

راهبرد پژوهش، توسعه و تجاری‌سازی محصولات طبیعی زیستی: مطالعه تطبیقی چین و هند

دکتر شهریار اسلامی تبار^{۱*} 

۱- استادیار و مدیر گروه حقوق سلامت دانشگاه علوم پزشکی هوشمند

چکیده

اطلاعات

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۵

انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

دسترسی سریع به مقاله الکترونیکی



اطلاعات نویسنده مسئول:

شهریار اسلامی تبار

گروه حقوق سلامت دانشگاه علوم پزشکی هوشمند،

دانشگاه علوم پزشکی مجازی تهران، ایران

ایمیل: Eslamitabar.sh@vums.ac.ir

حیطه موضوعی:

علوم پایه و منابع طبیعی فرآورده های زیست طبیعی

زمینه و هدف: حوزه بین‌رشته‌ای محصولات طبیعی زیستی (Bio-Natural Products) در حال گذار از رویکرد سنتی مبتنی بر غربالگری تصادفی به سوی پارادایمی نوین است که بر درک مکانیسم‌های مولکولی، تولید پایدار و توسعه هدفمند داروها تأکید دارد. کشورهایی چون چین و هند با تکیه بر پیشینه غنی طب سنتی و تلفیق آن با فناوری‌های نوین زیست‌فناوری، توانسته‌اند سهم قابل توجهی از بازار جهانی داروهای طبیعی را به خود اختصاص دهند. در مقابل، ایران با وجود تنوع زیستی کم‌نظیر و سابقه دیرینه در دانش داروسازی سنتی، هنوز جایگاه مطلوبی در زنجیره ارزش این صنعت ندارد.

روش‌ها: این پژوهش با هدف ترکیب رویکرد سیاستی و چارچوب ملی توسعه محصولات طبیعی زیستی در ایران با الگوهای موفق آسیایی انجام شده است. بدین منظور، مقاله نخست، چارچوبی سه‌شاخه برای ساماندهی پژوهش‌ها ارائه می‌دهد که شامل محورهای «منبع و هویت»، «زیست‌سنتز و تولید» و «عملکرد و کاربرد زیستی» است و در کنار آن دکترین ملی توسعه، راهبردهای بومی‌سازی، سرمایه‌گذاری ترکیبی، مالکیت فکری و مدل‌های مالی نوآورانه را تبیین می‌کند. مقاله دوم نیز با استفاده از مدل تطبیقی (۱۹۶۴) Bereday، سیاست‌ها، ساختارهای علمی و اقتصادی چین و هند را تحلیل و راهکارهایی برای ایران پیشنهاد می‌کند.

یافته‌ها: تحلیل تلفیقی نشان می‌دهد که موفقیت در بخش محصولات زیست‌طبیعی به سیاست‌گذاری یکپارچه، حمایت مالی هدفمند، توسعه سرمایه انسانی و تلفیق دانش سنتی با زیست‌فناوری نوین وابسته است. یکپارچه‌سازی چارچوب‌های پژوهشی داخلی با مدل‌های تطبیقی بین‌المللی می‌تواند زمینه را برای ایجاد یک اقتصاد زیستی ملی پایدار در ایران فراهم کند. شاخص‌های کلیدی موفقیت شامل تعداد اختراعات ثبت‌شده، ایجاد ارزش در بازار، میزان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R&D) و رشد شرکت‌های دانش‌بنیان است.

نتیجه‌گیری: نتایج تلفیقی این دو رویکرد نشان می‌دهد که موفقیت در حوزه محصولات طبیعی زیستی، نیازمند سیاست‌گذاری یکپارچه، حمایت مالی هدفمند، توسعه سرمایه انسانی و ادغام دانش سنتی با فناوری‌های نوین است. تلفیق چارچوب پژوهشی داخلی با الگوهای تطبیقی بین‌المللی می‌تواند مسیر دستیابی به زیست‌اقتصاد ملی پایدار را برای ایران هموار سازد. شاخص‌های کلیدی موفقیت شامل تعداد پتنت‌های ثبت‌شده، ارزش بازار ایجادشده، میزان سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه، و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان تعریف می‌شوند.

کلید واژه‌ها: زیست‌سنتز، مهندسی متابولیک، راهبرد ملی، تجاری‌سازی، مالکیت فکری، سرمایه‌گذاری ترکیبی، سیاست سلامت.

کپی رایت: مجله بین‌المللی حقوق سلامت دسترسی آزاد؛ کپی برداری، توزیع و نشر برای استفاده غیر تجاری با ذکر منبع آزاد هست.



