

प्रेशर कुकर में नैनोकणों का संश्लेषण



डॉ. अरुणा ज्योति कोरा और डॉ. वेंकटा बलरामा कृष्णा मुल्लापूडि

राष्ट्रीय पदार्थ संघटनात्मक अभिलक्षणन केन्द्र, भा.प.अ. केंद्र, हैदराबाद

नैनोप्रौद्योगिकी के बहु-आयामी विकास एवं विस्तार ने आज जीवन के लगभग हर पहलू को प्रभावित किया है। नैनोपदार्थों का विभिन्न आकृतियों एवं आकारों में सुलभता से उपलब्ध होना नैनोप्रौद्योगिकी के विस्तार के लिए आवश्यक है। अनेक प्रगत अनुप्रयोगों जैसे कि उन्नत औषधियों, चिकित्सीय प्रतिबिंबन, जल-शुद्धिकरण, पर्यावरण संरक्षण, सौर पैनलों के निर्माण, इत्यादि में धात्विक नैनोकणों का बहुतायत से उपयोग होता है। धात्विक नैनोकणों के संश्लेषण के लिए प्रयुक्त विधियों में जलतापीय (हाइड्रोथर्मल) विधि महत्वपूर्ण है। इस स्वच्छ एवं सरल विधि द्वारा समायोज्य आकार एवं आकृति के नैनोकणों को मध्यम तापमान पर, बिना अतिरिक्त पिसाई / प्रसंस्करण की आवश्यकता के, व्यावसायिक पैमाने पर बनाया जा सकता है।

आमतौर पर जलतापीय (हाइड्रोथर्मल) संश्लेषण, ऑटोक्लेव नामक एक उच्च-दाब उपकरण में किया जाता है, जो प्रायः टेफ्लॉन के आंतरिक अस्तर के साथ स्टील अथवा अन्य उपयुक्त मिश्रधातु से बना होता है। नैनोकणों के संश्लेषण के लिए, ऑटोक्लेव के विकल्प के रूप में, विद्युतीय प्रेशर-कुकर के उपयोग के संदर्भ भी मिलते हैं। इस दिशा में और अधिक सरलीकरण एवं अन्य आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए, धात्विक नैनोकणों के संश्लेषण हेतु जलतापीय रिएक्टर के रूप में, विद्युतीय प्रेशर कुकर के स्थान पर घरेलू स्टोवटॉप प्रेशर कुकर का इस्तेमाल किया गया है।

स्टोवटॉप प्रेशर कुकर तो अब लगभग हर भारतीय रसोईघर का एक अनिवार्य हिस्सा है, जो भली-भांति स्थापित संरक्षा-सुविधाओं, जैसे कि नियंत्रित गैस्केट मोचन प्रणाली, धातु से बने अतिदाब संरक्षा प्लग, दाब नियंत्रण वाल्व, इत्यादि के साथ मिलता है। यह एक टिकाऊ उपकरण है जो न केवल

तेजी से दबाव छोड़ता है, बल्कि विद्युतीय प्रेशर कुकर की तुलना में उच्च दाब पर संचालित होने से अभिक्रिया के समय को भी कम करता है। कई प्रकार की तकनीकी विविधताओं जैसे कि आयतन, आकार, ढक्कन का प्रकार, संरचना पदार्थ (एल्यूमीनियम, स्टील), तापक आधार (इंडक्शन, गैर-इंडक्शन), इत्यादि के साथ यह एक सामान्य उपभोक्ता वस्तु के रूप में बड़ी आसानी से बाजार में उपलब्ध है। एक टिकाऊ पात्र के रूप में इसे सीधे आग (पारंपरिक अथवा एल.पी.जी. चूल्हा) अथवा इंडक्शन स्टोवटॉप दोनों पर ही गर्म किया जा सकता है। विद्युतीय प्रेशर कुकर की तुलना में यह किफायती भी है। जैव-विज्ञान प्रयोगशालाओं में, चिकित्सालयों एवं अस्पतालों में सामान्यतया उपयोग में आने वाला ऑटोक्लेव लगभग 15 पीएसआई के जलवाष्प दाब एवं 121°C तापमान पर संचालित होता है और कोशिका कल्चर माध्यम, प्लास्टिक एवं कांच के बर्तनों, चिकित्सीय सुईओं, इत्यादि के विसंक्रमण के लिए सर्वाधिक इस्तेमाल किया जाता है। ऐसे ऑटोक्लेव के उपलब्ध न होने पर घरेलू स्टोवटॉप प्रेशर कुकर का उपयोग भी पाया जाता है। इसकी विशेषताओं को ध्यान में रखते हुए, प्रस्तुत लेख में धात्विक नैनोकणों के आसान संश्लेषण के लिए जलतापीय रिएक्टर के रूप में घरेलू स्टोवटॉप प्रेशर कुकर के उपयोग एवं प्राप्त परिणामों का संक्षिप्त वर्णन किया गया है।

