

## स्वास्थ्य सेवा में नैनो प्राकृतिक उत्पादों की भूमिका

मीनल गुप्ता एवं चित्रलेखा सोनी (कडेल)\*

शासकीय होलकर (मॉडल, ऑटोनोमस) विज्ञान महाविद्यालय, इंदौर (म. प्र.)

\*अटलबिहारी वाजपेयी हिंदी विश्वविद्यालय, भोपाल (म. प्र.)

[ई-मेल: meenalgupta30apr@gmail.com एवं chitra.kadel20@gmail.com]

### सारांश

औषधीय पौधे मानव और समाज की भलाई के लिए महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, इनमें उपस्थित घटक रक्त प्रवाह में अवशोषित हो जाते हैं, शरीर की चयापचय प्रक्रिया से गुजरते हैं और विकारों के उपचार में मदद करते हैं। पौधों के विभिन्न स्रोतों जैसे जड़, तना, छाल और बीज में विभिन्न द्वितीयक घटक जैसे- “स्टेरोयड्स, टर्पेनाइड्स, एल्केलॉइड्स तथा फ्लेवोनॉइड्स” होते हैं, जो विस्तृत रूप से जैविकीय सक्रियता के लिए उत्तरदायी होते हैं। साहित्य अध्ययन से भी पता चलता है कि विभिन्न रोगों जैसे कैंसर, मधुमेह, मलेरिया और तंत्रिका संबंधी विकारों आदि के उपचार के लिए इनमें व्यापक स्पेक्ट्रम जैविक सक्रियता होती है। प्राकृतिक उत्पाद से प्राप्त औषधि संश्लेषित औषधि की तुलना में मानव स्वास्थ्य के लिए सुरक्षित होती है जैसे टैक्सॉल (*टेक्सस ब्रेविफोलिया*), कुनैन (*सिनकोना प्रजाति*) और आर्टेमिसिनिन (*आर्टेमिसिया एनुआ*) आदि। इन औषधियों में जैव-अवशोषण की उपलब्धता कम होने के साथ-साथ, ये लक्ष्य स्थल तक धीमी गति से पहुँचती है और समय-समय पर इनकी संरचना में बदलाव होता है, परिणामस्वरूप ये सीमित मात्रा में ही उपयोग में लाई जाती है। उपर्युक्त प्रभावों को अधिक उपयोगी बनाने के लिए प्राकृतिक औषधियों को नैनोसामग्री में संशोधित किया जा रहा है। इस क्षेत्र में नैनोतकनीक की शुरुआत ने जैव उपलब्धता में वृद्धि के साथ-साथ विषाक्तता को भी कम किया है। रिपोर्ट किए गए साहित्य में सुझाव दिया गया है कि दवा वाहक नैनोकणों और उनमें उपस्थित दवा नैनोकण का उपयोग दवा-रिसेप्टर अंतःक्रिया को बढ़ाने, जैविक झिल्ली की पारगम्यता को बढ़ाने और दवाओं की प्रणालीगत विषाक्तता को रोकने के लिए किया जाता है। नैनो-आधारित औषधियाँ बनाने के लिए लिपिड नैनोकणों, नैनो इमल्शन, पॉलीमर नैनोकणों और अकार्बनिक नैनो कणों का उपयोग किया गया है। हाल ही में कैंसर के उपचार में नैनो सामग्री के रूप में विभिन्न पादप घटक: क्वर्सेटिन, सिलीमारिन और विटामिन डी का उपयोग किया गया है। इनका उपयोग विभिन्न रोगों के उपचार में किया जा रहा है, जिससे समाज को लाभ मिल रहा है।

**मुख्य शब्द:** प्राकृतिक उत्पाद, नैनो-सामग्री, स्वास्थ्य सेवा, औषधीय पादप।

## The role of nano-natural products in healthcare

Meenal Gupta & Chitrlekha Soni (Kadel)

Govt. Holkar (Model, Autonomous) Science College, Indore (M. P.)

Atal Bihari Vajpayee Hindi Vishwavidyalaya, Bhopal (M. P.)

