

# हरित रसायन विज्ञान के नवीन आयाम

डॉ. टी.वी. वेंकटेश्वरन एवं नवनीत कुमार गुप्ता

हम विज्ञान प्रदत्त जिन वस्तुओं का उपयोग करते हैं उनके निर्माण में रसायन विज्ञान की अहम भूमिका है। असल में रसायन विज्ञान के प्रति यह धारणा रही है कि यह ऐसी प्रयोगशाला में विकसित होता है जो तीखी गंध और धुएं से भरी होगी। जहां कांच की बोतलों में अनेक रसायन भरे होंगे और परखनलियों, फ्लास्कों में कोई रसायन खदबदा रहा होगा। कुछ लोगों के लिए रसायन विज्ञान विषाक्तता का पर्याय है जो ज़हरीले कीटनाशकों, विस्फोटकों के निर्माण में सहायक होता है।

अलबत्ता, हम रसायन उद्योग और उसके उत्पादों से बच नहीं सकते। दवाइयों, लेपों, प्लास्टिक और कपड़े, कागज़, टूथपेस्ट, बच्चों के खिलौने आदि सभी रसायनों से ही बनाए जाते हैं। आधुनिक समय में हम ऐसे विश्व में रह रहे हैं जिसका अधिकतर हिस्सा मानव-निर्मित है। आज हमने रेशम को नायलॉन से, बर्फबक्से को रेफ्रिजरेटर से, पैकिंग में पत्तियों या रद्दी को प्लास्टिक से प्रतिस्थापित कर दिया है। यह रासायनिक उद्योग के विकास से ही संभव हुआ है।

लेकिन औद्योगिकीकरण के हानिकारक प्रभावों के चलते आज प्रदूषण के कारण चारों ओर धुआं, संदूषित मिट्टी, प्रदूषित नदियां इस विकास की दूसरी ही कहानी कहते हैं।

मगर रसायन विज्ञान के इन नकारात्मक प्रभावों के चलते जीवन को आरामदायक बनाने वाली इन सभी वस्तुओं से पीछा छुड़ाना या प्रकृति की शरण में लौटना भी संभव नहीं है। इसलिए रसायनविद विषैले और हानिकारक रसायनों के उपयोग को कम करते हुए हरित रसायन विज्ञान की ओर अग्रसर हुए हैं। पर्यावरणविदों की गतिविधियों एवं अनेक राष्ट्रों में बने नियमों के कारण पूरे विश्व में औद्योगिक रसायन विज्ञान अब पर्यावरण संरक्षण पर ध्यान दे रहा है। साबुन, दवा, शृंगार के साज़ो-सामान जैसे उत्पादों का संश्लेषण हरित रसायन विज्ञान के द्वारा पर्यावरण को न्यूनतम

हानि पहुंचाए बिना किया जाने लगा है।

औषधि निर्माण भी रसायनज्ञों का एक प्रमुख क्षेत्र है। यह क्षेत्र ऐसा है जहां अनेक चरणों में दवाइयों का संश्लेषण होता है और अनेक व्यर्थ पदार्थ भी बड़ी मात्रा में निकलते हैं। उदाहरण के लिए स्नायु-दर्द की दवाइयों का एक आवश्यक घटक प्रिगेबेलिन है। अभी तक इस रसायन को बनाने के लिए विषैले रेने निकल का उपयोग उत्प्रेरक के रूप में किया जाता था। इसके उत्पादन में 10 चरण थे जिसमें 75 प्रतिशत व्यर्थ पदार्थ निकलता था। हानिकारक यौगिक और अपशिष्ट कम से कम बनें, इसके लिए रसायनविदों ने इसके संश्लेषण के लिए नई विधियों का विकास किया जिनमें रेने निकल के स्थान पर दो वनस्पति आधारित एंजाइम्स के उपयोग से प्रिगेबेलिन का निर्माण करना संभव हो गया है। साथ ही संश्लेषण प्रक्रिया के चरणों को घटाकर चार तक लाया गया है। जैव उत्प्रेरक सामान्य ताप पर सक्रिय होते हैं, जिसके चलते ऊर्जा खपत में भी अस्सी प्रतिशत की कमी आएगी। इस प्रकार एक साल में प्रिगेबेलिन के उत्पादन में विलायक की मात्रा में 1.1 करोड़ गैलन, सीएनडीई में 800 टन, मेंडेलिक अम्ल में 1600 टन और निकल में 500 टन की कमी हो सकती है। इस प्रकार हानिकारक रसायनों से बचा जा सकता है और संसाधनों का उपयोग कम किया जा सकता है। हरित रसायन में अंतिम उत्पाद को प्राप्त करने के दौरान अपशिष्टों को न्यूनतम करने के साथ ही सरल अभिक्रिया और वैकल्पिक प्रक्रिया का उपयोग किया जाता है जो पर्यावरण पर कम दबाव डालने वाली प्रक्रिया होती है।

