बिजली की मदद से त्रिआयामी अणु: दवा-खोज के लिए नया संश्लेषण मार्ग

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी (मुख्य परीक्षा: सामान्य अध्ययन-III) | शोध की तारीख: 15 अक्टूबर 2026 | प्रकाशित: 24 अक्टूबर 2026

खबरों में क्यों

भारतीय विज्ञान संस्थान के ज्योतिर्लता वी. एन. कासु, तुषार सिंघा और दुर्गा प्रसाद हरि ने बिजली की मदद से नाइट्रोजन वाले द्विचक्रीय अणु बनाने की विधि प्रस्तुत की है। अध्ययन 15 अक्टूबर 2026 को नेचर कम्युनिकेशंस में प्रकाशित हुआ। प्रकाशक और क्रॉसरेफ, दोनों में यही प्रकाशन तिथि है। सितंबर में स्वीकृति और अक्टूबर में प्रकाशन को अलग रखना चाहिए।

औषधीय रसायन के लिए नए ढांचे, तैयार दवा नहीं

आईआईएससी का नया अध्ययन दवा-खोज में उपयोगी कठोर, त्रिआयामी आणविक ढांचे बनाने का वैकल्पिक रास्ता देता है। उपलब्धि रासायनिक संश्लेषण और आगे अणुओं में बदलाव करने की क्षमता है, किसी नई दवा की चिकित्सकीय सफलता नहीं।

शोध का लक्ष्य अजाबाइसाइक्लोहेक्सेन वर्ग के विशेष ढांचे हैं। इनके दो चक्र और सीमित लचीलापन औषधीय रसायन के लिए रुचिकर हैं। लेखकों ने मेथिलीनसाइक्लोब्यूटेन से तैयार शुरुआती अणुओं का विद्युत-रासायनिक हैलोएमिनेशन किया। इससे बने उत्पादों में हैलोजन का ऐसा स्थान भी बचता है, जहां आगे अलग रासायनिक समूह जोड़े जा सकते हैं। इस प्रकार नया रास्ता केवल ढांचा बनाता नहीं, उसके विविध रूप तैयार करने का अवसर भी देता है।

त्रिआयामी आणविक ढांचे क्यों महत्वपूर्ण हैं

किसी अणु में कौन-से परमाणु हैं, यह उसकी पूरी पहचान नहीं है। वे किस क्रम में जुड़े हैं और अंतरिक्ष में कैसे व्यवस्थित हैं, इससे भी गुण बदलते हैं। दवा के संभावित अणु को जैविक लक्ष्य से जुड़ने के लिए उपयुक्त आकार, रासायनिक गुण और शरीर में पहुंचने की क्षमता चाहिए। इसलिए औषधीय रसायनज्ञ नए आकार वाले छोटे आणविक ढांचे खोजते रहते हैं।

कठोर द्विचक्रीय ढांचा किसी अणु के आकार बदलने की स्वतंत्रता सीमित कर सकता है। इससे विशेष जैविक लक्ष्य के लिए उपयोगी व्यवस्था मिल सकती है, लेकिन हर कठोर अणु अपने आप बेहतर दवा नहीं बनता। घुलनशीलता, लक्ष्य से जुड़ाव, चयापचय और विषाक्तता अलग-अलग जांचने होते हैं। अध्ययन इन्हीं संभावित जांचों के लिए विविध अणु तैयार करने की रासायनिक क्षमता बढ़ाता है।

PCSMANTRA.COM

बायोआइसोस्टियर की अवधारणा

दवा डिजाइन में कभी किसी मौजूदा आणविक समूह की जगह ऐसा दूसरा समूह लगाया जाता है जो कुछ आवश्यक गुण बनाए रखे और कुछ अन्य गुण बदले। इस प्रकार के विकल्प को बायोआइसोस्टियर कहा जाता है। वर्तमान अध्ययन के ढांचे पाइरोलिडीन जैसे नाइट्रोजन वाले चक्रीय समूह के संभावित, अधिक सीमित आकार वाले विकल्पों के रूप में रुचिकर हैं।

यह शब्द पूर्ण जैविक समानता की गारंटी नहीं है। किसी समूह का स्थानापन्न उपयोगी होगा या नहीं, यह पूरे अणु और उसके लक्ष्य पर निर्भर करता है। इसी तरह दूसरे शोध में किसी संबंधित ढांचे का लाभ मिलना, इस काम से बने हर नए उत्पाद की प्रभावशीलता सिद्ध नहीं करता। संश्लेषण और औषधीय परीक्षण की भूमिकाएं अलग हैं। पहले से कठिन ढांचा सुलभ होना आगे के परीक्षणों की सुविधा है, उनका स्थानापन्न नहीं।