विभिन्न धात्विक नैनोकणों जैसे कि चांदी (सिल्वर; Ag), स्वर्ण (गोल्ड; Au), पैलेडियम (Pd), प्लैटिनम (Pt) के संश्लेषण के लिए हमें संबंधित धातु-निहित रसायन जैसे कि सिल्वर नाइट्रेट (AgNO_3), क्लोरोऑरिक अम्ल (HAuCl_4), पैलेडियम क्लोराइड (PdCl_2), क्लोरोप्लैटिनिक अम्ल (H_2PtCl_6) के साथ-साथ धातु आयनों के अपचयन तथा उत्पन्न नैनोकणों की स्थायीकृत

करने के लिए क्रमशः अपचायक (रिड्यूसिंग) और स्थिरीकरण (स्टेबिलाइजिंग) पदार्थ की आवश्यकता होती है। इसके लिए, विभिन्न प्राकृतिक अपचायक एवं स्थिरीकरण पदार्थों जैसे कि पौधे के गोंद (कोंडागोगु, घट्टी, ओलीबैनम, ट्रागाकैथ), बैक्टीरियल गोंद जैथन, चावल की पत्ती के अर्क, बीज के अर्क, इत्यादि का उपयोग किया जा सकता है।

प्रेशर कुकर में धात्विक नैनोकण संश्लेषण को निम्न चरणों में किया गया - सर्वप्रथम बोरोसिलिकेट कांच की ढक्कनदार बोतलों में धातु-निहित रसायन (सिल्वर नाइट्रेट / क्लोरोऑरिक अम्ल / पैलेडियम क्लोराइड / क्लोरोप्लैटिनिक अम्ल) एवं अपचायक/स्थिरक (चावल की पत्ती के अर्क / गोंद / ट्रागाकैथ / कोंडागोगु / घट्टी) का जलीय मिश्रण / घोल तैयार किया गया। इन बोतलों को पानी से भरे बोरोसिलिकेट काँच के बीकर में रखा गया जिसमें पानी का स्तर बोतल के घोल से थोड़ा अधिक था। इस बीकर को पर्याप्त मात्रा में पानी से भरे प्रेशर कुकर के अंदर रखा गया। प्रेशर कुकर के गैस्केट युक्त ढक्कन को बंद करके (बिना सीटी लगाए) उसे एलपीजी स्टोव पर तेज आँच पर रखा गया। जब कुकर की सीटी के छिद्र से भाप बाहर निकलने लगी, तो उसे सीटी (दाब नियंत्रण वजनी वाल्व) लगा कर बंद कर दिया गया। एक बार सीटी बजने के बाद, आंच को धीमा कर दिया गया और अभिक्रिया की अवधि नोट की गई। लगभग 30 मिनट के बाद आँच बंद कर दी गई एवं कुकर को स्टोवटॉप से हटा कर कमरे के तापमान तक ठंडा होने दिया गया। ठंडा होने के बाद, बीकर के साथ बोतलों को बाहर निकाला गया एवं संश्लेषित उत्पाद का विश्लेषण किया गया (चित्र-1)।