हरित रसायन विज्ञान को अब 'नए रसायन विज्ञान' नाम से भी जाना जाता है। यह परंपरागत रसायन विज्ञान की सभी अवधारणाओं और संकल्पनाओं का उपयोग करता है। हरित रसायन विज्ञान हानिकारक अपशिष्ट पैदा करने वाली प्रक्रियाओं से बचकर औद्योगिक प्रक्रमों को स्वच्छ

और हरित बनाता है। यह वैसा ही है जैसा कि गीले फर्श को बार-बार पोंछने की बजाय टपकने वाले नल को ही बंद कर देना बेहतर होता है।

दूसरी ओर, विकास की प्रक्रिया के कारण बढ़ रहे प्रदूषण पर ध्यान न देने वाले कुछ लोगों की धारणा है कि बिना खोए कुछ पाया नहीं जाता। उनके मुताबिक खतरनाक रसायनों को ठीक करने, खरीदने, व भंडारित करने और पर्यावरण की सुरक्षा के लिए कड़े कानून बनाने तथा विकसित व आर्थिक शक्तियों और बड़े व्यवसायियों को इनका पालन करने को प्रेरित किया जाना चाहिए।

आजकल ऐसे नए अनुसंधानों की बढौलत कम विषैले घटकों से निर्मित उत्पाद, हानिकारक रसायन मुक्त घरेलू स्वच्छता उत्पाद, कृषि उत्पादों से निर्मित कपड़े आदि देखने में आ रहे हैं। रसायनविद ऐसे कीटनाशकों के निर्माण पर ध्यान दे रहे हैं जो सभी कीटों को नुकसान पहुंचाने की बजाय फसल के लिए हानिकारक कीटों पर ही प्रभाव डाले। इसके अलावा दवा उत्पादन प्रक्रिया को कम विषैला बनाने की कोशिशें हो रही हैं।

औद्योगिक रसायन उस खेल की भांति है जिसमें ब्लाकों को व्यवस्थित करके आकृतियां बनाई जाती हैं। रसायनविद ऐसा ही अणु के साथ करके रंग, कठोरता, पारदर्शिता और अन्य गुणों वाले नए पदार्थों का निर्माण करते हैं। औद्योगिक रसायन विज्ञान के विकास के एक दौर में लोग उसके पर्यावरणीय प्रभावों से परिचित नहीं थे। उस समय उत्पादन का पैमाना भी कम था जिससे रसायनों के हानिकारक प्रभाव प्रायः उतने दृष्टिगोचर नहीं होते थे। आरंभिक समय में रसायनविदों द्वारा उपयोग की गई मुख्य कच्ची सामग्री पेट्रोलियम उत्पादों से प्राप्त होती थी। पेट्रोलियम को वांछित उत्पादों के जटिल अणुओं में परिवर्तित करने के लिए अनेक चरणों और हानिकारक अभिकारकों और विलायकों का उपयोग किया जाता है। इसमें वांछित उत्पाद के साथ अनेक अपशिष्ट भी प्राप्त होते हैं। उदाहरण के लिए औषधि उद्योग में एक किलो दवा के निर्माण में 80 किलो अपशिष्ट निकलते हैं।

हरित रसायन विज्ञान द्वारा पौधों और सूक्ष्मजीवों में से

जैव-रासायनिक प्रक्रियाओं द्वारा ऐसे किण्वकों, विलायकों एवं अभिकारकों की पहचान की जाती है जो कम हानिकारक और कम विषैले हों। इस प्रकार हम पेट्रोलियम जैसे जटिल रसायनों से दूर जाते हैं।