[E-mail : meenalgupta30apr@gmail.com & chitra.kadel20@gmail.com]

### Abstract

Medicinal plants play a vital role in the well-being of human beings and society, as the components present in them get absorbed into the bloodstream, pass through the body's metabolism and help in treating disorders. Different plant sources such as roots, stem, bark and seeds contain various secondary components such as "steroids, terpenoids, alkaloids and flavonoids" which are responsible for wide range of biological activities. Literature study also shows that medicinal plants have broad spectrum biological activity in the treatment of various diseases like cancer, diabetes, malaria with neurological disorders etc. Medicines obtained from natural products are safer for human health than synthetic drugs like taxol (*Taxus brevifolia*), and quinine (*Cinchona species*), artemisinin (*Artemisia annua*) etc. Along with the low bio-absorption capacity of these drugs, they reach the target site slowly and their structure changes from time to time, as a result of which they

are used in limited quantities only. The drug obtained from natural products has low bio-absorption availability as well as slow delivery to reach the target site, and due to changes in their structure from time to time, they are useful only in limited quantities. To make the above mentioned effects more useful, natural medicines are being modified into nanomaterials. The introduction of nanomaterials in this field has demonstrated increased bioavailability as well as reduced toxicity. Reported literature suggests that drug carrier nanoparticles and drug nanocrystals among them are used to enhance drug-receptor interactions, easily cross the biological membrane barrier, and prevent systemic toxicity of drugs. Lipid nanoparticles, nanoemulsions, polymer nanoparticles, and inorganic nanoparticles have been used to prepare nanomedicines. Recently, various phytoconstituents like as quercetin, silymarin, and vitamin D have been used as nanomaterials in cancer treatment. Their use has been made necessary to prevent disorders in various diseases and for the well-being of society.

**Keywords:** Natural products, Nano material, Human healthcare and Medicinal plants

### प्रस्तावना

पादप-घटक की औषधीय और चिकित्सकीय क्षमता सदियों से ज्ञात है, जिसके परिणामस्वरूप समाज में पारंपरिक और नैदानिक उद्देश्यों के रूप में इनका उपयोग होता है। प्राचीनकाल से ही कई बीमारियों के इलाज के लिए इन पौधों का उपयोग स्वास्थ्य देखभाल की विभिन्न प्रणालियों में किया जाता रहा है; जैसे सामान्य सर्दी से लेकर गंभीर स्थिति कैंसर तक। कुछ औषधीय पादप के अर्क जैसे -“नीम, गिलोय, आंवला, अश्वगंधा और हल्दी आदि” का प्रयोग प्रारम्भ से ही रोग-प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाने हेतु किया जाता रहा है।

पादप निष्कर्ष से घटकों को पृथक्करण एवं शुद्धिकरण हेतु विभिन्न तकनीक जैसे स्तम्भ क्रोमेटोग्राफी, पतली परत क्रोमेटोग्राफी एवं विलायक की ध्रुवीयता के अंतर से चयन करते हुए, विभिन्न स्पेक्ट्रोमिति तकनीक (NMR 1D एवं 2D, IR, Mass) का उपयोग कर घटकों की संरचना निर्धारित की जाती है। इनमें पाए जाने वाले टर्पीनोइड्स मुख्यतः वाष्पशील तेल में होते हैं, जो पर्यावरणीय तनाव से बचाव के लिए एक रासायनिक सुरक्षा प्रदान करते हैं और चोट या घाव के लिए एक मरम्मत तंत्र प्रदान करते हैं। सूखे मेवे, बेरी, साइट्रस फल एवं लेग्यूम पौधों में उपस्थित फ्लेवोनोइड्स, कैरोटिन एवं विटामिन शरीर में कोशिकाओं की असामान्य वृद्धि को रोकते है एवं प्राकृतिक एंटी ऑक्सीडेंट का कार्य कर सूजन संबंधी बीमारियों तथा कैंसर के प्रति सुरक्षा प्रदान करते हैं। (चित्र 1)।

