زیست‌فناوری، فناوری سودآور قرن
(زیست‌فناوری نوین)

کد موضوعی: ۲۸۰

شماره مسلسل: ۱۰۳۳۸

مردادماه ۱۳۸۹

دفتر: مطالعات ارتباطات و فناوری‌های نوین

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه..... ۱
۱. زیست‌فناوری ۳
۲. زیست‌فناوری نوین..... ٤
۳. ضرورت توجه به توسعه زیست‌فناوری نوین ۱۱
٤. مرور کوتاهی بر فعالیت‌ها وسرمایه‌گذاری در حوزه زیست‌فناوری (جهان و ایران) ۱٤
نتیجه‌گیری..... ۱۸
منابع و مآخذ..... ۱۹

زیست‌فناوری، فناوری سودآور قرن (زیست‌فناوری نوین)

چکیده

اگرچه زیست‌فناوری در آغاز با تهیه مواد خوراکی مثل خمیر نان، سرکه، ماست، پنیر و...، پیوند جدایی‌ناپذیری با زندگی بشر داشته است، اما آنچه امروزه به‌عنوان زیست‌فناوری نوین از آن یاد می‌شود تحولاتی است که زیست‌فناوری به کمک علومی چون مهندسی ژنتیک و فناوری‌هایی چون فناوری نانو، در بخش‌های مختلفی ازجمله پزشکی، کشاورزی و محیط زیست ایجاد کرده است. پیش‌بینی می‌شود محصولات زیست‌فناوری در بخش پزشکی، (داروهای نوترکیب برای درمان بیماری‌های صعب‌العلاجی چون MS، آلزایمر، ایدز و انواع سرطان) و در بخش کشاورزی (گیاهان تراریخته و ضدآفت برای تأمین نیازهای غذایی بشر) تا چند سال آینده قسمت عمده‌ای از بازار جهانی را در اختیار خود گیرد. تسخیر بازار توسط این محصولات، جوامع را الزاماً به سمت استفاده از آنها خواهد برد. سرمایه‌گذاری‌های کلان علمی و مالی انجام شده در این حوزه توسط کشورهای صنعتی نشان از اهمیت این فناوری در سرنوشت اقتصادی جوامع در آینده‌ای نه چندان دور دارد. اگرچه کشور ما در زمینه زیست‌فناوری نوین گام‌های قابل تقدیری برداشته است، اما هنوز در اغلب حوزه‌ها، با مرزهای رقابت فاصله داریم. ازاین‌رو برای کاستن هزینه‌های بسیاری که در آینده مجبور خواهیم بود برای وارد کردن محصولات زیست‌فناوری متحمل شویم و برای داشتن سهم مؤثر در بازار تجارت زیست‌فناوری، باید بتوانیم هرچه سریع‌تر توانمندی‌های لازم را در این فناوری به‌دست آوریم. این هدف بدون توجه به امر تحقیق و توسعه حوزه زیست‌فناوری و تدوین سیاست‌های مناسب و برنامه‌های راهبردی منسجم، میسر نخواهد شد.

مقدمه

زیست‌فناوری در یک تعریف ساده مجموعه فنونی است که از موجودات زنده برای ساخت و تغییر محصولات و یا بهبود کّمی‌وکیفی حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها در جهت سودرسانی به بشر بهره می‌گیرد. زیست‌فناوری به‌لحاظ خصوصیات ذاتی خود دانشی بین‌رشته‌ای است و ازاین‌رو نه تنها پیشرفت آن بلکه پیشرفت و تغییر و تحول در علوم مرتبط با آن (مثل ظهور نانوتکنولوژی) منجر به ورود آن به عرصه‌های نوین علمی و فناوری می‌شود. زیست‌فناوری از

