



## عنوان مقاله:

# کاربرد فناوری نانو و بیومواد در بهبود سیستم های دارورسانی و پزشکی احیاکننده: چالش ها و افق های نوین

نسیم خوارزمی نژاد

دانشجوی دکترای تخصصی دانشگاه آزاداسلامی، واحد تهران جنوب

ریحانه دولتی خواه

دانشجویی کارشناسی دانشگاه آزاداسلامی واحد اردبیل

ملیکا اقا محمدیان

دانشجویی کارشناسی دانشگاه آزاداسلامی واحد اردبیل

## چکیده:

فناوری نانو با بهینه سازی انتقال دارو، افزایش فراهمی زیستی و کاهش عوارض جانبی، تحولی اساسی در سیستم های دارورسانی ایجاد کرده است {Emeihe, ۲۰۲۴ #۲}. این مطالعه به بررسی تأثیر نانوحامل ها - از جمله نانوذرات پلیمری، نانوذرات لیپیدی و نقاط کوانتومی - بر کنترل رهایش دارو، افزایش نیمه عمر دارویی و بهبود هدف گیری دارو پرداخته است. {Trucillo, ۲۰۲۴ #۱} یافته ها نشان می دهد که به کارگیری این سامانه ها موجب افزایش اثربخشی درمان، کاهش سمیت و بهبود نفوذ دارو به بافت های هدف می شود. همچنین، کاربرد فناوری نانو در درمان بیماری های مزمن، سرطان و اختلالات عصبی، امکان شخصی سازی درمان و کاهش دوز مصرفی را فراهم ساخته است {Emeihe, ۲۰۲۴ #۲}. علی رغم مزایای فراوان، چالش هایی نظیر پیچیدگی تولید، نگرانی های مربوط به سمیت بالقوه و نیاز به استانداردهای نظارتی دقیق وجود دارد. توسعه روش های نوین مهندسی نانوحامل ها و بهبود ایمنی زیستی، می تواند راهگشای تحقیقات آینده در جهت افزایش کارایی و پذیرش بالینی این فناوری باشد {Emeihe, ۲۰۲۴ #۲}.

**کلمات کلیدی:** بیومواد، سیستم های دارورسانی، پزشکی احیاکننده، ابزارهای تشخیصی، هدف گیری دارویی، فناوری نانو، درمان هدفمند



## مقدمه:

تحويل مؤثر و هدفمند دارو همواره یکی از چالش‌های اساسی در علوم دارویی و پزشکی بوده است. روش‌های سنتی دارورسانی به دلیل انتشار غیرهدفمند، فراهمی زیستی پایین و بروز اثرات جانبی گسترده، کارایی محدودی داشته‌اند. (Emeihe, Nwankwo et al. ۲۰۲۴). پیشرفت در فناوری‌های نوین از جمله فناوری نانو و استفاده از بیومواد زیست‌سازگار، موجب تحول چشمگیری در این حوزه شده است. (Trucillo ۲۰۲۴) نانوحامل‌های دارویی و بیومواد زیست‌تخریب‌پذیر با فراهم‌آوری سامانه‌های کنترل‌شده، امکان بهبود سینتیک آزادسازی دارو، افزایش پایداری و کاهش سمیت دارویی را به وجود آورده‌اند. (Emeihe, Nwankwo et al. ۲۰۲۴)

## اهداف پژوهش:

فرضیه اصلی این پژوهش بر این مبنا است که ترکیب فناوری نانو با بیومواد زیست‌سازگار می‌تواند منجر به بهبود کارایی درمان‌های دارویی و کاهش عوارض جانبی شود. (Trucillo ۲۰۲۴)

## روش تحقیق:

در این مطالعه، از روش مرور سیستماتیک بر روی مقالات و پژوهش‌های علمی معتبر در حوزه دارورسانی، مهندسی بافت و فناوری نانو استفاده شده است. (Trucillo ۲۰۲۴) داده‌ها از پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر استخراج و با استفاده از تحلیل‌های کیفی و مقایسه‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Emeihe, Nwankwo et al. ۲۰۲۴). ابزارهای پژوهشی شامل بررسی مطالعات موردی، مقایسه داده‌ها و تحلیل نتایج پژوهش‌های پیشین می‌باشد (Trucillo ۲۰۲۴).

