्तार करती है और उत्पाद को लंबी शेल्फ लाइफ प्रदान करती है। पैकेजिंग यौगिकों में जैव सक्रिय एजेंटों को जोड़कर रोगाणुरोधी पैकेजिंग का उत्पादन किया जाता है। बायोएक्टिव एजेंटों को पैकेज की सतह को कोटिंग करके या एंटीमाइक्रोबायल पॉलिमर का उपयोग करके एक फिल्म बनाकर लागू किया जाता है। बायोएक्टिव एजेंटों का उपयोग पहले बताई गई सामग्री, जैसे पीएलए, पीएचबी और स्टार्च के साथ किया जा सकता है। बायोबेस्ड पॉलिमर वर्तमान में मौजूदा पॉलिमर के विकल्प के लिए अनुसंधान और विकास में चलन में हैं। शोधकर्ता नई सामग्रियों में शोध कर रहे हैं जिनका निर्माण पेट्रोलियम आधारित पॉलिमर के उपयोग को ऑफसेट करने के लिए किया जा सकता है। बायोबेस्ड पॉलिमर अक्षय संसाधनों से युक्त होते हैं। ये पॉलिमर वर्तमान में प्लास्टिक बाजार का एक छोटा अंश – 1% से भी कम रखते हैं। बायोबैड पॉलिमर बैक्टीरिया किण्वन प्रक्रिया के माध्यम से तैयार किए जाते हैं, जो कृषि फसलों, फैटी एसिड, लिग्नो–सेल्युलोसिक बायोमास और जैविक कचरे से प्राप्त अक्षय स्रोतों से मोनोमर्स को संश्लेषित करता है। प्राकृतिक जैव आधारित बहुलक आंतरिक रूप से विभिन्न प्रोटीनों और कोलेजन जैसे न्यूक्लिक एसिड में पाए जाते हैं।

बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर के सुधार में, कमजोर यांत्रिक गुणों, कम विद्युत और थर्मल गुणों, और संकीर्ण प्रसंस्करण खिड़कियों जैसे डाउनसाइड्स से निपटने की आवश्यकता है। एक संभावना है कि उन्हें नैनोफिलर्स के साथ मिश्रित किया जाए। सतह क्षेत्र और सामग्री के पहलू अनुपात के आधार पर कंपोजिट के विभिन्न अनुप्रयोग और गुण होते हैं। कंपोजिट पर्यावरण के अनुकूल रहते हुए बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर के गुणों को बढ़ाते हैं। बायोडिग्रेडेबल मिश्रित सामग्री में विभिन्न अनुप्रयोग होते हैं, जैसे कृत्रिम जोड़, दवा–वितरण प्रणाली, बायोफिल्म और खाद्य पैकेजिंग। पॉलिमर के प्राकृतिक फाइबर को बढ़ाने के साथ–साथ उनके समग्र प्रदर्शन और स्थायित्व में सुधार के लिए बायोबेड हाइब्रिड नैनोकम्पोजिट्स का उपयोग बायोबेड पॉलिमर के साथ किया जाता है। प्लास्टिक उद्योग में नवीनतम प्रत्याशित सफलताओं में जेनेरिक प्लास्टिक के साथ प्रतिस्पर्धा करने के लिए अपनी ताकत और स्थायित्व को बनाए रखते हुए प्लास्टिक को अधिक बायोडिग्रेडेबल बनाना सम्मिलित है। एक निरंतर विकास सिंथेटिक–बेस पॉलीमर से बने बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक पर केंद्रित है, जैसे कि पॉलीलैक्टिक एसिड और पॉलीकैप्रोलैक्टोन, अतिरिक्त संश्लेषित चयनित नैनोपार्टिकल स्टार्च के साथ। स्टार्च एक बहुमुखी सामग्री है जिसका संभावित रूप से बहुलक प्रौद्योगिकी में सिंथेटिक पॉलिमर का उत्पादन करने और किण्वन प्रक्रिया के माध्यम से बायोपॉलिमर बनाने के लिए उपयोग किया जा सकता है। जब विभिन्न सामग्रियों के साथ मिश्रित और जिलेटिनीकृत किया जाता है, तो स्टार्च अलग–अलग गुण बनाता है, जैसे कि बाइंडेबिलिटी और जेल–क्षमता, जो अनुप्रयोगों की एक सरणी के लिए एक वरदान है, साथ ही साथ बायोडिग्रेडेशन के लिए एक संपत्ति है।