प्राचीन काल से ही, पौधों के अर्क और मिश्रणों का उपयोग दवाओं के रूप में किया जाता था, लेकिन तकनीकी ज्ञान के अभाव में इन्हें शुद्ध रूप से पृथक् करने की सीमित जानकारी थी कि अर्क के भीतर कौन से यौगिकों में उपचार करने की क्षमता होती है। अध्ययन से ज्ञात हुआ कि विभिन्न यौगिकों के सहक्रियात्मक प्रभाव के कारण अर्क में उपचार करने की क्षमता होती है<sup>2</sup>।

विभिन्न बीमारियाँ जैसे- मधुमेह, उच्च रक्तचाप, कैंसर, हृदय सम्बन्धी रोग, मोटापा, न्यूरोडीजेनेरेटिव विकार एवं ऑस्टियोपोरोसिस आदि गैर संचारी रोगों की श्रेणी में आती हैं, वहीं HIV/AIDS,

मलेरिया, डेंगू, हिपेटाइटिस ओर कोविड-19 जैसे रोग, संक्रामक रोगों की श्रेणी में आते हैं। 2019 में नए संक्रामक वायरल रोग कोविड-19 (SARS-CoV-2) की त्रासदी के साथ ही कुछ अन्य बीमारियों जैसे मधुमेह, कैंसर, तपेदिक और एचआईवी/एड्स ने मानव को सजग बना दिया है। शरीर में रोग-प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाने के लिए गिलोय, सहजन, अश्वगंधा, तुलसी, दाल- चीनी, अदरक एवं हल्दी आदि के अर्क का उपयोग बड़े पैमाने पर किया जाने लगा है (चित्र 2)। कुनैन (सिनकोना प्रजाति), आर्टेमिसिनिन (आर्टेमिसिया एनुआ) जैसी मलेरिया-रोधी दवाएं जबकि कैंसर रोधी दवा प्रकृति की देन है।

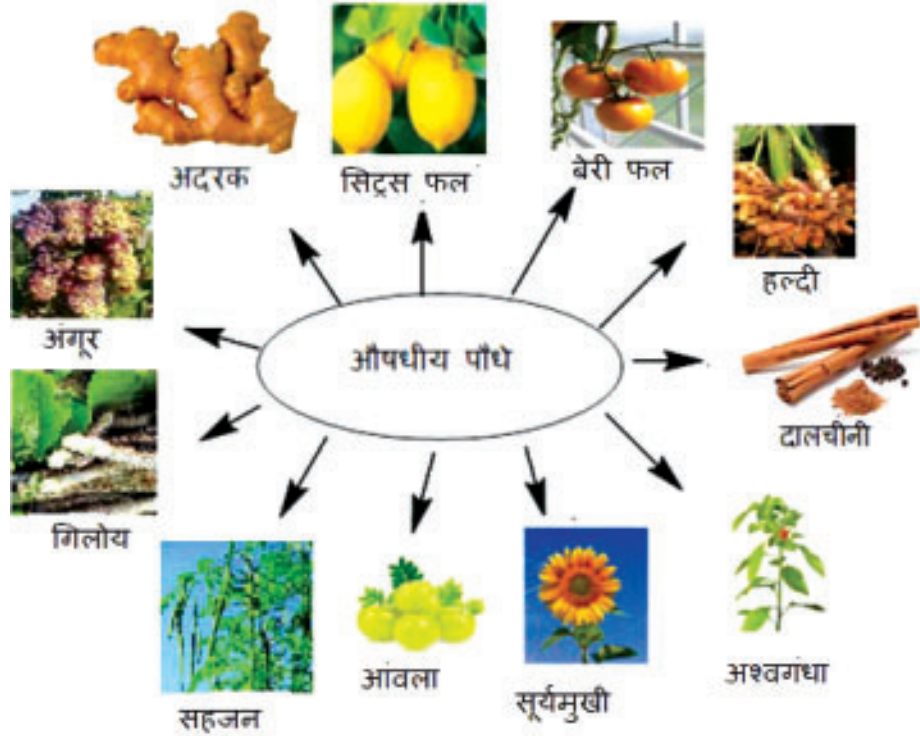
पिछले दो दशकों में मांग वाली दवाओं में मुख्य रूप से प्राकृतिक उत्पाद-आधारित या अर्धसंश्लेषित दवाओं का उपयोग किया गया है, जिनमें पेसलिटैक्सेल और मॉर्फिन शामिल हैं<sup>3-4</sup>। कवक पेनिसिलियम नोटेटम से पेनिसिलिन की खोज के बाद, सूक्ष्मजीव-आधारित शोध ने कई प्रतिजैविक दवाओं के विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया है<sup>5</sup>। प्राकृतिक उत्पादों से टेट्रासाइक्लिन (प्रतिजैविक), डिजिटॉक्सिन (कार्डिऑटोनिक ग्लाइकोसाइड), पिलोकार्पीन (ग्लूकोमा उपचार) और डॉक्सोर्बिसिन (कैंसर उपचार) जैसी कई महत्वपूर्ण दवाओं की खोज की गई है<sup>6</sup>। विज्ञान और प्रौद्योगिकी की सीमाओं के कारण, प्राकृतिक उत्पादों पर आधारित दवा अनुसंधान मुख्य रूप से स्थलीय जीवों तक सीमित था।