همان آغاز پیوند جدایی‌ناپذیری با زندگی روزمره بشری داشته است. شروع آن (زیست‌فناوری سنتی) با تهیه مواد خوراکی مثل خمیر نان، سرکه، ماست، پنیر و... همراه بود. تهیه سوخت‌های زیستی به‌جای سوخت‌های فسیلی در اواخر سال ۱۹۷۰، یکی از اولین گام‌هایی بود که به کمک زیست‌فناوری نوین برای رفع بحران سوخت و انرژی برداشته شد. در سال‌های اخیر با پیشرفت علم ژنتیک، فناوری‌های نوین زیستی در تمامی ابعاد توسعه یافته است. ازجمله آن می‌توان به تولید گیاهان مقاوم به آفات و یا گیاهان و حیوانات تراریخته‌ای اشاره کرد که محصول آنها حاوی پروتئین یا مواد دارویی مورد نیاز بدن فرد بیمار است و یا اینکه خواص غذایی آن بهبود داده شده است. تولید بزغاله‌های تراریخته که دارای ژن فاکتور ۹ انعقاد خون انسانی هستند و پرورش آنها برای تولید شیر حاوی این فاکتور یا تولید گیاهان زراعی تراریخته که در آنها عناصر آهن یا روی تولید شود می‌تواند مثال‌هایی از کاربرد زیست‌فناوری در این بخش باشد. در عرصه پزشکی نیز زیست‌فناوری با همکاری نانوفناوری تحول زیادی ایجاد کرده‌اند. سال‌هاست که شرکت‌های داروسازی هورمون رشد آدمی و هورمون انسولین آدمی را در باکتری‌ها تولید می‌کنند. این هورمون‌ها پس از استخراج و خالص‌سازی، قابل استفاده برای بیماران است. تولید بافت‌های سازگار با بدن از قبیل پوست و کلیه و قلب مصنوعی با استفاده از سلول‌های بنیادی، رفع نقص‌های ژنتیکی، ارسال ساده، دقیق و مؤثر داروها و نانوداروها به بخشی از بدن فرد که درگیر با بیماری است به‌جای روش‌های رایج مصرف دارو که کل بدن را با آثار دارو درگیر می‌سازد، شناسایی زودهنگام سرطان به کمک عکسبرداری و ردیابی نانوذراتی که به بدن فرستاده می‌شود و در بافت‌های سرطانی تجمع می‌کند، از دستاوردهای زیست‌فناوری نوین در این بخش است. فعالیت‌های رو به رشد و مفیدی که در حوزه زیست‌فناوری به‌وجود آمده آن را به‌عنوان علمی با ظرفیت سودآوری بالا در حیطه فناوری معرفی کرده است.

در کشور ما ضرورت توجه به این دانش احساس شده، طرح‌های پژوهشی متفاوتی در گرایش‌های مختلف زیست‌فناوری مثل کشاورزی، علوم پایه، صنعت و محیط زیست درحال انجام است و نتایج بسیار محدودی حاصل از تحقیقات داخلی نیز به بازار وارد شده است. با این‌حال، با وجود فعالیت‌های انجام شده و پیشرفت‌های به‌دست آمده، رشد سریع‌تری در این حوزه فناوری‌محور مورد انتظار است. درحال حاضر زیست‌فناوری یکی از مهمترین محورهای توسعه علمی، اجتماعی و اقتصادی کشورهای جهان است و پیشرفت ایران در این زمینه می‌تواند گام بسزایی در راستای اهداف برنامه چشم‌انداز بیست‌ساله و رسیدن به جایگاه اول منطقه در علم و فناوری باشد، به همین دلیل توجه آگاهانه به آن اجتناب‌ناپذیر است.

به این منظور مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی در نظر دارد با ارائه گزارش‌های کوتاهی

به معرفی زیست‌فناوری نوین، جایگاه ایران در این حوزه و قابلیت‌های کشور برای پیشرفت و مطرح شدن در بازار زیست‌فناوری و دغدغه‌ها، خلأها و مشکلات و مسائل مربوط به آن بپردازد.

گزارش اول مروری کوتاه بر معرفی زیست‌فناوری، قابلیت‌ها و ضرورت‌های توجه به آن است.