3. **हल्के वजन से लेकर सक्रिय खाद्य पैकेजिंग तक**– बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक स्पेस में ऑटोमोटिव अनुप्रयोगों में धातु प्रतिस्थापन एक और चर्चा का विषय है। इंजीनियर बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक के पुर्जे हल्के वजन में योगदान करते हैं, जिससे ईंधन की खपत कम होती है। कपड़ा और उपभोक्ता सामान जैसे अन्य क्षेत्र भी बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक का उपयोग करते हैं। बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक का उत्पादन निरंतर बढ़ रहा है। 2023 तक अनुमानित 2.6 मिलियन टन का उत्पादन होने का अनुमान है (जिसमें से 65 प्रतिशत का उपयोग पैकेजिंग के लिए किया जाना है)। यह भी अनुमान है कि 2023 तक पॉलीइथाइलीन फुरानोएट को बाजार में पेश किया जाएगा, जो पेय की बोतलों के लिए जैव आधारित प्लास्टिक में नई नवीनता बन सकता है।

सक्रिय खाद्य पैकेजिंग के लिए बायोडिग्रेडेबल फिल्म और कोटिंग्स भी विकसित की जा रही है। फिल्मों और कोटिंग्स के लिए आवश्यक तेल यौगिकों पर शोध किया जा रहा है। आवश्यक तेलों में अनुसंधान अन्य प्राकृतिक योजकों में रुचि पैदा कर रहा है। उदाहरण के लिए, बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक में सेलूलोज एसीटेट की प्रभावशीलता का अध्ययन किया गया है, जिसमें सामग्री की ताकत, प्रतिरोध, मोल्डबिलिटी, फैब्रिकेशन बहुमुखी प्रतिभा और विद्युत चालकता सम्मिलित है। बायोडिग्रेडेशन परीक्षण यह पता लगाने के लिए किए गए थे कि सेल्यूलोज एसीटेट सन फाइबर और कपास लिंटर्स में बायोडिग्रेडेशन में कैसे मदद करेगा।

परीक्षण के परिणाम बताते हैं कि सेल्युलोज एसीटेट समय के साथ वजन कम करता है, विभिन्न तापमानों में दो सप्ताह में अपने वजन का लगभग 32 से 41% कम कर देता है। इन परिणामों से यह निष्कर्ष निकलता है कि सन फाइबर और कॉटन लिंटर दोनों में सेल्यूलोज एसीटेट थर्मोफिलिक सूक्ष्मजीवों द्वारा बायोडिग्रेडेबल है। सेल्युलोज एसीटेट का उपयोग फोटोग्राफिक फिल्मों, निस्पंदन झिल्ली और फाइबर बनाने के लिए भी किया जाता है, जो आगे बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक के विकास में इसकी कार्यक्षमता को प्रदर्शित करता है। इसके अतिरिक्त, सिंथेटिक पॉलीमर–सिरेमिक कंपोजिट पर बायोमेडिकल अनुप्रयोगों में उनके उपयोग के लिए शोध किया गया है, विशेष रूप से हड्डी से संबंधित रोगों और विकारों के उपचार के लिए। इस प्रकार के अनुप्रयोग के लिए सिरेमिक एक प्राकृतिक फिट हैं क्योंकि उनकी जैव–रासायनिकता और निर्माण जो हड्डी के समान है। सिंथेटिक पॉलिमर को इसलिए चुना गया क्योंकि कोलेजन जैसे प्राकृतिक पॉलिमर ने अस्थिरता और सबपर बायोडिग्रेडेबिलिटी जैसे मुद्दों को दिखाया है। स्टीरियोलिथोग्राफी, सेलेक्टिव लेजर सिंटरिंग (एसएलएस), और बायोप्रिंटिंग जैसी विभिन्न योगात्मक निर्माण विधियों का उपयोग ऐसे कंपोजिट के उत्पादन के लिए किया जा सकता है जो इम्प्लांट के रूप में या हड्डी से संबंधित बीमारियों के उपचार के लिए कार्य कर सकते हैं। हालाँकि, विशिष्ट विधि मिश्रित सामग्री के विनिर्देशों पर निर्भर है।