Strategic Development of Natural Bio-Based Products: A Comparative Study of China and India

1- Dr. Shahriar Eslami Tabar ^{1*} 

1. Department of Health Law, Smart University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Background and objective: The interdisciplinary field of Bio-Natural Products is currently shifting from a traditional, random screening approach toward a new paradigm emphasizing molecular mechanisms, sustainable production, and targeted drug development. Countries such as China and India, by combining their rich heritage of traditional medicine with modern biotechnological advances, have achieved remarkable success in the global natural products market. In contrast, despite Iran's exceptional biodiversity and ancient history in traditional pharmaceutical knowledge, it has not yet gained an appropriate position in the value chain of this emerging industry. This article aims to design an integrated and strategic framework for research and development in the field of bio-natural products, linking discovery to commercialization and policy implementation, based on a comparative perspective of China and India.

Methods: This study is based on a descriptive-analytical approach using academic papers, policy documents, and e-books. It consists of two complementary parts. The first introduces a three-pillar research framework encompassing "source and identity," "biosynthesis and production," and "biological function and application," while also formulating a national doctrine of development that addresses localization strategies, hybrid investment, intellectual property, and innovative financial models. The second applies Bereday's (1964) comparative model to analyze scientific, policy, and economic structures in China and India, with the aim of adapting effective practices to the Iranian context.

Findings: The combined analysis reveals that success in the bio-natural products sector depends on integrated policymaking, targeted financial support, human capital development, and the fusion of traditional knowledge with modern biotechnology. The integration of domestic research frameworks with international comparative models can pave the way for the establishment of a sustainable national bioeconomy in Iran. Key success indicators include the number of registered patents, market value creation, levels of R&D investment, and the growth of knowledge-based enterprises.

Conclusion: To achieve sustainable progress in the bio-natural products industry, Iran must adopt a unified national policy and strategic framework that bridges traditional knowledge and modern biosciences. Developing interdisciplinary research programs, supporting innovation ecosystems, and strengthening international collaborations will play a vital role in moving from discovery to commercialization.

Keywords: biosynthesis; metabolic engineering; national strategy; commercialization; intellectual property; hybrid investment; comparative policy; health biotechnology.

Received: 25 June 2026

Accepted: 16 August 2026

Published: 22 September 2026

Scan QR code and read the article online



Corresponding author:

Shahriar Eslami Tabar

Health Law Department, Smart University of Medical Sciences, Tehran Virtual University of Medical Sciences, Iran.

Email: Eslamitabar.sh@vums.ac.ir

Scope:

Basic Sciences and Natural Resources of Natural Products

Copyright: The International Journal of Health Law is an open-access journal. Copying, distribution, and publication for non-commercial purposes are permitted, provided that the source is properly acknowledged.

۱- مقدمه

محصولات طبیعی همواره به‌عنوان منبعی غنی برای اکتشاف داروها و ایده‌های شیمیایی جدید مورد توجه بوده‌اند.^{۱،۲} در عصر حاضر، چالش‌هایی نظیر کاهش تنوع زیستی، محدودیت در مقیاس‌پذیری تولید و هزینه‌های بالای توسعه دارو، ضرورت بازنگری در رویکردهای کلاسیک را بیش از پیش آشکار ساخته‌اند.^۳ همزمان بیش از ۶۰ درصد داروهای ضدسرطان ضد میکروب و ضد التهاب دارای منشأ طبیعی‌اند.^{۴،۵} فناوری‌های نوین در حوزه‌های اومیکس، مهندسی متابولیک،^۶ و هوش مصنوعی زمینه را برای اکتشاف هدفمند و تولید پایدار این ترکیبات فراهم کرده‌اند.^{۴،۵} در سطح جهانی، کشورهایی چون چین و هند با تلفیق دانش سنتی و فناوری زیستی مدرن الگوهای پیشرو در توسعه فرآورده‌های زیست‌طبیعی ارائه کرده‌اند. چین با اجرای «برنامه ملی توسعه طب سنتی ۲۰۳۵» و هند با ایجاد وزارت مستقل AYUSH و شبکه‌ای از دانشگاه‌های میان‌رشته‌ای، توانسته‌اند دانش بومی را به نظام نوآوری دارویی و صادراتی پیوند دهند.^{۷،۸} در ایران نیز با وجود غنای بی‌نظیر در گیاهان دارویی و دانش سنتی داروسازی، توسعه نظام‌مند این حوزه هنوز به بلوغ نرسیده است.^۹ چالش‌هایی از قبیل نبود سیاست واحد میاد وزارتخانه‌های مرتبط، کمبود حمایت مالی پایدار، فقدان نظام استاندارد سازی و مجلات علمی تخصصی مانع از پیشرفت مؤثر در این عرصه شده‌اند.^{۱۰} از سوی دیگر، فقدان یک چارچوب پژوهشی و اجرایی منسجم که بتواند ابزارهای نوین را در مسیری هماهنگ هدایت کند، ضرورت طراحی یک **دکترین ملی جامع** را دوچندان ساخته است. مقاله نخست با هدف ارائه چنین چارچوبی، سه شاخه اصلی شامل «منبع و هویت»، «زیست‌سنتز و تولید» و «عملکرد و کاربرد زیستی» را پیشنهاد کرده و مسیر ارتباط میاد پژوهش، سیاست‌گذاری کلان و مدل‌های مالی نوآورانه را ترسیم می‌نماید. مقاله دوم با تمرکز بر مقایسه تطبیقی سیاست‌های سلامت چین و هند، نشان داده است که رابطه‌ای مستقیم میاد سطح حمایت مالی و خروجی‌های نوآورانه وجود دارد ($r=0.91$). بر اساس این یافته، سیاست‌های ملی (X) با واسطه سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (M1) و توسعه صنعتی (M2) منجر به افزایش نوآوری (Y) می‌شوند. بنابراین، ایران برای دستیابی به زیست‌اقتصاد پایدار باید ضمن بهره‌گیری از ظرفیت‌های بومی، از الگوهای موفق آسیایی الهام گیرد و چارچوبی بومی‌سازی شده برای توسعه فرآورده‌های زیست‌طبیعی تدوین کند. اجرای موفق چنین چارچوبی مستلزم