۱. زیست‌فناوری

زیست‌فناوری (بیوتکنولوژی) دانشی است آمیخته با اصول و قواعد مهندسی که هدف آن فراهم آوردن امکانات و بهبود خدمات در زمینه‌های زیستی و در جهت سودرسانی به بشر است.

شروع زیست‌فناوری با تخمیر سنتی برای تولید نان در مصر و چین همراه بود. بعد از جنگ جهانی اول (۱۹۱٤) زیست‌فناوری در مرحله جدیدی قرار گرفت و این عبارت (بیوتکنولوژی)، در سال ۱۹۱۹ ازسوی یک مهندس کشاورزی مجارستانی[1] برای اولین بار به مفهوم کاربرد علوم زیستی و اثر متقابل آنها در فناوری‌های ساخت بشر به‌کار برده شد. با تولید پنی‌سیلین در سال ۱۹٤۰ در خلال جنگ جهانی دوم و با توجه به ضرورت‌های آن دوره، انقلاب بزرگی در علم بیوتکنولوژی و پزشکی به وقوع پیوست و مهندسی زیست فرآیند به مفهوم واقعی همزمان با تولید صنعتی پنی‌سیلین شروع شد. توسعه مهندسی زیست فرآیند در طی این سال‌ها با شناخت تکنولوژی تولید پروتئین‌های تک‌یاخته (SCP) در سال ۱۹٦۰ دنبال شد. پروتئین تک‌یاخته درواقع توده سلولی میکروبی است که به‌عنوان منبع پروتئین برای غذای انسان یا خوراک دام استفاده می‌شود. در اواخر سال ۱۹۷۰ زیست‌فناوری راه‌حل جدیدی برای رفع بحران سوخت و انرژی ارائه داد که در آن تهیه سوخت‌های زیستی به‌جای فسیلی مد نظر قرار گرفت. با این‌حال به‌دلیل هزینه‌های بالایی که این پروژه‌های صنعتی متحمل شدند روند پیشرفت و توسعه متوقف شد و در عمل قابلیت‌های واقعی این دانش تشخیص داده نشد. اما امروزه ورود تکنولوژی به علم ژنتیک و ابداع شاخه کاربردی جدیدی به‌نام مهندسی ژنتیک، به ظهور فناوری‌های نوین زیستی منجر شده که امکان شناخت توانایی‌های زیست‌فناوری را پررنگ‌تر ساخته است. دو گام مهمی که در آغاز در این زمینه برداشته شد و نقش تکنولوژی را در علوم زیستی به حد اعلی رساند کشف ساختار DNA در سال ۱۹۵۳ دیگری انتقال موفقیت‌آمیز DNA از یک موجود زنده به یک موجود زنده دیگر در سال ۱۹۷۳ بود. کشف این قابلیت آشکار ساخت که می‌توان DNA معیوب را به‌وسیله انتقال قطعات DNA سالم مشابه با آن به سلول ترمیم کرد. به‌دنبال این موفقیت حیرت‌انگیز توسعه فناوری زیستی در تمام ابعاد آغاز شد.

1. Karl Ereky

تولید اولین انسولین انسانی نوترکیب (۱۹۷۸)، سنتز هورمون رشد (۱۹۷۹)، اولین واکسن نوترکیب هپاتیت ب (۱۹۸٦)، اولین پیوند مغز استخوان میمون و انسان در جهت درمان ایدز (۱۹۹۵)، ظهور اولین حیوان شبیه‌سازی شده به‌نام دالی (۱۹۷۹) و کشف و مطالعه سلول‌های بنیادی جنینی (۱۹۹۸) گام‌های دیگری در توسعه و بهبود خدمت‌رسانی به نسل بشری به کمک زیست‌فناوری محسوب می‌شود.