## پیشینه تحقیق:

تحقیقات انجام شده در دو دهه گذشته نشان می‌دهد که توسعه سیستم‌های نانودارورسانی و بیومواد هوشمند به پیشرفت‌های قابل‌توجهی در درمان بیماری‌هایی نظیر سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی منجر شده است. (Emeihe, Nwankwo et al. ۲۰۲۴) با این حال، چالش‌هایی همچون اختلالات عصبی، پیچیدگی تولید، سمیت بالقوه نانومواد و نیاز به استانداردهای نظارتی دقیق همچنان به عنوان موانع اساسی مطرح هستند (Trucillo ۲۰۲۴).



## مطالعات مرتبط:

این مقاله فناوری تولید افزایشی را در ساخت سامانه‌های دارورسانی مبتنی بر پلیمرهای زیستی بررسی کرده و چالش‌ها و مزایای آن را تحلیل می‌کند {Borandeh, ۲۰۲۱ #۵}. این تحقیق نقش نانوالیاف زیستی با ساختارهای متناسب در بهبود کارایی سیستم‌های دارورسانی دارویی را نقد و بررسی می‌کند. این مطالعه پیشرفت‌های فناوری چاپ سه‌بعدی در مهندسی بافت و کاربردهای آن در توسعه سامانه‌های دارورسانی نوین را مورد ارزیابی قرار می‌دهد {Li, ۲۰۲۰ #۶}. این مقاله مروری جامع بر طبقه‌بندی سیستم‌های حامل دارو، شیوه‌های تجویز و پروفاایل‌های آزادسازی دارو به همراه رویکردهای صنعتی ارائه می‌دهد {Trucillo, ۲۰۲۱ #۸}. این مقاله به بررسی طبقه‌بندی نانوذرات، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کاربردهای آن‌ها در حوزه‌های مختلف زیست‌شناسی می‌پردازد {Joudeh, ۲۰۲۲ #۹}. این تحقیق شواهد تجربی و نقد انتقادی در مورد کاربرد بیومتریال‌های زیستی در بهبود سیستم‌های دارورسانی و کاربردهای پزشکی ارائه می‌دهد {Emeihe, ۲۰۲۴ #۳}. این مقاله اصول دارورسانی هدفمند با استفاده از فناوری نانو، چالش‌های موجود و افق‌های آینده در تحول سیستم‌های دارورسانی را مورد بررسی قرار می‌دهد {Tewabe, ۲۰۲۱ #۱۱}.

## یافته‌ها:

یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که استفاده از نانوحامل‌ها و بیومواد زیست‌سازگار در سیستم‌های دارورسانی موجب افزایش دقت در هدف‌گیری دارو، بهبود فراهمی زیستی و کاهش عوارض جانبی می‌شود. (Emeihe, Nwankwo et al. ۲۰۲۴). نتایج به دست آمده با مطالعات پیشین هم‌راستا بوده و نشان می‌دهد که به‌کارگیری نانوذرات پلیمری، لیپوزوم‌ها و سایر نانوحامل‌ها، در کنترل رهایش دارو و ارتقای اثربخشی درمانی مؤثر است. علاوه بر این، استفاده از بیومواد در مهندسی بافت و توسعه ایمپلنت‌های قابل جذب، با نتایج سایر پژوهشگران در جهت بهبود عملکرد و کاهش سمیت سیستم‌های دارورسانی همخوانی دارد. (Trucillo ۲۰۲۴)

## جداول

Biomaterial	Description	Applications	Ref.
Poly(lactic-co-glycolic acid) (PLGA)	Biodegradable copolymer used for sustained drug release	Microspheres, nanoparticles, implants	[84]
Liposomes	Spherical lipid vesicles that can encapsulate hydrophobic and hydrophilic drugs	Targeted drug delivery, gene therapy	[85]
Alginate	Natural polysaccharide derived from algae, forms hydrogels	Controlled drug release, wound healing	[86]
Chitosan	Biopolymer derived from chitin, forms hydrogels	Oral drug delivery, wound dressings	[87]
Hyaluronic Acid (HA)	Natural component of the extracellular matrix	Ophthalmic, joint injections, skin creams	[88]
Polyethylene Glycol (PEG)	Synthetic polymer used to improve drug solubility	Nanoparticles, conjugates	[89]
Cyclodextrins	Cyclic oligosaccharides used for drug encapsulation	Increasing drug solubility	[90]
Dendrimers	Highly branched macromolecules with precise structures	Targeted drug delivery, gene therapy	[91]
Poly(lactic Acid) (PLA)	Biodegradable polymer	Nanoparticles, implants	[92]
Polymeric Micelles	Self-assembling structures formed by amphiphilic block copolymers	Solubilization and delivery of hydrophobic drugs	[93]