नई विधि पुराने रास्ते से कैसे अलग है

शोधपत्र के अनुसार इस वर्ग के प्रकाशीय रूप से समृद्ध अणु बनाने के पहले के तरीके अत्यधिक तनाव वाले बाइसाइक्लोब्यूटेन और इमीन के बीच चक्रीकरण पर निर्भर थे। कुछ शुरुआती पदार्थों, विशेषकर कुछ ऐलिफैटिक प्रकारों, के साथ सीमाएं थीं। शोधकर्ताओं ने मेथिलीनसाइक्लोब्यूटेन से तैयार अणुओं को आधार बनाकर एक पूरक मार्ग दिया है।

नई अभिक्रिया में हैलोजन और नाइट्रोजन से जुड़े परिवर्तन के साथ चक्र बंद होता है। बिजली का उपयोग अभिक्रिया को आगे बढ़ाने वाली ऑक्सीकरण प्रक्रिया में किया जाता है। इसे पुरानी सभी विधियों को बेकार कर देने वाला विकल्प नहीं समझना चाहिए। अध्ययन का मूल्य उन संरचनाओं और प्रतिस्थापनों तक पहुंच बढ़ाने में है जिन्हें दूसरे रास्तों से बनाना कठिन हो सकता था। अलग अणु के लिए सबसे अच्छा रास्ता अलग भी हो सकता है।

दर्पण-प्रतिबिंब वाले अणुओं का नियंत्रण

कुछ अणुओं के रूप हाथों की तरह होते हैं: एक दूसरे का दर्पण-प्रतिबिंब, लेकिन पूरी तरह एक-दूसरे पर चढ़ाए नहीं जा सकते। इन्हें एनैन्टियोमर कहा जाता है। जैविक तंत्र भी त्रिआयामी होते हैं, इसलिए ऐसे रूप अलग व्यवहार दिखा सकते हैं। दवा-खोज में इनका अनुपात नियंत्रित करना महत्वपूर्ण है।

इस काम की जरूरी सीमा यह है कि उत्पाद की विशेष त्रिआयामी पहचान पहले से नियंत्रित शुरुआती पदार्थ से आती है। लेखकों ने एलमैन सल्फिनामाइड रसायन का उपयोग करके ऐसे शुरुआती पदार्थ बनाए और विद्युत-रासायनिक चरण में उस पहचान को अच्छी तरह बनाए रखा। इसे साधारण, अनियंत्रित मिश्रण से बिजली लगाते ही इच्छित दर्पण-रूप चुन लेने की सार्वभौमिक विधि नहीं कहना चाहिए। सार्वजनिक समीक्षा में भी शुरुआती पदार्थ से आने वाले इस नियंत्रण को स्पष्ट करने पर जोर दिया गया था।

प्रयोग और परिणाम क्या बताते हैं

लेखकों ने अलग-अलग प्रतिस्थापनों वाले शुरुआती पदार्थों पर अभिक्रिया जांची। इनमें सुगंधित, विषमचक्रीय, ऐलिफैटिक और दूसरे जटिल समूह शामिल थे। उत्पादों की संरचना तथा उनकी त्रिआयामी विशिष्टता जांचने के लिए रासायनिक विश्लेषण किए गए। कुछ उत्पादों की संरचना एक्स-रे क्रिस्टल विश्लेषण से भी पुष्ट की गई। यह केवल कंप्यूटर पर प्रस्तावित रसायन नहीं, प्रयोगशाला में अणु बनाकर किया गया अध्ययन है।

फिर भी सभी अणुओं पर समान उपज नहीं मिली। कुछ प्रकारों में मध्यम या कम उपज और दूसरे उत्पाद बनने जैसी स्थितियां थीं। इसलिए व्यापक अनुकूलता को असीमित सार्वभौमिकता नहीं मानना चाहिए। अलग शुरुआती अणु, इलेक्ट्रोड, विलायक और अभिक्रिया दशाएं परिणाम बदल सकते हैं। किसी एक सफल उदाहरण का प्रतिशत पूरी रासायनिक श्रेणी की गारंटी नहीं है।

PCSMANTRA.COM

ग्राम-पैमाने और आगे बदलाव की उपयोगिता

शोधकर्ताओं ने छोटे विश्लेषणात्मक प्रयोग से आगे ग्राम-पैमाने के उदाहरण भी दिखाए। दो उदाहरणों में लगभग 0.8 ग्राम और 1.1 ग्राम उत्पाद मिले, लेकिन उनकी उपज अलग थी। यह रासायनिक प्रक्रिया को कुछ बढ़े पैमाने पर चलाने का प्रमाण है। इसे टन-पैमाने के व्यावसायिक उत्पादन या लगातार चलने वाले कारखाने का प्रदर्शन नहीं कहना चाहिए।

उत्पाद में मौजूद आयोडीन वाले स्थान पर अलग समूह जोड़कर विविध यौगिक तैयार किए गए। कुछ ज्ञात औषधीय अणुओं से संबंधित संरचनाओं में भी नया ढांचा जोड़ा गया। लेकिन परिचित दवा का हिस्सा किसी नए यौगिक में जोड़ देने से वह यौगिक स्वीकृत दवा नहीं बन जाता। उसकी जैविक क्रिया, खुराक, सुरक्षा और शरीर में व्यवहार की स्वतंत्र जांच जरूरी होगी। यहां प्रमाण आगे रासायनिक बदलाव की क्षमता का है।