با مطالعه تاریخچه زیست‌فناوری می‌توان فهمید که این علم از همان آغاز پیوند جدایی‌ناپذیری با زندگی روزمره بشر داشته است و اگرچه در آغاز بر صنعت مواد غذایی و تلاش برای رفع مشکلاتی چون سوءتغذیه یا قحطی استوار بوده است. اما امروزه این دانش بیشترین سرمایه‌گذاری خود را به سمت توسعه روش‌های نوین ازجمله مهندسی ژنتیک و تجاری ساختن محصولات آن سوق داده است. مهندسی ژنتیک امیدوار است بتواند پروتئین‌های درمانی، داروها، میکروب‌ها، قارچ‌ها و حتی برخی از سلول‌های انسانی را برای درمان به‌کار گیرد. تهیه و تولید صنعتی گیاهان تراریخته برای افزایش کیفیت و خاصیت مواد غذایی و رفع مشکلات تغذیه از دیگر برنامه‌هایی است که در این عرصه دنبال می‌شود.

۲. زیست‌فناوری نوین

در تقسیم‌بندی زمانی می‌توان سه دوره را برای تکامل زیست‌فناوری قائل شد (شکل ۱):

ـ دوره تاریخی که بشر با به‌کارگیری ناخودآگاه فرآیندهای زیستی به تولید محصولات تخمیری مانند نان، لبنیات، سرکه، نوشیدنی‌های الکلی و... پرداخت.

ـ سال‌های نخست قرن بیستم که انسان با به‌کارگیری آگاهانه فنون تخمیر و کشت ریزسازواره‌ها (میکروارگانیسم‌ها) در محیط‌های مناسب و سپس استفاده از دستگاه‌های تخمیر (فرمانتورها) برای تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها، مواد غذایی و سایر ترکیبات به گسترش این علم در حوزه زیست‌فناوری سنتی پرداخت.

ـ دوره نوین که با کمک ژنتیک مولکولی و دست‌ورزی ژن، درحال ایجاد تحول در زندگی بشر است. این دوره از سال ۱۹۷۳ با ایجاد فن انتقال ژن از یک ریزسازواره به دیگری آغاز شد و موجوداتی با خصوصیت تازه به‌وجود آمدند. باید توجه داشت آنچه به‌عنوان فناوری راهبردی سده بیست‌ویکم از آن نام برده می‌شود همین مفهوم جدید زیست‌فناوری است که امروزه آن را زیست‌فناوری نوین می‌نامند.

در این سده تأثیرپذیری فناوری نانو با تقلید این فناوری از علوم زیستی (بیونانوتکنولوژی) و یا بهره‌گیری از فناوری نانو برای تهیه محصولاتی که در رابطه با موجودات زنده استفاده می‌شوند

(نانوبیوتکنولوژی) افق‌های جدیدی را در زیست‌فناوری به‌وجود آورده است. از آنجا که اهداف، فرآیندها و مقیاس فعالیت هر دو شاخه تقریباً یکسان است آنها را به‌صورت کلی نانوبیوتکنولوژی می‌نامند. نانوتکنولوژی فرآیند توانمندی است که مهمترین ویژگی آن در آینده ایجاد تحولات عظیم در علوم، صنایع و بازارهای موجود خواهد بود. با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر امکان کنترل خواص ذاتی مواد به‌وجود می‌آید. مقیاس نانومتری مواد در سامانه‌های بیولوژیکی نقش کلیدی ایفا می‌کند. بیوتکنولوژی به نانوتکنولوژی مدل ارائه می‌کند و نانوتکنولوژی نیز با در اختیار گذاشتن ابزار برای بیوتکنولوژی آن را برای رسیدن به اهدافش یاری می‌رساند.

نانوبیوتکنولوژی به‌عنوان یک حوزه نوین که ناشی از تلفیق علوم زیستی، مهندسی و فناوری‌های نانو است ساخت و توسعه نانوسامانه‌هایی را به‌وجود آورده است که در یک شاخه می‌توانند راه‌حل‌های جدیدی را برای رفع مشکلات عمده موجود در علم پزشکی ارائه دهند و در شاخه‌ای دیگر قادر خواهند بود با الهام و تقلید از فرآیندهای زیستی تکنیک‌های پیشرفته و تازه‌ای را برای سنتز مواد و ساخت دستگاه‌هایی ارائه دهند که حتی در حوزه‌های زیستی مطرح نیستند.