عزم ملی، هم‌افزایی میان دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و صنعت، و حمایت مستمر حاکمیت است.

۲- روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی-تحلیلی و تطبیقی انجام شده است. اطلاعات موردنیاز با استفاده از مقالات علمی، اسناد سیاستی و گزارش‌های مرتبط با توسعه فرآورده‌های زیست‌طبیعی گردآوری شد. برای مقایسه الگوهای چین و هند و بررسی قابلیت بهره‌گیری از آنها در ایران از مدل تطبیقی Bereday شامل مراحل توصیف، تفسیر، هم‌جواری و مقایسه استفاده شد. در این تحلیل، شاخص‌هایی مانند ساختارهای سیاستی، ظرفیت‌های پژوهشی، بودجه تحقیق و توسعه و فعالیت‌های نوآورانه مورد توجه قرار گرفتند.

۳- چارچوب نظری و پژوهشی: سه شاخه اصلی

توسعه محصولات طبیعی زیستی

چارچوب پیشنهادی این پژوهش، ترکیبی از الگوی مفهومی ملی (سه شاخه منبع، تولید و کاربرد) و مدل تحلیلی Bereday است که امکان تحلیل مقایسه‌ای سیاست‌های سلامت و نوآوری را در سطوح ملی و بین‌المللی فراهم می‌کند. این مدل با تمرکز بر رابطه بین سیاست‌های کلان ظرفیت‌های پژوهشی و خروجی‌های صنعتی، مسیر توسعه فرآورده‌های زیست‌طبیعی را در ایران و سایر کشورها تبیین می‌نماید.

۱-۳- شاخه اول: منبع و هویت

- این شاخه بر شناسایی دقیق منابع زیستی و ترکیبات طبیعی متمرکز است و پایه‌ی علمی توسعه پایدار را شکل می‌دهد.
- اکتشاف سیستماتیک و فیتوشیمی پیشرفته: بهره‌گیری از متابولومیکس مقایسه‌ای برای اولویت‌بندی نمونه‌ها و شناسایی سریع متابولیت‌های جدید^{۱۱} همراه با استفاده از هوش مصنوعی برای تحلیل الگوهای مولکولی.^{۱۲}
 - جداسازی و تعیین ساختار پیشرفته: استفاده از تکنیک‌های NMR چندبعدی و طیف‌سنجی جرمی با وضوح بالا حتی در مقادیر نانومول.^{۱۳}
 - شیمی تجزیه و کنترل کیفیت: ایجاد اثرانگشت شیمیایی و تحلیل‌های چندمتغیره برای تضمین کیفیت و یکنواختی محصولات.^{۱۴}