किसी ब्यूटी पार्लर में जाकर जब हम बाल घुंघराले करवाते हैं और हमारे बाल स्थायी रूप से घुंघराले किए जाते हैं, तब असल में हेयर ड्रेसर सोडियम थायोग्लायकोलेट जैसे रसायनों का उपयोग करके बालों के बंधों को तोड़कर एवं उन्हें पुनःव्यवस्थित करके घुंघराले बना देता है। रसायन का यह विलयन एक रसायनिक अभिक्रिया के ज़रिए बालों की आंतरिक संरचना में बदलाव लाता है जिसमें बालों के अंदर प्रोटीन शृंखला की कड़ियां टूट जाती हैं। इससे बाल लहरदार, सीधे और मुलायम होने के साथ घुंघराले हो जाते हैं। इस प्रक्रिया में उपयोग किए गए रसायनों के कारण त्वचा को नुकसान भी हो सकता है।

इसके विकल्प के तौर पर थायमीन का उपयोग एक सुरक्षित लेप बनाने में किया जाता है। थायमीन डीएनए के चार क्षारों में से एक है। थायमीन के अणु गहन प्रकाश में एक-दूसरे से जुड़े रहते हैं। लेकिन प्राकृतिक जीव कुछ ऐसे किण्वकों का उत्पादन करते हैं जो थायमीन अणुओं के मध्य के बंधों को तोड़ देते हैं और इसे वापिस मुलायम करते हैं। ये विषैले भी नहीं होते। आप सिलवटों वाले कोट को थायमीन आधारित बहुलकों का उपयोग करके सीधा कर सकते हैं जो प्रकाश में चमकेगा भी। थायमीन को कठोर और स्थिर भी किया जा सकता है। आप इसमें से किण्वकों को निकाल दें तो फिर से यह मुड़कर अपनी आकृति प्राप्त कर लेगा।

एक अनुमान के अनुसार एक लेपटॉप के निर्माण में करीब 3200 लीटर पानी और 160 लीटर जीवाश्म ईंधन का उपयोग होता है। इसके अतिरिक्त माइक्रो सर्किट्स के निर्माण में ज़ायलीन, पारा, सल्फ्यूरिक अम्ल एवं एन-मिथाइल पायरोलिडोन जैसे कैंसरकारी विलायक इस्तेमाल किए जाते हैं। इस पूरी प्रक्रिया में मुख्य प्रदूषक कुछ रासायनिक अभिक्रियाएं होती हैं जो सिलिकॉन माइक्रो प्रोसेसर में विभिन्न परतों के निर्माण के लिए ज़रूरी होती हैं। थायमीन का

उपयोग करके सर्किट बोर्ड के निर्माण की तकनीक को विषैले रसायनों से मुक्त बनाया जा सकता है।

फॉर्मलिडहाइड एक कैंसरकारी रसायन है जो रेज़िन जैसे पेट्रोलियम उत्पादों में पाया जाता है। रेज़िनों के उपयोग से प्लायवुड और लकड़ी आधारित अनेक वस्तुओं को आकार प्रदान किया जाता है। रसायनविदों ने सोया प्रोटीन में बदलाव करके एडहेसिव बनाने का प्रयास किया है। पता चला है कि कुछ रसायनों से सोया प्रोटीन के अणुओं को इस प्रकार व्यवस्थित किया जा सकता है कि जलद्वेषी अमीनों अम्ल सतह पर आ जाएं। इससे जल प्रतिरोधकता में वृद्धि होती है और चिपकने वाली सतह के क्षेत्रफल में वृद्धि के चलते चिपकाने वाले बल की प्रबलता भी बढ़ती है।

इसी के समान नायलॉन, पॉलीथीन स्नेहक और प्लास्टिसाइज़र्स के उत्पादन के लिए एडीपिक अम्ल एक आवश्यक घटक है। यह खुद तो विषैला नहीं होता लेकिन इसकी उत्पादन प्रक्रिया विषैले अपशिष्टों को जन्म देती है। कैंसरकारी गुणों वाला बेंज़ीन भी इसके उत्पादन का प्रमुख घटक है। हरित संश्लेषण की प्रक्रिया में ग्लूकोज़ जैसे पदार्थों का इस्तेमाल किया जाता है। ग्लूकोज़ को एक जीन परिवर्तित जीवाणु के एंज़ाइम द्वारा एडिपिक अम्ल में बदला जा सकता है।