جدول ۱- فهرستی از بیومواد مورد استفاده برای سیستم های دارورسانی (Trucillo ۲۰۲۴)

Biomaterial	Description	Applications	Ref.
Collagen	Major structural protein in the extracellular matrix	Skin, bone, cartilage, nerve, and dental tissue engineering	[97]
Hyaluronic Acid (HA)	Natural component of connective tissues	Ophthalmic, osteoarthritis, and wound healing	[98]
Poly(lactic-co-glycolic acid) (PLGA)	Biodegradable copolymer	Scaffold for various tissues, such as bone, cartilage, and nerves	[99]
Chitosan	Biopolymer derived from chitin	Skin, cartilage, bone, and vascular tissue engineering	[100]
Decellularized Extracellular Matrix (ECM)	Natural tissue matrix with cells removed	Various tissues, including heart, liver, and kidney	[101]
Gelatin	Derived from collagen, biocompatible	Soft tissue engineering, cell encapsulation	[102]
Silk	Natural protein fiber	Nerve regeneration, skin, and bone tissue engineering	[103]
Alginate	Derived from seaweed, forms hydrogels	Encapsulation and 3D printing of cells and tissues	[104]
Polycaprolactone (PCL)	Biodegradable synthetic polymer	Bone and cartilage tissue engineering	[105]
Polyglycolic Acid (PGA)	Biodegradable synthetic polymer	Scaffold for various tissues, including bone and cartilage	[106]
Polyethylene Glycol (PEG)	Biocompatible synthetic polymer	Cell encapsulation, vascular tissue engineering	[107]
Calcium Phosphates	Bioceramics, such as hydroxyapatite and tricalcium phosphate	Bone and dental tissue engineering	[108]

جدول ۲- فهرستی از بیومواد مورد استفاده در مهندسی بافت (Trucillo ۲۰۲۴)

Biomaterial	Description	Properties/Advantages	Ref.
Titanium and Titanium Alloys	Lightweight, strong, corrosion-resistant metals	Orthopedic implants (joint replacements, bone plates)	[109]
Stainless Steel	Durable, corrosion-resistant steel alloy	Stents, orthopedic implants	[110]
Cobalt-Chromium Alloys	High-strength alloys with excellent wear resistance	Orthopedic implants, heart valves	[111]
Polyethylene	Durable and biocompatible polymer	Joint replacements (as bearing surfaces)	[112]
Silicone	Biocompatible elastomer	Breast implants, catheters	[113]
Polymethyl Methacrylate (PMMA)	Biocompatible thermoplastic polymer	Bone cement for joint replacements	[114]
Polyurethane	Flexible and biocompatible polymer	Heart valves, catheters, pacemaker leads	[115]
Polyetheretherketone (PEEK)	Biocompatible thermoplastic polymer	Spinal implants, dental devices	[116]
Zirconia	Bioceramic with excellent mechanical properties	Dental implants, hip replacements	[117]
Poly-Lactic Acid (PLA)	Biodegradable polymer	Temporary implants and drug-eluting devices	[118]
Hydrogels	Water-absorbent materials with tunable properties	Drug delivery, tissue scaffolds	[119]
Nitinol (Nickel-Titanium)	Shape memory alloy	Stents, guidewires, and orthopedic devices	[120]
Tantalum	Biocompatible metal with high corrosion resistance	Orthopedic implants and bone screws	[121]

جدول ۳- فهرستی از بیومواد مورد استفاده برای دستگاه های قابل کاشت (Trucillo ۲۰۲۴)