### प्राकृतिक उत्पाद-दवाओं की नैनो रणनीति

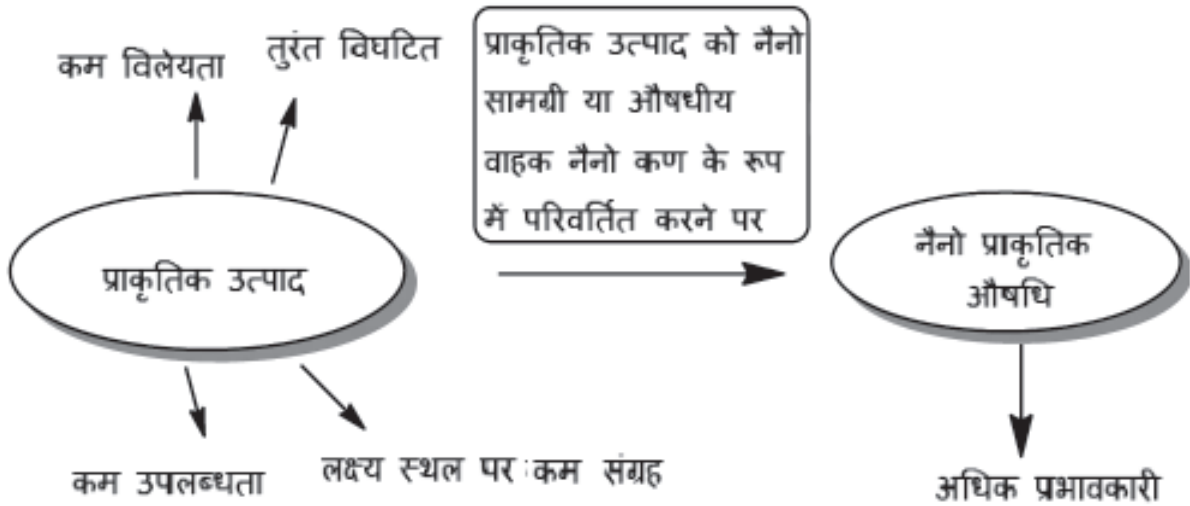
प्राकृतिक उत्पादों को नैनोकणों के रूप में उपयोग करने से उनकी चिकित्सकीय प्रभावशीलता बढ़ जाती है। अध्ययन दर्शाते हैं कि नैनो-सामग्री के उपयोग से सक्रिय अवयवों का लक्ष्य क्षेत्र में संचय बढ़ जाता है, प्रणालीगत विषाक्तता कम हो जाती है और घुलनशीलता में वृद्धि के कारण जैवउपलब्धता में सुधार होता है। इन-वीवो परीक्षणों में दवाओं की स्थिरता में सुधार होता है, और दवा प्रतिरोध कम हो जाता है<sup>7</sup> (चित्र 3)।

नैनोकैरियर ऐसे पदार्थ हैं जो प्राकृतिक दवाओं को संरक्षित और लक्षित रूप से वितरित करने में सहायक होते हैं। ये या तो सक्रिय