कीमोथेरेपी में उपयोग होने वाली दवा पसलीटेक्स को सदाबहार की छाल से बनाया जाता है। लेकिन इस प्रक्रिया के लिए पेड़ों को काटने की एक सीमा है। अब इस दवा को पेड़ों की कोशिका के कल्चर द्वारा बनाया जा रहा है। द्रव कार्बन डाइऑक्साइड हानिरहित घटक है जो खतरनाक विलायक जैसे परफ्लोरोएथीलीन की जगह उपयोग की जाती है।

हरित रसायन वैज्ञानिक शोध से आईबूप्रोफेन दर्दनिवारक को आज पहले की छह चरणीय प्रक्रिया की बजाय अब तीन चरणीय प्रक्रिया से बनाया जा रहा है। पहले कच्चे माल के 40 प्रतिशत अणु ही अंतिम उत्पाद में तबदील हो पाते थे; अब नई प्रक्रिया से यह मात्रा 77 प्रतिशत हो गई है, जिससे जीवाश्म ईंधन की खपत में कमी आई है।

वैसे हरित रसायन विज्ञान आरंभ होने के दो दशकों के

बाद भी इसका विकास महासागर में एक बूंद की भांति ही है। हरित रसायन विज्ञान को परिभाषित करने के एक दशक बाद भी भारी रासायनिक उद्योगों में हरित रसायन विज्ञान का पेटेंट एक प्रतिशत से भी कम है। एक अनुमान के अनुसार हरित रसायन विज्ञान को रसायन उद्योग द्वारा अपनाए जाने के कारण पिछले पंद्रह सालों में हानिकारक रसायनों का इस्तेमाल करीब 50 करोड़ किलोग्राम कम हुआ है। मगर इसकी तुलना इस तथ्य से करनी होगी कि अकेले यूएस में प्रतिदिन करीब 33.5 अरब टन रसायनों का उत्पादन या आयात होता है।

विशेषज्ञों के अनुसार कुछ कानून उद्योगों को हरित रसायन विज्ञान की ओर प्रेरित करेंगे। खतरनाक रसायनों पर व्यापक प्रतिबंध लगाने के लिए कानूनों की आवश्यकता है जिससे रसायनों को क्रमबद्ध रूप से औद्योगिक प्रक्रिया से बाहर किया जा सके। हालांकि अधिकतर मामलों में निर्माता विभिन्न रसायनों के हानिकारक प्रभावों से अनभिज्ञ होकर उनका उपयोग करता है जिनमें लिपस्टिक से लेकर कार तक शामिल हैं।

रसायन निर्माताओं के लिए खतरनाक रसायनों का एक डेटा बेस बनाया जा सकता है। इस प्रकार जब एक समय के बाद हानिकारक रसायनों के बारे में पता लग जाएगा तो वैकल्पिक पदार्थों की तलाश स्वयं आरंभ हो जाएगी।

आज हमारे द्वारा उपयोग किए जाने वाले संश्लेषित उत्पादों में करीब 80,000 रसायन शामिल हैं। शैम्पू व बच्चों के खिलौनों में उपस्थित घटक खतरनाक हो सकते हैं। उदाहरण के लिए बिसफिनॉल जो लगभग सभी खाद्य एवं पेयजल बोतलों में अस्तर के लिए उपयोग किया जाता है वह एस्ट्रोजन जैसा व्यवहार कर सकता है। इसके नकारात्मक प्रभावों के मद्देनज़र अनेक राष्ट्र इसके विकल्प खोज रहे हैं।

उद्योग में उपयोग किए जाने वाले सभी रसायनों के सुरक्षा सम्बंधी अध्ययन करने से हरित विकल्पों की खोज में तेज़ी आएगी। हरित रसायन विज्ञान पर्यावरण संरक्षण के साथ ही विद्यार्थियों को रसायन विज्ञान के प्रति प्रेरित करने में सफल होगा। (स्रोत फीचर्स)