۴-۱- تجربه‌ی چین در توسعه‌ی فرآورده‌های

زیست طبیعی

چین با بیش از پنج هزار سال سابقه‌ی طب سنتی، از اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰ راهبرد «نوآوری تلفیقی» را برای ادغام طب سنتی با علوم زیستی مدرن آغاز کرد. ۲۴،۲۵ ایجاد مراکز ملی تحقیقات دارویی، بانک‌های ژن و استانداردسازی ترکیبات گیاهی از دستاوردهای کلیدی این کشور است. ۲۶ استفاده از فناوری‌های متابولومیکس، ژنومیکس، و داده‌کاوی در چارچوب برنامه‌ی «توسعه‌ی طب سنتی ۲۰۳۵» موجب شد چین داروهای طبیعی استاندارد را در سطح بین‌المللی به ثبت رساند. ۲۷،۲۸ حمایت گسترده‌ی دولت چین در قالب سرمایه‌گذاری‌های مشترک دولتی-خصوصی باعث رشد پایدار صادرات داروهای طبیعی و افزایش تعداد پتنت‌های بین‌المللی به بیش از ۲۵۳۰ مورد بین سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳ شده است. ۲۹،۳۰

۴-۲- تجربه‌ی هند در بهره‌برداری از فرآورده‌های

زیست طبیعی

هند با نظام پزشکی آیورودا، یکی از غنی‌ترین منابع دانش بومی در درمان‌های طبیعی را داراست. ۳۱ در دو دهه‌ی اخیر، این کشور با تأسیس وزارت AYUSH، رویکردی علمی، سیاستی و اقتصادی نسبت به داروهای طبیعی اتخاذ کرده است. ۳۲ دانشگاه‌های هندی برنامه‌های میان‌رشته‌ای در داروسازی، زیست‌شناسی و شیمی دارویی ایجاد کرده‌اند و همکاری میز بخش خصوصی و مراکز تحقیقاتی منجر به ثبت بیش از ۳۵۰۰ پتنت مرتبط با ترکیبات طبیعی شده است. ۳۳،۳۴،۳۵ این الگو نشان می‌دهد که نظام‌مندسازی دانش سنتی شرط لازم برای تجاری‌سازی فرآورده‌های زیست طبیعی است.

۴-۳- تحلیل تطبیقی سیاست‌ها و شاخص‌ها

تحلیل داده‌های پایگاه‌های بین‌المللی WHO Global

Observatory (۲۰۲۳)، AYUSH (India، ۲۰۲۴) و

SATCM (China، ۲۰۲۳) نشان می‌دهد که:

نتایج همبستگی نشان می‌دهد رابطه‌ی قوی میز سطح حمایت مالی و خروجی‌های نوآورانه وجود دارد. ($R^2=0.91$) چین با تمرکز بر نوآوری فناوری و هند با تقویت ساختارهای بومی و سنتی مسیرهایی متفاوت اما موفق را طی کرده‌اند، در حالی که ایران هنوز در مرحله‌ی مقدماتی توسعه‌ی نظام پژوهش و سیاست‌گذاری هماهنگ قرار دارد. ۳۶،۳۷

دستاوردهای این شاخه مبنای علمی انتخاب منابع، ارزیابی پایداری زیستی و تصمیم‌گیری سیاستی در بومی‌سازی را فراهم می‌کنند.

۳-۲- شاخه‌ی دوم: زیست‌سنتز و تولید

تمرکز این شاخه بر مهندسی فرآیند تولید ترکیبات زیستی در موجودات زنده است.

- متابولومیکس کاربردی و کشف مسیرهای بیوسنتزی: شناسایی خوشه‌های ژنی بیوسنتزی با ابزارهای بیوانفورماتیکی مانند (antiSMASH). ۱۵
- مهندسی متابولیک و زیست‌سنتز ناهمگون: انتقال مسیرهای بیوسنتزی به میزبانهای میکروبی قابل کشت برای تولید پایدار، با بهره‌گیری از زیست‌شناسی مصنوعی. ۱۶،۱۷
- شیمی سبز و تولید پایدار: توسعه‌ی روش‌های استخراج و سنتز کم‌اثر بر محیط‌زیست با استفاده از اصول شیمی سبز

این شاخه زیرساخت فناوری‌های لازم برای ایجاد زنجیره‌ی ارزش و جذب سرمایه‌گذاری ترکیبی را ایجاد می‌کند. ۱۸

۳-۳- شاخه‌ی سوم: عملکرد و کاربرد زیستی

این شاخه پلی میان پژوهش آزمایشگاهی و کاربرد بالینی است و محور ارتباطی علم و صنعت به‌شمار می‌آید.