चित्र 2 – रोग-प्रतिरोधक कारक औषधीय पौधे



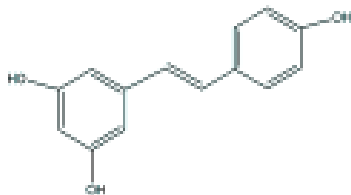
चित्र 3 – नैनो प्राकृतिक उत्पाद की गुणवत्ता

नैनोस्केल दवाएं, बड़ी हुई पारगम्यता और प्रतिधारण प्रभाव (EPR) के कारण, ट्यूमर कोशिकाओं में प्रभावी रूप से जमा होने के कारण उनकी चिकित्सकीय प्रभावशीलता बढ़ जाती है। नैनोकणों की सतह क्रियाशीलता (surface activity) होने से, ये लक्ष्य कोशिकाओं तक आसानी से वितरित हो जाती है एवं लक्ष्य क्षेत्र पर अवशोषण

क्षमता बढ़ जाती है, परिणामस्वरूप दवाओं की प्रभावकारिता में सुधार आता है<sup>13</sup>।

उदाहरण के लिए, कैप्टोथेसिन (CPT) एक साइटोटॉक्सिक विनोलीन एल्केलॉइड है, जो चीन में उगाए जाने वाले कैप्टोथेका एक्मिनटा की छाल और शाखाओं से अलग किया जाता है। इसकी

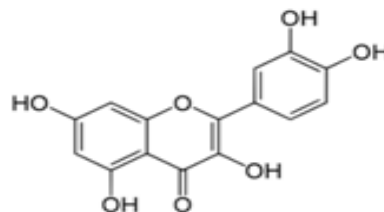
तालिका 1 – नैनोड्रग के रूप में उपयोग किये विभिन्न रासायनिक पदार्थ एवं उनके स्रोत



रासायनिक पदार्थ : रेस्वेरेट्रोल

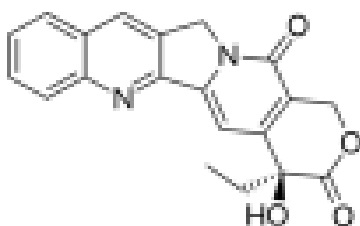
क्रियात्मक विशिष्टता : नॉन लेवोनोइड पोली फिनाॅल,

स्रोत : अंगूर, सेवफल, बेरी इत्यादि



रासायनिक पदार्थ : क्वरसेटिन क्रियात्मक विशिष्टता : स्रोत : साइट्रस

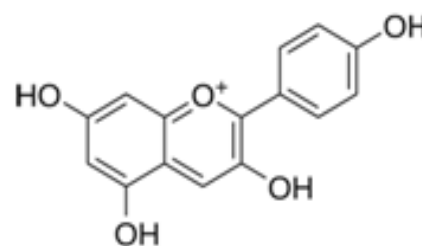
लेवोनोइड ग्लाइकोसाइड फल, प्याज



रासायनिक पदार्थ : करकुमिन क्रियात्मक विशिष्टता :

पोली फिनाॅल बीटा डाई कीटोन एरोमेटिक ईथर

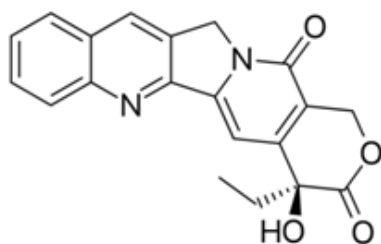
(डाइ फेरुलोयल मेथेन) स्रोत : करकुमा प्रजाति