پیش‌بینی می‌شود فناوری نانو کاربردهایی را در زمینه‌های زیستی به منصه ظهور برساند که بشر از انجام آن به کلی عاجز بوده و پیامدهایی را در جامعه برجای گذارد که قابل تصور هم نبوده است. ازجمله تولید محصولات خودساخته،[1] داروسازی هدفمند و ساده و ارسال دقیق داروها به آدرس‌های مورد نظر در بدن، شناسایی زودهنگام و بی‌ضرر سلول‌های سرطانی، تولید بافت‌های سازگار با بدن، ورود سوخت‌های زیستی در مقیاس نانو، استفاده از نانوکاتالیست‌ها و نانوفیلترها برای تصفیه آب و هوا، ساخت ماشین‌های بیولوژیکی و حسگرها براساس نانوسامانه‌ها، احیای مجدد بسیاری از گیاهان و حیوانات منقرض شده و سایر اختراعات بسیار جدید در عرصه نانوفناوری پزشکی که باعث ریشه‌کنی بسیاری از بیماری‌ها، کاهش آثار سالخوردگی و مرگ‌ومیرهای غیرطبیعی خواهد شد.

تاکنون محصولات دارویی مهمی با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین زیستی تولید شده‌اند و مراحل پایانی آزمایش‌های کلینیکی و درون‌تنی را می‌گذرانند تا در صورت تأیید نهایی، برای ورود به بازار آماده شوند. این داروها قادر خواهند بود بیماری‌های متفاوت از قبیل انواع سرطان، آلزایمر، بیماری‌های قلبی، دیابت، ایدز و آرتروز را بهبود بخشند.

1. Self Assembly

شکل ۱. تقسیم‌بندی زمانی دوره تکاملی زیست‌فناوری

۱-۲. شاخه‌های زیست‌فناوری

زیست‌فناوری همانند یک علم پایه یا کاربردی حدود قلمرو مشخصی ندارد، بلکه شامل حوزه‌ای مشترک از علوم مختلف است که در اثر همپوشانی و تلاقی این علوم با یکدیگر به‌وجود آمده است. به این ترتیب آن را می‌توان به درختی تشبیه کرد که ریشه‌های تناورش را علومی با قدمت زیاد مانند زیست‌شناسی، ژنتیک، میکروبیولوژی، پزشکی، بیوشیمی، مهندسی شیمی، محیط زیست، گیاه‌شناسی، جانورشناسی، داروسازی، کامپیوتر و... تشکیل می‌دهد. فناوری زیستی با توجه به کاربردی که هدف قرار می‌دهد به شاخه‌های مختلف تقسیم می‌شود. اولین بار آلمان پیشنهاد تقسیم‌بندی بیوتکنولوژی را براساس رنگ‌ها داد و از آن استفاده کرد، این تقسیم‌بندی براساس کاربردها در زمینه‌های مختلف است.

- **زیست‌فناوری سبز**: در زمینه کاشت گیاهان مدرن (مثل گیاهان تراریخته یا گیاهان مقاوم به آفات) به‌کار گرفته می‌شود.
- **زیست‌فناوری قرمز**: از مهمترین و متداول‌ترین موارد استفاده زیست‌فناوری است که در فرآیندهای پزشکی کاربرد دارد.
- **زیست‌فناوری خاکستری**: در زمینه محیط زیست (بهسازی زمین‌ها، بازیابی مواد و حذف مواد زائد و زباله‌ها) مشغول به‌کار است.

ـ **زیست‌فناوری سفید**: در زمینه تولید صنعتی موادی مانند الکل، ویتامین، آنتی‌بیوتیک و آنزیم با استفاده از موجودات زنده (مخصوصاً میکروارگانیسم‌ها) فعالیت دارد.