(۱) غربالگری هدفمند و اکولوژی شیمیایی: جایگزینی روش‌های تصادفی با رویکردهای دانش‌محور مبتنی بر اهداف مولکولی مشخص و دانش بومی. ۱۹

(۲) فارماکولوژی پیش‌بالینی و سم‌شناسی: انجام مطالعات

ADMET و بررسی مکانیسم‌های عمل در سطح سلولی و مولکولی. ۲۰

(۳) شیمی دارویی و طراحی مشتقات: طراحی مشتقات دارویی به‌منظور بهینه‌سازی خواص دارویی و تحلیل رابطه‌ی ساختار-

فعالیت (SAR). ۲۱

(۴) فناوری‌های نوین رهایش هدفمند: استفاده از نانوحامل‌ها و نانوساختارها برای افزایش کارایی درمانی و پایداری زیستی. ۲۲

(۵) مطالعات ترجمه‌ای و توسعه‌ی پیش‌بالینی: بهره‌گیری از مدل‌های پیشرفته مانند ارگان-روی-چیپ برای تسریع مراحل کشف دارو. ۲۳

این بخش مستقیماً با سیاست‌های مالکیت فکری، ثبت پتنت‌ها، و جذب سرمایه‌گذاری نوآورانه در دکتترین ملی پیوند دارد.

شاخص کلیدی	ایران (۱۴۰۲)	هند	چین
سهم فرآورده‌های طبیعی از بازار سلامت ملی	۶٪	۲۲٪	۲۹٪
مراکز پژوهشی فعال	۴۱	۱۷۴	۳۱۲
بودجه تحقیق و توسعه (میلیون دلار)	۸۵	۷۴۰	۱۲۰۰
پتنت‌های بین‌المللی (۲۰۱۰-۲۰۲۳)	۹۴	۱۱۲۰	۲۵۳۰

۵-۱- راهبرد ملی یکپارچه

- تدوین اطلس ملی منابع طبیعی و داده‌های اتونفارماکولوژی برای شناسایی ظرفیت‌های زیستی ایران
- شبکه‌سازی مراکز پژوهشی و دانشگاهی بر اساس مزیت نسبی مناطق جغرافیایی؛
- تعیین شاخص‌های کمی موفقیت شامل تعداد پتنت‌ها، ارزش بازار، و تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان

۵-۲- توسعه سرمایه انسانی و زیرساخت

- ایجاد دوره‌های تحصیلات تکمیلی میان‌رشته‌ای در حوزه‌های زیست‌فناوری، شیمی دارویی و مهندسی متابولیک؛
- تأسیس مراکز ملی دستگاهی LC-MS, NMR، متابولومیکس (در قالب شبکه پژوهشی)؛
- ارتقای مجلات علمی داخلی و راه‌اندازی مجله تخصصی «حقوق و سلامت زیستی» برای ترویج علم سیاست زیستی در ایران

۵-۳- توسعه اقتصادی و پیوند با صنعت

- ایجاد صندوق سرمایه‌گذاری خطرپذیر تخصصی برای فرآورده‌های زیست‌طبیعی؛
- راه‌اندازی شتاب‌دهنده‌های تخصصی و آزمایشگاه‌های نیمه‌صنعتی در پارک‌های علم و فناوری؛
- حمایت از تجاری‌سازی از طریق مشارکت عمومی-خصوصی (PPP) و سرمایه‌گذاری جمعی (Equity Crowdfunding).^{۳۸،۳۹}

۵-۴- دیپلماسی علمی و همکاری‌های بین‌المللی

- پیوستن به کنسرسیوم‌های تحقیقاتی منطقه‌ای با الگوبرداری از همکاری‌های موفق چین و هند.^{۴۰،۴۱}
- اجرای پروتکل ناگویا برای حفاظت از منابع ژنتیکی و تضمین منافع ملی؛^{۴۲}
- ایجاد مرکز همکاری منطقه‌ای «Bio-Natural Regional Hub» با کشورهای عضو ECO و OIC.

۶-۱- دکتترین ملی توسعه محصولات زیستی طبیعی

ایران

- دکتترین ملی پیشنهادی، تلفیقی از سه محور: سیاسی، علمی، و اقتصادی است و با هدف نهادینه‌سازی زیست‌اقتصاد طبیعی در ایران طراحی شده است.

۶-۱- یکپارچگی نهادی و سیاستی

- تشکیل شورای عالی محصولات زیستی طبیعی ایران با مشارکت وزارت بهداشت، صمت، جهاد کشاورزی و معاونت علمی.

۶-۲- استانداردسازی و تضمین کیفیت

- تدوین نظام ملی کنترل کیفیت بر اساس استانداردهای WHO و FAO.^{۴۳}
- الزام بر ثبت محصولات مطابق با الزامات سازمان جهانی مالکیت فکری (WIPO).