4. **बायोडिग्रेडेबिलिटी पॉलिमर इलेक्ट्रोलाइट प्रदर्शन में सुधार करती है**– हाल के अध्ययनों से पता चला है कि पॉलिमर इलेक्ट्रोलाइट्स के निर्माण में बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर के उपयोग के परिणामस्वरूप गैर–बायोडिग्रेडेबल समकक्षों की तुलना में उच्च प्रदर्शन क्षमताएं होती हैं। ठोस इलेक्ट्रोलाइट्स की इन बेहतर क्षमताओं में आयनिक चालकता और स्थिरता सम्मिलित है। पतली फिल्म बहुलक एक सामान्य विलायक में एक बहुलक समाधान और नमक समाधान के मिश्रण से निर्मित होता है, इसके बाद एडिटिव्स के साथ मिश्रण और बाद में विलायक का वाष्पीकरण होता है। इलेक्ट्रोलाइट्स की आयनिक चालकता और यांत्रिक गुण कई कारकों से प्रभावित होते हैं, जिनमें से उपयोग किए जाने वाले पॉलिमर के प्रकार और आयनिक लवण की विविधता लागू होती है। पॉलिमर को सम्मिश्रण करके, एक सामग्री इलेक्ट्रोलाइट की एक विशिष्ट संपत्ति की अनुमति देती है जबकि दूसरी एक अलग संपत्ति को सक्षम करती है, जैसे आयन परिवहन और यांत्रिक शक्ति।

बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर पर आधारित एक नया उत्पाद आवश्यक खनिजों को जोड़ते हुए पीने के पानी को फिल्टर करता है। दोहरी विशेषता पानी को शुद्ध करती है और इसे खनिजों और लवणों के साथ पूरक करती है, जिससे पानी प्रारंभ में उपलब्ध न होने पर भी प्रमुख पोषक तत्व प्रदान करने में सक्षम होता है। फिल्टर झिल्ली दो परतों से बनी होती है। छानने के लिए एक छिद्रयुक्त परत बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर से बनाई जाती है। फाइबर कंपोजिट से बनी दूसरी परत में लवण और खनिज मिलते हैं। फाइबर विशिष्ट पौधों, जैसे केला और पालक से बनाए जाते हैं, जिन्हें पोषण संबंधी आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए उनके खनिज और नमक सामग्री के आधार पर चुना जाता है। बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक में चल रहे शोध बायोडिग्रेडेबल नैनोकम्पोजिट्स के विभिन्न क्रमपरिवर्तन की खोज कर रहे हैं जिन्हें उद्योग में नियोजित किया जा सकता है और बेहतर यांत्रिक और पृथक्करण गुणों के साथ नए बायोडिग्रेडेबल नैनोकम्पोजिट्स का विकास और जो गर्म तापमान का सामना कर सकते हैं।

नैनोफिलर बायोडिग्रेडेबल मिश्रित सामग्री को संश्लेषित करने के लिए उपयोग की जाने वाली विधियों के साथ शोध किया जा रहा है। नैनोफिलर–समग्र सामग्री तैयार करने के लिए उपयोग की जाने वाली विभिन्न विधियां उन सामग्रियों पर निर्भर करती हैं जिनका उपयोग नैनोफिलर के रूप में किया जा रहा है। उदाहरण के लिए, नैनोसेल्यूलोज बायोडिग्रेडेबल कंपोजिट सॉल्वेंट कास्टिंग और मेल्ट प्रोसेसिंग से गुजरते हैं, जो पॉलिमर में नैनोसेल्यूलोज को जोड़ने में मदद करता है। विधि उपयोग किए जाने वाले बहुलक के प्रकार को निर्धारित करेगी। सॉल्वेंट कास्टिंग पानी में घुलनशील पॉलिमर, पॉलिमर इमल्शन और पानी में अघुलनशील पॉलिमर का उपयोग करता है। पिघला हुआ प्रसंस्करण आमतौर पर एक मशीन में प्लास्टिसाइज्ड सामग्री जोड़कर सामग्री को पिघलाने के लिए उपयोग किया जाता है। नैनोक्ले–बायोडिग्रेडेबल कंपोजिट बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक में लागू होने वाली एक अन्य सामग्री है। नैनोक्ले–बायोडिग्रेडेबल को संश्लेषित करने के लिए उपयोग की जाने वाली विधियाँ बहुलक समाधान एम्बेडिंग, इन–सीटू पोलीमराइजेशन और पिघल एम्बेडिंग हैं। कार्बन नैनोट्यूब को नैनोफिलर्स के एक कार्य के रूप में भी खोजा जाता है। कार्बन नैनोट्यूब आणविक संरचना और प्रसार की डिग्री को प्रभावित करके बायोडिग्रेडेबल कंपोजिट को बढ़ाते हैं। जब कार्बन नैनोट्यूब समान रूप से फैल जाते हैं, तो कंपोजिट मजबूत और अधिक टिकाऊ हो सकते हैं।