विद्युत-रसायन और पर्यावरण का प्रश्न

विद्युत-रासायनिक संश्लेषण में इलेक्ट्रॉन का आदान-प्रदान नियंत्रित करने के लिए विद्युत धारा उपयोग की जाती है। इससे कुछ परिस्थितियों में पारंपरिक रासायनिक अभिकर्मकों पर निर्भरता बदल सकती है। वर्तमान अध्ययन में उपयोगी अभिक्रिया दशाएं मिलीं, लेकिन बिजली का प्रयोग अपने आप पूरी प्रक्रिया को प्रदूषण-मुक्त नहीं बनाता।

शोध की विधि में विलायक, लवण, इलेक्ट्रोड, निष्कर्षण और शुद्धीकरण के चरण भी हैं। पूरे पर्यावरणीय प्रभाव के लिए इन सबकी मात्रा, ऊर्जा स्रोत, अपशिष्ट और पुनर्प्राप्ति की गणना करनी होगी। लेख में प्रयुक्त अनुकूल दशाओं को हरित उद्योग का पूर्ण जीवनचक्र प्रमाण नहीं मानना चाहिए। इसी तरह यहां सभी धातुओं के बिना अभिक्रिया का दावा नहीं करना चाहिए, क्योंकि मानक व्यवस्था में निकेल फोम इलेक्ट्रोड का उपयोग है।

भारत और मुख्य परीक्षा के लिए महत्व

यह उदाहरण दिखाता है कि दवा-खोज में योगदान केवल नई रोग-रोधी दवा घोषित करना नहीं है। नए संश्लेषण मार्ग ऐसे अणुओं की उपलब्धता बढ़ा सकते हैं जिनसे आगे जैविक परीक्षण किए जाएं। कार्बनिक संश्लेषण, विश्लेषण सुविधाएं और औषधीय रसायन के बीच सहयोग इस संभावना को उपयोगी शोध में बदल सकता है।

मुख्य परीक्षा के उत्तर में समस्या, विधि, उपलब्धि और सीमा का क्रम अपनाया जा सकता है। समस्या जटिल त्रिआयामी ढांचे तक सीमित पहुंच है। विधि नियंत्रित शुरुआती पदार्थ का विद्युत-रासायनिक चक्रीकरण है। उपलब्धि विविध उत्पाद, त्रिआयामी पहचान का संरक्षण और आगे बदलाव की सुविधा है। सीमा जैविक प्रभावशीलता तथा बड़े पैमाने के उत्पादन का अभी सिद्ध न होना है। यह विश्लेषण शोध और उसके संभावित उपयोग के बीच सही अंतर रखता है।

एक महत्वपूर्ण सीख मापों की सही व्याख्या भी है। रासायनिक उपज बताती है कि शुरुआती पदार्थ से कितना वांछित उत्पाद मिला। त्रिआयामी विशिष्टता यह बताती है कि उत्पाद की संरचनात्मक पहचान कितनी सुरक्षित रही। ऊंची विशिष्टता का अर्थ अपने आप ऊंची उपज नहीं है। इन दोनों आंकड़ों को मिलाकर ही किसी संश्लेषण की उपयोगिता समझी जा सकती है।

आगे क्या देखना होगा?

अगला प्रश्न नए ढांचों की औषधीय जांच तथा स्वतंत्र प्रयोगशालाओं में संश्लेषण की पुनरुत्पादकता है। कम उपज वाले शुरुआती पदार्थों के लिए सुधार, बढ़े पैमाने पर नियंत्रण और शुद्धीकरण की दक्षता भी महत्वपूर्ण होगी। अन्य विधियों की तुलना में लागत और पर्यावरणीय प्रभाव का निष्पक्ष मूल्यांकन उपयोगी रहेगा।

वैज्ञानिक उपलब्धि को उसी स्तर पर समझना चाहिए जहां प्रमाण उपलब्ध है। यह काम नाइट्रोजन वाले कठोर द्विचक्रीय ढांचे बनाने का पूरक और विविधता देने वाला रास्ता है। इसमें उत्पाद की त्रिआयामी पहचान नियंत्रित शुरुआती पदार्थ से आती है। फिलहाल इसे नई चिकित्सकीय दवा, सभी पदार्थों पर समान सफलता या औद्योगिक हरित उत्पादन की अंतिम घोषणा नहीं कहना चाहिए।

PCSMANTRA.COM

अभ्यास प्रश्न: विद्युत-रासायनिक संश्लेषण दवा-खोज के लिए नए त्रिआयामी आणविक ढांचों की उपलब्धता कैसे बढ़ा सकता है? संश्लेषण की सफलता, चिकित्सकीय प्रभावशीलता और पर्यावरणीय लाभ के प्रमाण में अंतर स्पष्ट कीजिए। (250 शब्द)

स्रोत: प्राथमिक शोध। प्रकाशक का शोधपत्र। सार्वजनिक समीक्षा।