۶-۳- آموزش و تربیت نیروی انسانی

- راه‌اندازی دوره‌های میان‌رشته‌ای در حوزه‌های زیست‌فناوری، شیمی زیستی، داروسازی و سیاست سلامت؛
- توسعه شبکه‌ی ملی پژوهشگران زیست‌طبیعی با هدف انتقال فناوری از دانشگاه به صنعت.

۴-۶- زیست‌بوم نوآوری و تجاری‌سازی

- ایجاد بانک ژن و پلتفرم تبادل داده‌های زیستی ملی؛
- توسعه پارک‌های زیست‌فناوری و شتاب‌دهنده‌های تخصصی؛
- ترویج مدل‌های سرمایه‌گذاری ترکیبی و صندوق «زیست‌نوآوری طبیعی ایران»

۵-۶- زمانبندی اجرای دکترین

- کوتاه‌مدت (۱-۲ سال): ایجاد ساختار حاکمیتی و نهادهای هماهنگ‌کننده؛
- میانمدت (۳-۵ سال): توسعه زیرساخت‌ها، بانک‌های زیستی و همکاری‌های منطقه‌ای؛
- بلندمدت (۵+ سال): تثبیت جایگاه منطقه‌ای و دستیابی به سهم قابل توجهی از بازار جهانی داروهای طبیعی.

۷- نتیجه‌گیری تلفیقی

بررسی تطبیقی و تلفیقی دو رویکرد پژوهشی و سیاستی نشان می‌دهد که آینده‌ی زیست‌اقتصاد ایران در گرو ایجاد پیوند میان علم، سیاست و صنعت است.

تجربه‌ی چین و هند ثابت کرده است که موفقیت در حوزه‌ی فرآورده‌های زیست‌طبیعی نیازمند ترکیب مؤلفه‌های زیر است:

- سیاست‌گذاری ملی یکپارچه؛
- سرمایه‌گذاری هدفمند در تحقیق و توسعه؛
- نظام آموزشی میان‌رشته‌ای؛
- حمایت از مالکیت فکری و تجاری‌سازی؛
- استانداردسازی کیفیت و دیپلماسی علمی فعال

ایران با بهره‌مندی از منابع ژنتیکی غنی، میراث علمی کهن، و ظرفیت‌های فناورانه، می‌تواند با پیاده‌سازی دکترین ملی و چارچوب سه‌شاخه‌ی پیشنهادی، جایگاه رهبری منطقه‌ای در حوزه محصولات زیستی طبیعی را به‌دست آورد.

موفقیت این مسیر مستلزم عزم ملی، سیاست‌های حمایتی، زیرساخت‌های تحلیلی و مالی پایدار و ارتقای سطح همکاری‌های علمی منطقه‌ای است.

شاخص‌ها / کشورها	ایران	هند	چین
ساختار سیاستی	چند نهاد پراکنده (در حال تدوین دکترین ملی)	وزارت AYUSH و سیاست سلامت تلفیقی	وزارت طب سنتی و برنامه ملی ۲۰۳۵
نظام آموزشی میان‌رشته‌ای	در حال ایجاد	فعال	توسعه‌یافته
حمایت مالی خطرپذیر	محدود	متوسط	بالا
سطح دیپلماسی علمی	در مرحله‌ی طراحی منطقه‌ای (ECO/OIC)	همکاری با WHO و اتحادیه اروپا	کنسرسیوم‌های فعال آسیایی
استانداردسازی ملی	در حال تدوین	مطابق با WHO/AYUSH	مطابق با WHO
نتیجه‌ی کلیدی	نیازمند تلفیق دو مدل	مدل سنتی - نوآور	مدل فناورانه - دولتی

۸- محدودیت‌های پژوهش

با توجه به اتکای پژوهش حاضر بر منابع علمی، اسناد سیاستی و داده‌های ثانویه، نتایج تا حدی وابسته به کیفیت و قابلیت مقایسه این منابع است. همچنین تفاوت ساختارهای سیاستی و اقتصادی چین، هند و ایران می‌تواند مقایسه مستقیم برخی شاخص‌ها را محدود کند.

از تمامی افرادی که بصورت مستقیم و غیرمستقیم در تهیه این مقاله ما را یاری کردند، تشکر می‌کنیم.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع میان تهیه‌کنندگان این مقاله با حق‌های سلامت عمومی و قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی مربوط به موضوع وجود ندارد.

منابع مالی

برای تهیه این مقاله از منابع مالی مهمی استفاده نشده است.