ـ **زیست‌فناوری آبی**: برای تشریح کاربردهای زیست‌فناوری در زمینه گیاهان و جانوران دریایی به‌کار می‌رود. اما کاربرد در این زمینه فوق‌العاده نادر است.

۲-۲. کاربردهای عمده زیست‌فناوری

کاربردهای فراوان زیست‌فناوری در شاخه‌های مختلف زندگی بشر ازجمله پزشکی و داروسازی، کشاورزی و صنایع غذایی،صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، نساجی و محیط زیست در شکل ۲ نشان داده شده است. کارکردهای فراوان در این حوزه، زیست‌فناوری را به‌عنوان برجسته‌ترین نشانه پیشرفت بشر در قرن حاضر و هم‌تراز با فناوری اطلاعات قرار داده و به یکی از مهمترین ابزارها برای تأمین نیازهای متنوع و گوناگون تبدیل کرده است.

۱-۲-۲. زیست‌فناوری کشاورزی (زیست‌فناوری سبز)

در قرن حاضر افزایش بی‌رویه جمعیت و نیاز به تأمین مواد غذایی باعث شد در زمینه علوم کشاورزی و مواد غذایی شاهد یک گذر جدی و اجتناب‌ناپذیر از کشاورزی سنتی به کشاورزی پیشرفته و به‌کارگیری روش‌های نوین زیست‌فناوری در تولید محصولات زراعی و دامی باشیم. در این حوزه، زیست‌فناوری به دو دسته گیاهی و حیوانی تقسیم می‌شود. بیوتکنولوژی گیاهی، کاربردهای حال و آینده مهندسی مواد خام حاصل از گیاهان است که شامل عملکرد محصولات، تغییر ترکیب محصول (اسیدهای چرب، پروتئین‌ها، طعم، رنگ و...) بهبود ترکیب تغذیه‌ای، تبیین ژن‌های جدید(پروتئین‌ها، سیستم تثبیت نیتروژن)، بهبود قابلیت نگهداری (انبارداری، طول عمر نگهداری) کاهش مراحل فرآیند و بهبود مقاومت می‌باشد. در بخش بیوتکنولوژی حیوانی نیز هدف بهبود کیفیت مواد غذایی ازجمله بالا بردن میزان به‌طور مثال شیر و گوشت حیوانات، بهبود مقاومت در برابر بیماری‌ها و تولید گوشت و شیر بهتر است. تاکنون گیاهان زراعی تراریخته پرمحصول و مقاوم مانند ذرت، برنج، سویا، گوجه‌فرنگی و گندم تولید شده و روش‌های نوین زیست‌فناوری در افزایش تولید شیر و گوشت دام مؤثر واقع شده‌اند. به‌طور کلی عمده‌ترین کاربردهای زیست‌فناوری کشاورزی را می‌توان به دسته‌های زیر تقسیم کرد:

- ایجاد گیاهان مقاوم به حشرات و آفت‌ها،
- ایجاد گیاهان تحمل‌کننده علف‌کش‌ها،
- ایجاد گیاهان مقاوم به بیماری‌های ویروسی و قارچی،
- ایجاد گیاهان مقاوم به شرایط سخت مانند سرما، گرما و شوری،

ـ ایجاد گیاهان دارای ارزش‌های غذایی ویژه و با طعم و عطر بهتر،
ـ ایجاد گیاهان دارای خاصیت درمانی ـ پیشگیری،
ـ ایجاد گیاهان دارای خصوصیت متابولیکی تغییریافته مانند رشد سریع و راندمان کشت بالاتر،
ـ ایجاد دام‌های تراریخته دارای خصوصیات ویژه‌ای مانند تولید شیر زیاد یا گوشت کم‌چربی،
ـ ایجاد جانورانی که به‌عنوان کارخانه تولید آنتی‌بادی و واکسن و دارو عمل کنند،
ـ ایجاد ماهی‌ها و سایر دام‌هایی که با سرعت زیاد رشد می‌کنند.