5. **निष्कर्ष**– बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक में लोगों के जीवन जीने के तरीके को बदलने की एक रोमांचक क्षमता है। बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर खाद्य पैकेजिंग से परे जा सकते हैं तथा फर्नीचर, बैटरी, टूथब्रश, डायपर, फोन, कंप्यूटर आदि में क्रांति ला सकते हैं। शोधकर्ता बायोडिग्रेडेबल सामग्री विकसित करने में प्रगति करना जारी रखते हैं जो उद्योग और सुरक्षा दिशानिर्देशों का पालन करते हैं और सस्ती, नवीकरणीय हैं, और पर्यावरण के अनुकूल होने के साथ–साथ प्रदर्शन और स्थायित्व के मामले में पारंपरिक प्लास्टिक के साथ प्रतिस्पर्धा कर सकते हैं। विश्व प्रत्येक उत्पाद को बनाने के तरीके में बड़ा बदलाव लाने वाले बायोडिग्रेडेबल पॉलिमर के लिए तत्पर है।

References

1. Arcidiacono, S. and Kaplan, D. L. (1992) Biotechnol Bioeng, vol. 39, p. 281.
2. Arcidiacono, S.; Lombardi, S. I. and Kaplan, D. L. (1989) In: Skjak-Brack G, Anthosen T, Sandford, P. (eds) Chitin and chitosan. Elsevier, London.
3. Ball, D. H.; Wiley, B. J. and Reese, E. T. (1992) Canadian J Microbiol., vol. 38, p. 324.
4. Betlach, M. R.; Capage, M. A.; Doherty, D. H.; Hassler, R. A.; Henderson, N. M.; Vanderslice, R. W.; Marelli, J. D. and Ward, M. B. (1987) Biotechnol., vol 3, p. 35.
5. Bogdansky, S. (1990) In: Chasin M, Langer R (eds) Biodegradable polymers as drug delivery systems. Marcel Dekker, New York
6. Borel, M.; Kergomard, A. and Renard, M. F. (1982) Agr. Biol. Chem., vol. 46, p. 877.
7. Brandi, H.; Gross, R. A.; Lenz, R. W and, Fuller, R. C. (1988) Appl Environ.Microbiol., vol. 54,p. 1977.
8. Buchanan, C. M.; Gardner, R. M. and Komarek, R. J. (1997) J. Appl. Polym. Sci. (in press)
9. Buchanan, C.; Gardner, R.; Komarek, R.; Gedon, S. and White, A. (1993) Biodegradable Materials and Packaging, Technomic Publishers, PA, p. 133.
10. Budwill, K.; Fedorak, P.M. and Page, W. J. (1992) Appl Environ.Microbiol., vol. 58, p. 1398.
11. Burns, J. W.; Cox, S. and Waits, A. E. (1991) US Patent 5, 017, p. 229.

12. Byrom, D. (1992) Biomaterials-novel materials from biological sources, Stockton Press, New York, p. 1.
13. Byrom, D, (1991) Biomaterials-novel materials from biological sources. Stockton Press, New York, p. 333.
14. Byrom, D. (1991) Biomaterials- novel materials from biological sources, Stockton Press, New York, p. 263.
15. Cappello, J.; Crissman, J.; Dorman, M.; Mikolajczak, M.; Textor, G.; Marquet, M. and Ferrari, F. (1990) Biotech.Prog., vol. 6, p. 198.
16. Cottrell, I. W.; Baird, J. K. (1980) Encyclopedia of Chemical Technology, Wiley, New York, pp. 12-45.
17. DeLucca, G. V.; Kezar, H. S. and O'Brien, J. P. (1989) US Patent 4, 833, p. 238.
18. DeLucca, G. V.; Kezar, H. S.; O'Brien, J. P. (1989) US Patent 4, 857, p. 403.
19. DeLucca, G. V.; Pelosi, L. F. and O'Brien, J. P. (1989) US Patent 4, 861, p. 527.
20. Doi, Y.; Kanesawa, Y.; Kunioka, M. and Saito, T. (1990) Macromolecules, vol. 23,p. 26.