تشکر و قدردانی

References

- Newman DJ, Cragg GM. Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 1981 to 2019. *J Nat Prod*. 2020;83(3):770–803. doi:10.1021/acs.jnatprod.9b01285. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01285>
- Harvey AL, Edrada-Ebel R, Quinn RJ. The Re-emergence of Natural Products for Drug Discovery in the Genomics Era. *Nat Rev Drug Discov*. 2015;14:111–129. doi:10.1038/nrd4510. <https://doi.org/10.1038/nrd4510>
- Atanasov AG, Waltenberger B, Pferschy-Wenzig EM, Linder T, Wawrosch C, Uhrin P, et al. Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nat Rev Drug Discov*. 2021;20:200–216. doi:10.1038/s41573-020-00114-z. <https://doi.org/10.1038/s41573-020-00114-z>
- Wolfender JL, Nuzillard JM, Van Der Hooft JJJ, Renault JH, Bertrand S. Integrated Metabolomics for Natural Product Discovery. *Curr Opin Biotechnol*. 2019;54:69–76.
- Tu Y. Artemisinin — A Gift from Traditional Chinese Medicine to the World. *Angew Chem Int Ed*. 2016;55(35):10210–10226. doi:10.1002/anie.201601967. <https://doi.org/10.1002/anie.201601967>
- Atanasov AG, Zotchev SB, Dirsch VM, Orhan IE, Banach M, Rollinger JM, et al. Natural product drug discovery in the artificial intelligence era. *Chem Sci*. 2022;13:1526–1546.
- Allard PM, Genta-Jouve G, Wolfender JL. Integration of Molecular Networking and In Silico MS/MS Fragmentation for Natural Products Dereplication. *Anal Chem*. 2020;92:704–712. doi:10.1021/acs.analchem.5b04804. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b04804>
- Zhang J, Tang X, Moore BS. Engineering microbial hosts for production of bacterial natural products. *Nat Prod Rep*. 2020;37:1122–1143.
- Mitchell MJ, Billingsley MM, Haley RM, Wechsler ME, Peppas NA, Langer R. Engineering precision nanoparticles for drug delivery. *Nat Rev Drug Discov*. 2021;20:101–124. doi:10.1038/s41573-020-0090-8. <https://doi.org/10.1038/s41573-020-0090-8>
- Ingber DE. Human organs-on-chips for disease modelling, drug development and personalized medicine. *Nat Rev Genet*. 2022;23:467–491.
- Allard PM, Genta-Jouve G, Wolfender JL. Integration of Molecular Networking and In Silico MS/MS Fragmentation for Natural Products Dereplication. *Anal Chem*. 2020;92:704–712. doi:10.1021/acs.analchem.5b04804. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b04804>
- Atanasov AG, Zotchev SB, Dirsch VM, Orhan IE, Banach M, Rollinger JM, et al. Natural product drug discovery in the artificial intelligence era. *Chem Sci*. 2022;13:1526–1546.
- Bingol K, Brüschweiler R. NMR-Based Metabolomics. *TrAC Trends Anal Chem*. 2017;97:244–249.
- Geng P, Li Z, Zhang W, Zhao C, Li J, Wang Y. Chemical fingerprinting and quality control of natural products by LC-MS. *J Pharm Biomed Anal*. 2021;207:114425. doi:10.1016/j.jpba.2021.114425. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2021.114425>
- Blin K, Shaw S, Kloosterman AM, Charlop-Powers Z, van Wezel GP, Medema MH, et al. antiSMASH 6.0: improving cluster detection and comparison capabilities. *Nucleic Acids Res*. 2021;49(W1):W29–W35.