Biomaterial	Application	Properties/Advantages	Ref.
Silicon	Microfluidic chips, sensors	High thermal conductivity, compatibility with electronics	[122]
Glass	Microscope slides, microfluidics	Transparency, chemical resistance, biocompatibility	[123]
Polydimethylsiloxane (PDMS)	Microfluidic devices	Transparency, flexibility, ease of fabrication	[124]
Polystyrene (PS)	Cell culture dishes, multi-well plates	Biocompatibility, rigidity	[125]
Polyethylene (PE)	Disposable pipettes, tubes	Low cost, chemical resistance, ease of molding	[126]
Polypropylene (PP)	Disposable microplates	Chemical resistance, thermal stability	[127]
Polycarbonate (PC)	Microplates, labware	Clarity, durability, heat resistance	[128]
Polyurethane (PU)	Catheters, tubing	Flexibility, durability, biocompatibility	[129]
Gold	Biosensors, nanoparticles	High surface area, conductive properties, bioconjugation	[130]
Nitrocellulose	Immunoassays, lateral flow assays	Rapid capillary flow, protein binding capacity	[131]
Hydrogels	Drug delivery, biosensors	Water absorption, biocompatibility, tunable properties	[132]
Paper	Lateral flow assays, diagnostic cards	Low cost, portability, capillary flow	[133]
Biodegradable polymers	Controlled drug release	Biocompatibility, controlled degradation	[134]
Magnetic nanoparticles *	Magnetic resonance imaging (MRI)	Magnetic properties for contrast enhancement	[135]

جدول ۴- فهرستی از بیومواد مورد استفاده برای ابزار های تشخیصی (Trucillo ۲۰۲۴)

Biomaterial	Application	Properties/Advantages	Refs.
Collagen	Tissue engineering, wound healing	Natural component of extracellular matrix, biocompatible	[136]
Hyaluronic Acid	Dermal fillers, tissue scaffolds	High water-binding capacity, lubrication, biocompatible	[137]
Chitosan	Scaffolds, drug delivery	Biodegradable, biocompatible, antimicrobial properties	[138]
Alginate	Cell encapsulation, tissue engineering	Gel-forming, biocompatible, ease of shaping	[139]
Poly(lactic-co-glycolic acid)	Drug delivery, scaffolds	Biodegradable, tunable degradation rates, biocompatible	[140]
Decellularized Tissues	Organ and tissue transplantation	Retains natural extracellular matrix, minimizes immune response	[141]
Hydroxyapatite	Bone grafts, dental applications	Similar composition to bone mineral, osteoconductive	[138]
Deminerlized Bone Matrix (DBM)	Bone regeneration	Osteoinductive properties, supports new bone growth	[142]
Polycaprolactone	Scaffolds, tissue engineering	Biodegradable, mechanical strength	[143]
Fibrin	Wound healing, tissue engineering	Natural clotting protein, supports cell migration	[144]
Silk Fibroin	Tissue scaffolds, drug delivery	Biocompatible, mechanical strength, tunable degradation	[145]
PEG	Hydrogels, drug delivery	Biocompatible, tunable properties	[146]
Stem Cells	Regeneration of various tissues	Pluripotent or multipotent cells for tissue repair	[147]
ECM	Tissue engineering, wound healing	Retains tissue-specific structural cues, promotes cell adhesion	[148]

جدول ۵- فهرستی از بیومواد مورد استفاده در پزشکی احیا کننده (Trucillo ۲۰۲۴)

Biomaterial	Application	Properties/Advantages	Refs.
HEK 293 Cells	Protein expression, drug target validation.	High transfection efficiency, widely used.	[149]
MCF-7 Cells	Breast cancer research, drug screening.	Representative for breast cancer.	[150]
A549 Cells	Lung cancer and respiratory disease drug studies.	Relevant for lung cancer.	[151]
HUVEC (Human Umbilical Vein Endothelial Cells)	Vascular and cardiovascular drug research.	Mimic human vascular conditions.	[152]
CaCO-2 Cells	Drug transport and oral absorption studies.	Representative of the intestinal barrier.	[153]
iPSCs (Induced Pluripotent Stem Cells)	Disease modeling and personalized medicine.	Generated from patient cells.	[154]
3D Cell Models	Physiologically relevant cell behavior studies.	Recapitulate tissue-like environments.	[155]
Hepatocytes	Liver metabolism and toxicity studies.	Essential for liver drug metabolism research.	[156]
THP-1 Cells	Inflammation and immune response drug research.	Immunology and drug screening.	[157]
Tumor Xenograft Models	Replicate human cancer for in vivo drug testing.	Mimic human cancer conditions for testing.	[158]
Zebrafish Models	High-throughput screening and developmental studies.	Transparent embryos for live imaging.	[159]
Human Tissue Microarrays	Tissue sample analysis and biomarker identification.	Efficient analysis of multiple samples.	[160]
Chitosan-Based Hydrogels	Tissue engineering and controlled drug delivery.	Biocompatible, versatile scaffold.	[161]
PLGA Nanoparticles	Drug encapsulation and targeted drug delivery.	Controlled release.	[162]
Monoclonal Antibodies	Biologic drug development and immunotherapy.	High specificity and therapeutic potential.	[163]
Peptide Nucleic Acids	Genetic research, molecular biology, and gene therapy.	Sequence-specific hybridization.	[164]