रासायनिक पदार्थ : पेलारगोनिडीन

क्रियात्मक विशिष्टता : एंथोसायनिडीन

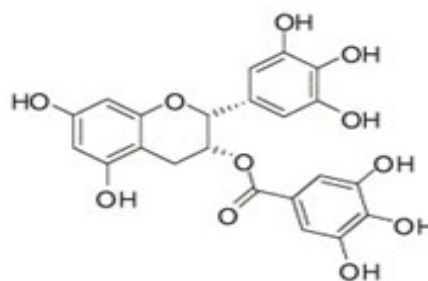
स्रोत : बेरी



रासायनिक पदार्थ : केम्पटोथेसिन

क्रियात्मक विशिष्टता : मोनोटरपीन इन्डोल एल्केलोइड

स्रोत : केम्पटोथेसिया प्रजाति



रासायनिक पदार्थ : एपिगेलोकेटेचिन-3-गैलेट

क्रियात्मक विशिष्टता : पॉली फिनोलिक घटक

स्रोत : ग्रीन टी

कैंसररोधी गतिविधि को अमेरिकी खाद्य एवं औषधि प्रशासन (FDA) द्वारा अनुमोदित किया गया और इसका व्यापक रूप से विभिन्न प्रकार के ट्यूमर के इलाज के लिए उपयोग किया जाता है<sup>14</sup>। CPT टोपोआइसोमरेज़, इन्हिबिटर के रूप में कार्य करता है, जिससे DNA की पुनरावृत्ति बाधित हो जाती है और ट्यूमर कोशिकाओं की वृद्धि रुक जाती है।

कैंपटोथेसिन को नैनोकैरियर-असिस्टेड ड्रग डिलीवरी, कैरियर मुक्त नैनोड्रग्स और प्रोड्रग्स के आधार पर कैंसर उपचार हेतु डिजाइन किया जाता है। CRLX101 एक कंजुगेट नैनोफार्मास्युटिकल ड्रग है, जिसे CPT को साइक्लोडेक्सट्रिन पॉलीमर के साथ संयुग्मित किया गया है। CPT नैनो कणों के साथ साइक्लोडेक्सट्रिन जुड़ जाता है, और CPT

को कैंसर कोशिकाओं पर मुक्त कर देता है। गौर एवं अन्य ने उन्नत ठोस मेलिगनेंसी वाले रोगी के नमूनों पर चरण 1/2, नैदानिक परीक्षणों में CRLX101 के चिकित्सीय प्रभावों की सूचना दी<sup>15</sup>। रिपोर्ट किए गए अध्ययन से पता चला है कि CRLX101 ने बेहतर सहनशीलता,

सुरक्षा, प्रभावकारिता और फार्माकोकाइनेटिक विशेषताओं के साथ ट्यूमर सेल प्रसार और एंजियोजेनेसिस को महत्वपूर्ण रूप से बाधित किया। विभिन्न रोगों के उपचार में उपयोग की जाने वाली प्राकृतिक औषधियाँ (तालिका 2) में दिखाई गई है।

तालिका 2 – नैनो फॉर्मूलेशन के रूप में उपयोग की जाने वाली प्राकृतिक औषधियाँ और उनके चिकित्सकीय अनुप्रयोग