संश्लेषित उत्पाद का विश्लेषण

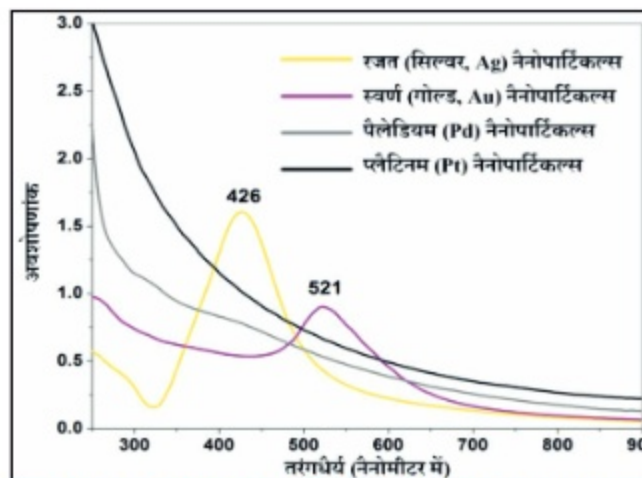
प्रेशर कुकर पर आधारित ऑटोक्लेविंग से बने उत्पाद (धात्विक नैनोकणों) को निम्न तरीकों से जांचा गया - ऑटोक्लेविंग के बाद प्राप्त बोतलों के अभिक्रिया मिश्रण का रंग बिल्कुल बदला हुआ पाया गया, जो चांदी (सिल्वर; Ag), स्वर्ण (गोल्ड, Au), पैलेडियम (Pd) एवं प्लैटिनम (Pt) युक्त



चित्र -1 प्रेशर कुकर में धात्विक नैनोकणों के संश्लेषण हेतु विभिन्न प्रक्रिया चरण

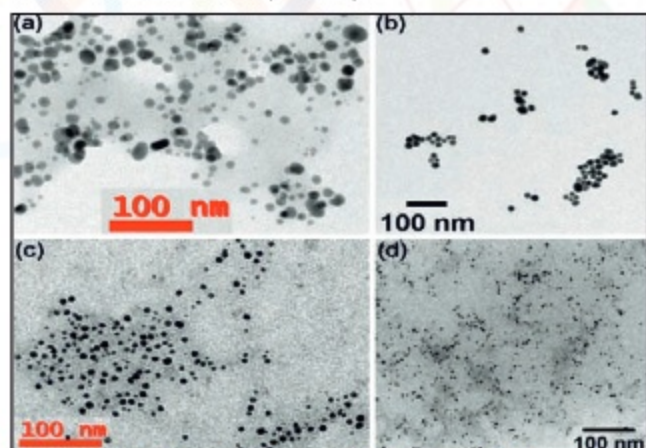
मिश्रण/घोल के लिए क्रमशः पीला, हल्का गुलाबी, भूरा एवं काला पाया गया (चित्र -1)। कक्ष तापमान पर उक्त मिश्रणों पर मापे गए पराबैंगनी-दृश्य प्रकाश अवशोषण वर्णक्रमों (UV-Vis स्पेक्ट्रा) में चांदी और स्वर्ण के लिए क्रमशः 426 नैनोमीटर (nm) और 521 नैनोमीटर (nm) पर स्पष्ट अवशोषण संकेत देखे गए, जबकि पैलेडियम (Pd) एवं प्लैटिनम (Pt) युक्त दोनों मिश्रणों के लिए अस्पष्ट विस्तृत सतत अवशोषण संकेत देखा गया (चित्र-2)।

पारगमन इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (ट्रांसमिशन इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप; TEM) द्वारा उत्पादों के अध्ययन से चांदी (Ag), स्वर्ण (Au), पैलेडियम (Pd) एवं प्लैटिनम (Pt) के क्रमशः 16 नैनोमीटर, 12 नैनोमीटर, 7 नैनोमीटर एवं 5



चित्र -2 संश्लेषित धात्विक नैनोकणों के पराबैंगनी-दृश्य प्रकाश अवशोषण वर्णक्रम (स्पेक्ट्रा)