جدول ۶- فهرستی از بیومواد مورد استفاده برای غربالگری و تحقیقات دارویی (Trucillo ۲۰۲۴)

Biomaterial	Application	Properties/Advantages	References
Quantum Dots	Fluorescent labeling for cellular and molecular imaging.	High brightness, tunable emission, and photostability.	[165]
Fluorescent Proteins	Tagging proteins and tracking cellular processes.	Genetically encoded, non-invasive imaging.	[166]
Gold Nanoparticles	Contrast agents for electron microscopy and optical imaging.	Excellent light scattering and high contrast.	[165]
Iron Oxide Nanoparticles	Magnetic resonance imaging (MRI) contrast agents.	High relaxivity for sensitive MRI detection.	[167]
Upconversion Nanoparticles	Multispectral imaging and deep tissue imaging.	Low autofluorescence and minimal photodamage.	[168]
Carbon Nanotubes	Optical imaging and drug-delivery carriers.	Strong absorbance in the near-infrared region.	[169]
Fluorescent Dyes	Versatile for various bioimaging techniques.	Bright fluorescence and broad color range.	[170]
Liposomes	Drug delivery and encapsulation of imaging agents.	Easy modification and controlled drug release.	[171]
Magnetic Nanoparticles	Magnetic resonance imaging (MRI) contrast agents.	Safe and non-toxic for in vivo imaging.	[172]
Silica Nanoparticles	Labeling and tracking cellular events.	High stability and easy surface functionalization.	[173]
Gold Nanorods	Imaging and photothermal therapy applications.	Strong absorbance in the near-infrared region.	[174]
Biosensors	Detect and quantify specific biomolecules in real-time.	High sensitivity and specificity.	[175]
Nanodiamonds	Multimodal imaging, including MRI and fluorescent imaging.	Stable and long-lasting fluorescence.	[176]
Optical Coherence Tomography (OCT)	Enhance depth-resolved imaging in ophthalmology.	Real-time imaging and non-invasive.	[177]
Peptide Nanotubes	Cellular imaging and drug delivery.	Biocompatibility and ease of functionalization.	[178]

جدول ۷- فهرستی از بیومواد مورد استفاده برای تصویربرداری زیستی (Trucillo ۲۰۲۴)

Biomaterial	Application	Properties/Advantages	References
Adjuvants (Aluminum salts)	Enhance immune response and vaccine efficacy.	Proven safety and effectiveness in many vaccines.	[179]
Virus-like Particles (VLPs)	Mimic viral structures to stimulate the immune system.	Safer than using live or inactivated viruses.	[180]
Recombinant Proteins	Present antigens to induce specific immune responses.	Highly purified and well-defined antigens.	[181]
DNA Vaccines	Deliver genetic material encoding antigens for immune response.	Easy production and modification.	[182]
mRNA Vaccines	Use synthetic mRNA to instruct cells to produce antigens.	Rapid development and potential for personalized vaccines.	[183]
Viral Vector Vaccines	Modified viruses deliver antigens to trigger immune response.	Strong and long-lasting immune responses.	[184]
Live Attenuated Vaccines	Use weakened forms of pathogens for immune stimulation.	Often provide robust and long-lasting immunity.	[185]
Inactivated Vaccines	Use killed pathogens to induce an immune response.	Safer than live vaccines but still provide protection.	[186]
Nanoparticles (e.g., liposomes)	Deliver antigens and adjuvants to enhance vaccine performance.	Improved stability and immune response.	[187]
Protein Subunit Vaccines	Use purified pieces of pathogens as antigens.	Safe and well-tolerated, no risk of causing disease.	[188]
Virus Vectedored Subunit Vaccines	Combine virus vectors with subunit antigens for strong immune response.	Induce both cellular and humoral immune responses.	[189]
Polysaccharide Conjugate Vaccines	Link bacterial polysaccharides to proteins for better immune recognition.	Effective against bacterial diseases.	[190]
Lipid Nanoparticles (LNPs)	Deliver mRNA and other vaccine components efficiently.	Facilitate cellular uptake and mRNA translation.	[191]
Cell-Based Vaccines	Use cultured cells to produce antigens for vaccine development.	Scalable and adaptable for various pathogens.	[192]
Adenovirus-based Vaccines	Utilize adenoviruses to deliver genetic material for antigen production.	Strong immune responses, particularly against viral diseases.	[193]