बीमारी	प्राकृतिक यौगिक एवं स्रोत	नैनो फॉर्मूलेशन	चिकित्सकीय लाभ
डायबिटीज (मधुमेह मेलिटस)	पेलागॉनिडिन (स्ट्रॉबेरी, अंगूर, अनार, लाल गोभी)	मधुमेह मेलिटस के उपचार में पेलागॉनिडिन (एक फ्लावोनोइड) का उपयोग किया जाता है, जिसे पॉलीलैक्टिक-को-ग्लाइकोलिक एसिड (PLGA)) में संपुटित कर नैनो पेलागॉनिडिन (~12 nm) तैयार किया जाता है	PLGA बायोडिग्रेडेबल एवं बायो कम्पेटिबल पॉलीमर है जो पेलागॉनिडिन को हीमोग्लोबिन ग्लाइकेशन, हीम प्रोटीन से आयरन रिलीज और आयरन-मध्यस्थ ऑक्सीडेटिव क्षति का प्रतिकार करने में सहायक होता है जिससे मधुमेह को रोका जा सकता है यह अग्नाशय से बीटा कोशिकाओं को स्रावित करने के लिए उत्तेजित भी करता है <sup>16</sup>
अल्जाइमर रोग	क्वर्सेटिन (प्याज, सेब, जामुन, अंगूर और हरी चाय)	अल्जाइमर रोग के उपचार में क्वर्सेटिन आधारित PLGA नैनोकण का उपयोग किया गया	PLGA-QT नैनोकण अल्जाइमर रोग में मस्तिष्क की क्षति को कम करने में मदद कर सकते हैं। ये A $\beta$ पट्टिकाओं के गठन को रोक कर तंत्रिका तंत्र की रक्षा करता है <sup>17</sup>
पार्किन्सन रोग	शिज़ेंड्रिन, (SA) बेरी शिसांद्रा चाइनेसिस	पार्किन्सन रोग के उपचार में स्किज़ेंड्रिन, (SA) को नैनोकणों में समाहित करने के लिए मेथॉक्सी पॉली (एथिलीन ग्लाइकॉल)-ब्लॉक-पॉली(D, L)-लैक्टिक-को-ग्लाइकोलिक एसिड का उपयोग किया (Chen <i>et al</i> )	इसमें कैंसर रोधी, न्यूरोप्रोटेक्टिव और एंटीऑक्सीडेंट गुण होते SA हैं,। आधारित नैनो-फार्मूलेशन को पार्किन्सन रोग में न्यूरो प्रोटेक्शन बढ़ाने के लिए उपयोग किया जाता है। SANPs, रक्त-मस्तिष्क अवरोध (BBB) को पार करने और मस्तिष्क तक पहुंचने की SA की क्षमता में सुधार करते हैं, जिससे इसकी जैव उपलब्धता और चिकित्सीय प्रभावकारिता बढ़ जाती है <sup>18</sup> ।
हृदय रोग	करक्यूमिन, रेस्वेराट्रोल, और एपिगैलोकैटेचिन-3-गैलेट (हल्दी, अंगूर, अंगूर वाइन, बेरीस, सब्जियाँ)	हृदय रोग के उपचार में सालिड लिपिड नैनोकण (SLN) और नैनोसंरचित लिपिड वाहक (NLC) (कण आकार 160-190 nm के बीच)	ये नैनो फॉर्मूलेशन, रेस्वेराट्रोल को विघटन से बचाते हैं और आंतों की पारगम्यता को बढ़ा देते हैं जिससे घुलनशीलता एवं जैव-उपलब्धता बढ़ जाती है और दवा मुख से लेने के लिए उपयुक्त हो जाती है <sup>19</sup> ।

**उपसंहार**

पारंपरिक औषधियाँ और शास्त्रीय चिकित्सीय हमेशा एक नवीन चिकित्सकीय दवा के विकास के लिए सहायक रहे हैं। नई संक्रामक बीमारियों और दवा प्रतिरोध में वृद्धि को रोकने के लिए दवाओं को डिज़ाइन और विकसित करने के लिए नवोन्मेषी तरीकों की जरूरत है। फॉर्मूलेशन के दौरान, घुलनशीलता, जैव स्थिरता, विषाक्तता और अनियंत्रित फार्माकोकाइनेटिक्स जैसे कारकों को लिपोसोम, पॉलिमर, चिटोसैन या डेंड्रिमर्स का उपयोग करके दूर किया जा सकता है। मानव शरीर में दवा प्रतिरोध की चुनौतियों एवं अवांछनीय दुष्प्रभावों को कम करने के लिए नित्य अनुसंधान किए जा रहे हैं, जिससे समाज को अधिक से अधिक लाभ मिल सके। स नैनोटेक्नोलॉजी के उपयोग से नैनोड्रग को इस तरह डिज़ाइन किया जा रहा है, शरीर में आसानी से घुलकर सीधे लक्ष्य कोशिकाओं पर कार्य कर अपना प्रभाव दर्शाती है, जिससे शरीर में होने वाले अवांछनीय दुष्प्रभाव को रोका जा सके।