नैनोमीटर आकार के लगभग गोलाकार आकृति के नैनोकणों को देखा गया (चित्र-3)।



चित्र -3 ट्रांसमिशन इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप (TEM) में दिखाई दिए नैनोकणों के चित्र: (a) Ag NP, (b) Au NP, (c) Pd NP और (d) Pt NP

घरेलू स्टोवटॉप प्रेशर कुकर को एक जलतापीय रिएक्टर के रूप में उपयोग करके प्राप्त उत्पादों (संश्लेषित नैनोकणों) का पूरा विवरण तालिका-1 में दिखाया गया है। इन नैनोकणों का संभावित उपयोग जीवाणुनाशक, कवकनाशी, एंटीऑक्सीडेंट, उत्प्रेरक, वर्णमितीय संवेदक, औषधि-वाहक, इत्यादि के रूप में किया जा सकता है।

प्रेशर कुकर संश्लेषण के दौरान पालन की जाने वाली महत्वपूर्ण सावधानियां

वर्णित विधि द्वारा धात्विक नैनोकणों के संश्लेषण के समय, लक्षित उत्पादों को सुरक्षित रूप से प्राप्त करने के लिए कुछ

महत्वपूर्ण सावधानियों का पालन करना अत्यावश्यक है। सर्वप्रथम प्रयुक्त अभिकारकों (धात्विक यौगिकों, अपचायक एवं स्थिरीकरण पदार्थ) के समुचित मिश्रण को शुद्ध जल में पूर्णतया विलयित करना (अथवा फैलाना) सुनिश्चित किया जाना चाहिए। विसंक्रमित जीवाणुरहित विलायक में तैयार किए गए सांद्र विलयनों / मिश्रणों (स्टॉक घोलों) को अपारदर्शी अथवा गहरे रंग की शीशियों में विभाजित कर निम्न तापमान (4°C) पर संग्रहित किया जाना चाहिए।

प्रेशर कुकर में समुचित ऊष्मा-विनिमय के लिए, कुकर एवं काँच के बीकर दोनों में पानी का पर्याप्त स्तर होना चाहिए। इस प्रकार, कुकर में काँच के बर्तनों की स्थिति भी स्थिर रहती है। बीकर में रखे जाने वाली मिश्रण (घोल)-युक्त काँच की बोतलों के ढक्कन ढीले लगे होने चाहिए एवं कुकर के अंदर भी पर्याप्त खाली जगह (वायु) छोड़ी जानी चाहिए ताकि भाप आसानी से बाहर निकल सके और अत्यधिक दाब बनने या बोतलों को टूटने से बचाया जा सके। ऑटोक्लेविंग पूर्ण होने के बाद, प्रेशर कुकर को कक्ष तापमान तक पूरी तरह से ठंडा करने के बाद ही सावधानी से खोला जाना चाहिए ताकि भाप से जलने और दाबीय विस्फोट से बचा जा सके। प्रत्येक प्रयोग से पहले अनिवार्य रूप से प्रेशर कुकर के सभी घटकों जैसे कि ढक्कन, गैस्केट, सुरक्षा प्लग, वेंट पाइप और दाब नियंत्रण वज़नी वाल्व (सीटी) की जाँच की जानी चाहिए। प्रत्येक प्रयोग के बाद प्रेशर कुकर को भली-भांति साफ करके शुष्क रूप में रखा जाना चाहिए ताकि उस पर कोई परत न जमे और अगले

तालिका -1 घरेलू स्टोवटॉप प्रेशर कुकर में संश्लेषित धात्विक नैनोकणों का विवरण

धातु नैनोकण	धात्विक रसायन	अपचायक और स्थिरक	नैनोकणों के घोल का रंग	अवशोषण संकेत (nm)	औसत कण आकार (nm)
सिल्वर (Ag)	सिल्वर नाइट्रेट (AgNO_3)	चावल पत्ती के अर्क	पीला	426	16
गोल्ड (Au)	क्लोरोऑरिक अम्ल (HAuCl_4)	गोंद ट्रागाकैथ	हल्का गुलाबी	521	12
पैलेडियम (Pd)	पैलेडियम क्लोराइड (PdCl_2)	गोंद कोंडागोगु	भूरा	विस्तृत सतत अवशोषण	7
प्लेटिनम (Pt)	क्लोरोप्लैटिनिक अम्ल (H_2PtCl_6)	गोंद घट्टी	काला	विस्तृत सतत अवशोषण	5