جدول ۸- فهرستی از بیومواد مورد استفاده برای تولید واکسن (Trucillo ۲۰۲۴)

## بحث و نتیجه گیری:

یافته‌های به دست آمده نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های نانو و بیومواد زیست‌سازگار در سیستم‌های دارورسانی، می‌تواند دقت هدف‌گیری دارو، فراهمی زیستی و اثربخشی درمان را بهبود بخشد (Trucillo ۲۰۲۴). با این وجود، چالش‌هایی نظیر پیچیدگی‌های تولید، نگرانی‌های مربوط به سمیت بالقوه و نیاز به استانداردهای نظارتی دقیق، همچنان از موانع اصلی محسوب می‌شوند. لذا، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده بر توسعه روش‌های سنتز نوین، بهبود ایمنی زیستی و کنترل دقیق‌تر نرخ رهایش دارو متمرکز شده و مطالعات مقایسه‌ای بین سیستم‌های دارورسانی سنتی و فناوری‌های نوین انجام گیرد تا بتوان استانداردهای کاربردی و نظارتی یکپارچه‌ای را در این حوزه تدوین کرد (Emeihe, Nwankwo et al. ۲۰۲۴).



## منابع

۱. Borandeh, S., van Bochove, B., Teotia, A., Seppälä, J. (۲۰۲۱). Polymeric Drug Delivery Systems by Additive Manufacturing. *Advanced Drug Delivery Reviews*, ۱۷۳, ۳۴۹–۳۷۳.
۲. Li, Z., Mei, S., Dong, Y., She, F., Li, Y., Li, P., Kong, L. (۲۰۲۰). Functional Nanofibrous Biomaterials of Tailored Structures for Drug Delivery—A Critical Review. *Pharmaceutics*, ۱۲, ۵۲۲.
۳. Tetsuka, H., Shin, S.R. (۲۰۲۰). Materials and Technical Innovations in 3D Printing in Biomedical Applications. *Journal of Materials Chemistry B*, ۸, ۲۹۳۰–۲۹۵۰.
۴. Trucillo, P. (۲۰۲۱). Drug Carriers: Classification, Administration, Release Profiles, and Industrial Approach. *Processes*, ۹, ۴۷۰.
۵. Joudeh, N., Linke, D. (۲۰۲۲). Nanoparticle Classification, Physicochemical Properties, Characterization, and Applications: A Comprehensive Review for Biologists. *Journal of Nanobiotechnology*, ۲۰, ۲۶۲.
۶. Zhang, K., Ma, B., Hu, K., Yuan, B., Sun, X., Song, X., Tang, Z., Lin, H., Zhu, X., Zheng, Y. (۲۰۲۲). Evidence-Based Biomaterials Research. *Bioactive Materials*, ۱۵, ۴۹۵–۵۰۳.
۷. Tewabe, A., Abate, A., Tamrie, M., Seyfu, A., Siraj, E.A. (۲۰۲۱). Targeted Drug Delivery—From Magic Bullet to Nanomedicine: Principles, Challenges, and Future Perspectives. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, ۱۴, ۱۷۱۱–۱۷۲۴.
۸. Emeihe, E. V., et al. (۲۰۲۴). "Revolutionizing drug delivery systems: Nanotechnology-based approaches for targeted therapy." *International Journal of Life Science Research Archive* ۷(۱): ۰۴۰-۰۵۸.
۹. Trucillo, P. (۲۰۲۴). "Biomaterials for drug delivery and human applications." *Materials* ۱۷(۲): ۴۵۶.