**सन्दर्भ**

- Roy A, Khan A, Ahmad I, Alghamdi S, Rajab B S, Babalghith A O, Alshahrani Md- Y, Islam S, Islam Md- R (2022). Flavonoids a Bioactive Compound from Medicinal Plants and Its Therapeutic Applications- Biomed Res Int, 5445291.
- Ali H, Ali D, Almutairi B O, Kumar G, Karga G A, Masi C, Sundramurthy V P (2022). Synergistic effect of conventional medicinal herbs against different pharmacological activity. Biomed Res Int doi: 10.1155/2022/7337261.
- Wani M C, Taylor H L, Wall M E, Coggon P, Mc Phail A T (1971). Plant antitumor agents: VI. The isolation and structure of taxol, a novel antileukemic and antitumor agent from *Taxus brevifolia*- Journal of the American Chemical Society 93(9): 2325.2327.
- Patridge E, Gareiss P, Kinch M S, and Hoyer D (2016). An analysis of FDA-approved drugs: Natural products and their derivatives. Drug Discovery Today 21(2): 204.207. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2015.01.009>.
- Gaynes R (2017). The Discovery of Penicillin. New Insights After More Than 75 Years of Clinical Use. Emerg Infect Dis. 23(5):849.853. doi:10.3201/eid2305.161556.
- Dias D A, Urban S, Roessner Ute (2012). A historical overview of natural products in drug discovery. 2(2):303.336. doi:10.3390/metabo2020303.
- Huang Li, Huang X H, Yang X, Hu J Q, Zhu Y Z, Yan P Y, Xie Y (2024). Novel nano-drug delivery system for natural products and their application. Pharmacological Research, 201 <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2024.107100>
- Gressler S et al (2025). A systematic review of nanocarriers used in medicine and beyond-definition and categorization framework. Journal of Nanobiotechnology, 23, 90.
- Asgharian P, Tazekand A P, Hosseini K, Forouhandeh H, Ghasemnejad T, Ranjbar M, Hasan M, Kumar M, Beirami S M, Tarhriz V, Soofiyan S R, Kozhamzharova L, Sharifi-Rad J, Calina D, Cho C W (2022). Potential mechanism of quercetin in cancer prevention : focus on cellular and molecular targets. Cancer cell international, 22, 257.
- Dutta S., Mahalanobish S., Saha S., Ghosh S., and Sil P. C, (2019). "Natural products: an upcoming therapeutic approach to cancer," Food and Chemical Toxicology, 128, 240.255.
- Liu N, Huang H, Liu S et al. (2014). "Calcium channel blocker verapamil accelerates gambogic acid-induced cytotoxicity via enhancing proteasome inhibition and ROS generation, Toxicology In Vitro, 28 (3), 419.425.
- Ouyang L, Luo Y, Tian M et al. (2014). Plant natural products: from traditional compounds to new emerging drugs in cancer therapy. Cell Proliferation, vol. 47, no. 6, pp. 506.515.
- Nakamura Y, Mochida A, Choyke P L, Kobayashi H. (2016). Nano-drug delivery: Is the enhanced permeability and retention (EPR) effect sufficient for curing cancer? Bioconjug Chem 2, 27(10):2225.2238.
- Martino E, Della Volpe S, Terribile E et al (2017). The long story of camptothecin: from traditional medicine to drugs. Bioorganic - Medicinal Chemistry Letters, 27 (4), 701.707.
- Gaur S, Wang Y, Kretzner L et al (2014). Pharmacodynamic and pharmacogenomic study of the nanoparticle conjugate of camptothecin

- CRLX101 for the treatment of cancer. *Nanomedicine*, 10(7), 1477-1486.
16. Sharmah B, Borthakur A, Manna P (2024). PLGA-Based Drug Delivery Systems: A Promising Carrier for Antidiabetic Drug Delivery advanced therapeutics <https://doi.org/10.1002/adtp.202300424>.
  17. SunD, Li N, ZhangW, ZhaoZ, Mou Z, HuangD, Liu J, Wang W (2016). Design of PLGA functionalized quercetin nanoparticles for potential use in Alzheimer's disease. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 148, 116-129.
  18. Chen et al (2017). Small-Sized mPEG-PLGA Nanoparticles of Schisantherin A with Sustained Release for Enhanced Brain Uptake and Anti-Parkinsonian Activity *ACS Appl Mater Interfaces*, 22,9(11),9516-9527. doi: 10.1021/acsami.7b01171
  19. Naseri N, ValizadehH, Milani P Z, *Adv Pharm Bull* (2015). Solid Lipid Nanoparticles and Nanostructured Lipid Carriers: Structure, Preparation and Application 19, 5(3), 305-313. doi: 10.15171/apb.2015.043.