प्रयोगों में भी समुचित ऊष्मा विनिमय सुनिश्चित हो सके। इसके अतिरिक्त, एलपीजी सिलेंडर संबंधित और इंडक्शन टॉप संबंधी सभी महत्वपूर्ण प्रयोगशाला संरक्षा नियमों एवं सावधानियों का पालन किया जाना चाहिए।

निष्कर्ष

विभिन्न प्रकार के धात्विक नैनोकणों के संश्लेषण के लिए घरेलू स्टोवटॉप प्रेशर कुकर को एक सरल एवं किफायती उपकरण के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है। यह एक आसानी से उपलब्ध, टिकाऊ और सस्ता उपकरण है जिसके प्रचालन में बिजली की आवश्यकता नहीं है। प्रेशर कुकर में अंतर्निहित संरक्षा विशेषताओं के कारण नैनो-पदार्थों के संश्लेषण के लिए यह एक उपयोगी जलतापीय रिएक्टर के रूप में कार्य करता है। यह एक सरल, पर्यावरण-अनुकूल एवं हरित संश्लेषण विधि है। एक ही प्रक्रिया-चरण में नैनोकणों के संश्लेषण एवं रोगाणुनाशन (विसंक्रमण) होने के दोहरे लाभ से समय और ऊर्जा, दोनों की बचत होती है। शुद्ध जल को विलायक एवं भाप बनाने के लिए उपयोग में लाने से यह विधि पर्यावरण के अनुकूल है। इस विधि से संश्लेषित नैनोकण मूल रूप से रोगाणुरहित होने के कारण जीवे (इन-विवो) एवं पात्रे (इन-विट्रो), दोनों ही प्रकार से चिकित्सा अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त होते हैं। प्रेशर कुकर का एक जलतापीय रिएक्टर के रूप सरल एवं सुलभ उपयोग,

सीमित संसाधनों युक्त शैक्षणिक संस्थानों, छोटी प्रयोगशालाओं, नए उद्यमों, इत्यादि में नैनोकणों के संश्लेषण के प्रदर्शन और अनुभव प्राप्त करने में उपादेय है।

चेतावनी

इस लेख में दी गई जानकारी से संबंधित प्रयोग को समुचित सुरक्षा-प्रणाली युक्त प्रयोगशालाओं में विषय-विशेषज्ञों के मार्ग-निर्देशन में ही दोहराए जाने चाहिए। किसी भी परिस्थिति में, इस प्रकार के प्रयोग प्रयोगशाला से इतर (किसी भी सामान्य स्थल पर) नहीं किए जाने चाहिए।

आभार

लेखकगण, इस लेख की संरचना में प्रत्यक्ष एवं परोक्ष रूप से सहयोग एवं मार्गदर्शन देने वाले सभी व्यक्तियों विशेषकर डॉ. कुलमणि दाश, प्रभागाध्यक्ष राष्ट्रीय पदार्थ संघटनात्मक अभिलक्षणन केन्द्र (एनसीसीसीएम), हैदराबाद से प्राप्त सतत समर्थन के लिए कृतज्ञता-पूर्वक आभार व्यक्त करते हैं।



लेखकगण का परिचय



डॉ. अरुणा ज्योति कोरा



डॉ. वेंकटा बलरामा कृष्णा मुल्लापूडि

डॉ. अरुणा ज्योति कोरा, वैज्ञानिक अधिकारी-जी और डॉ. वेंकटा बलरामा कृष्णा मुल्लापूडि, वैज्ञानिक अधिकारी -एच वर्तमान में, भापअकें के हैदराबाद स्थित राष्ट्रीय पदार्थ संघटनात्मक अभिलक्षणन केन्द्र (एनसीसीसीएम) में कार्यरत हैं।