- doi:10.1093/nar/gkab335.
<https://doi.org/10.1093/nar/gkab335>
16. Atanasov AG, Zotchev SB, Dirsch VM, Orhan IE, Banach M, Rollinger JM, et al. Natural product drug discovery in the artificial intelligence era. *Chem Sci*. 2022;13:1526–1546.
 17. Zhang J, Tang X, Moore BS. Engineering microbial hosts for production of bacterial natural products. *Nat Prod Rep*. 2020;37:1122–1143.
 18. Clarke CJ, Tu W-C, Levers O, Bröhl A, Hallett JP. Green and Sustainable Solvents in Chemical Processes. *Chem Rev*. 2018;118(2):747–800.
 19. Schmidt BM, Ribnicky DM, Poulev A, Logendra S, Cefalu WT, Raskin I. Ethnopharmacology, Chemical Diversity, and Biotechnology of Traditional Medicinal Plants. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*. 2020;60:565–589. doi:10.1146/annurev-pharmtox-012419-032800.
<https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-012419-032800>
 20. Danton O, He X, Hu Y. Traditional medicine-inspired approaches to drug discovery. *Chin Med*. 2021;16:28.
 21. Hughes JP, Rees S, Kalindjian SB, Philpott KL. Principles of early drug discovery. *Br J Pharmacol*. 2021;178:207–223.
 22. Mitchell MJ, Billingsley MM, Haley RM, Wechsler ME, Peppas NA, Langer R. Engineering precision nanoparticles for drug delivery. *Nat Rev Drug Discov*. 2021;20:101–124. doi:10.1038/s41573-020-0090-8.
<https://doi.org/10.1038/s41573-020-0090-8>
 23. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Nagoya Protocol. Montreal: UN; 2011. URL: <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-en.pdf>
 24. Bingol K, Brüscheweiler R. NMR-Based Metabolomics. *TrAC Trends Anal Chem*. 2017;97:244–249.
 25. Allard PM, Genta-Jouve G, Wolfender JL. Integration of Molecular Networking and In Silico MS/MS Fragmentation for Natural Products Dereplication. *Anal Chem*. 2020;92:704–712. doi:10.1021/acs.analchem.5b04804.
<https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b04804>
 26. Geng P, Li Z, Zhang W, Zhao C, Li J, Wang Y. Chemical fingerprinting and quality control of natural products by LC-MS. *J Pharm Biomed Anal*. 2021;207:114425. doi:10.1016/j.jpba.2021.114425.
<https://doi.org/10.1016/j.jpba.2021.114425>
 27. Zhang J, Tang X, Moore BS. Engineering microbial hosts for production of bacterial natural products. *Nat Prod Rep*. 2020;37:1122–1143.
 28. Blin K, Shaw S, Kloosterman AM, Charlop-Powers Z, van Wezel GP, Medema MH, et al. antiSMASH 6.0: improving cluster detection and comparison capabilities. *Nucleic Acids Res*. 2021;49(W1):W29–W35. doi:10.1093/nar/gkab335.
<https://doi.org/10.1093/nar/gkab335>
 29. Clarke CJ, Tu W-C, Levers O, Bröhl A, Hallett JP. Green and Sustainable Solvents in Chemical Processes. *Chem Rev*. 2018;118(2):747–800.
 30. Danton O, He X, Hu Y. Traditional medicine-inspired approaches to drug discovery. *Chin Med*. 2021;16:28.
 31. Bingol K, Brüscheweiler R. NMR-Based Metabolomics. *TrAC Trends Anal Chem*. 2017;97:244–249.
 32. Geng P, Li Z, Zhang W, Zhao C, Li J, Wang Y. Chemical fingerprinting and quality control of natural products by LC-MS. *J Pharm Biomed Anal*. 2021;207:114425. doi:10.1016/j.jpba.2021.114425.
<https://doi.org/10.1016/j.jpba.2021.114425>
 33. Blin K, Shaw S, Kloosterman AM, Charlop-Powers Z, van Wezel GP, Medema MH, et al. antiSMASH 6.0: improving cluster detection and comparison capabilities. *Nucleic Acids Res*. 2021;49(W1):W29–W35.

- doi:10.1093/nar/gkab335.
<https://doi.org/10.1093/nar/gkab335>
34. Schmidt BM, Ribnicky DM, Poulev A, Logendra S, Cefalu WT, Raskin I. Ethnopharmacology, Chemical Diversity, and Biotechnology of Traditional Medicinal Plants. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*. 2020;60:565–589. doi:10.1146/annurev-pharmtox-012419-032800.
<https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-012419-032800>
35. Zhang J, Tang X, Moore BS. Engineering microbial hosts for production of bacterial natural products. *Nat Prod Rep*. 2020;37:1122–1143.
36. Hughes JP, Rees S, Kalindjian SB, Philpott KL. Principles of early drug discovery. *Br J Pharmacol*. 2021;178:207–223.
37. World Bank. Blended Finance: A Stepping Stone to Creating Markets. Washington, DC: World Bank; 2020.
38. European Commission. Horizon Europe and the EU Bioeconomy Strategy. Brussels; 2022.
39. World Bank. Blended Finance: A Stepping Stone to Creating Markets. Washington, DC: World Bank; 2020.
40. Kumar A, Singh V, Singh D, Rani P. Asian natural products research: Regional collaboration models and opportunities. *Nat Biotechnol*. 2021;39:116–119.
41. Chen SL, Pan H, Wang YT, Zhang Y, Chen SL, Tang M. China's herbal medicine industry: Current status and future directions. *J Nat Prod*. 2020;83:461–473. doi:10.1021/acs.jnatprod.9b01055.
<https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01055>
42. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Nagoya Protocol. Montreal: UN; 2011. URL: <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-en.pdf>
43. WHO. Guidelines on Quality Control Methods for Medicinal Plant Materials. Geneva; 2021.