۲-۲-۲. زیست‌فناوری پزشکی (زیست‌فناوری قرمز)

تأمین سلامت و بهداشت جمعیت ٦ میلیاردی کره زمین از طریق تولید داروهای نوترکیب و واکسن‌ها، تشخیص سریع‌تر و مؤثرتر بیماری‌های گوناگون ازجمله بیماری‌های ژنتیکی و دستیابی به روش‌های کم‌هزینه برای درمان بیماری‌ها و یافتن درمان بیماری‌های صعب‌العلاج از قابلیت‌های زیست‌فناوری پزشکی است.

در طی سال‌های طولانی، کنترل و مداوای بیماری‌ها با فرستادن دارو به بدن بیمار به کمک قرص، کپسول، آمپول، محلول‌های خوراکی و پمادها صورت پذیرفته است. اگرچه این روش‌ها هنوز هم به‌صورت گسترده‌ای کاربرد دارند، اما در مواردی که دوره معالجه طولانی مدت است و مقدار داروی وارد شده به بدن هم باید زیاد باشد، با مسائل و مشکلاتی همراه است. یکی از مشکلات کنونی مصرف داروها، نوسانی‌بودن سطح دارو در بدن است که فرد را مجبور به مصرف دارو در فواصل معین می‌کند. این امر علاوه‌بر اینکه بدن را هربار با نوسان‌های نامطلوب و مضر روبرو می‌سازد در مواردی که بیماران باید در یک دوره طولانی‌مدت آن دارو را مصرف کنند خسته‌کننده خواهد بود و اغلب آنان فراموش می‌کنند دارو را در زمان تعیین شده مصرف کنند. افزون بر این، مواد دارویی می‌توانند بر روی برخی از اعضای دیگر بدن با عوارض جانبی همراه باشند. سمّیت و آثار زیانبار داروهای شیمی‌درمانی بر سیستم عصبی و دفاعی بدن، عوارض برخی داروهای خوراکی بر معده و کلیه و نیز دفع سریع بسیاری از این داروها از بدن بدون آنکه اثر درمانی خود را اعمال کرده باشند، ازجمله مسائلی است که در روش‌های رایج مصرف دارو پاسخی برای آن وجود ندارد. به‌منظور غلبه بر این مشکلات، در چند دهه گذشته حامل‌ها و نانوحامل‌هایی از جنس پلیمر یا چربی به‌وجود آمده که دارو در آنها قرار گرفته و به بدن فرستاده می‌شوند. دانش زیست‌فناوری تلاش دارد سامانه‌هایی برای انتقال دارو به بدن طراحی کند که زیست‌سازگار باشند، برای بدن عوارض جانبی ایجاد نکنند و مهمتر از همه اینکه دارو تحت سرعت مشخص یا در مکان مشخص، برحسب نیاز بدن یا نوع بیماری از این حامل‌ها رهایش شود. به این ترتیب انتقال دارو بهبود می‌یابد، رهایش حتی در نقاط ویژه‌ای از بدن که انتقال دارو به‌صورت معمولی ممکن نیست (مثل مغز) قابل انجام است و آثار سمی برخی

داروها مثل داروهای ضدسرطان در تمام بدن پخش نمی‌شود که منجر به ریزش مو و کاهش توانایی سیستم ایمنی بدن شود و فقط در همان محدوده تومور، دارو رهایش می‌شود.

در بخش مهندسی پزشکی نیز زیست‌فناوری توانسته است با کمک طراحی حامل‌های پلیمری که نانوذراتی مثل طلا، نقره، آهن و کادمیم سولفات (مورد استفاده در عکسبرداری و ردیابی) را حمل می‌کنند تصویربرداری را دقیق‌تر کند و سرعت تشخیص را افزایش دهد و آثار سمی این نانوذرات فلزی که برای عکسبرداری به بدن وارد می‌شوند را کاهش دهد.

مهندسی ژنتیک به‌عنوان یکی از پایه‌های اصلی زیست‌فناوری پزشکی توانسته است دورنماهای تازه‌ای را در پزشکی و درمان بگشاید. مشخص‌ترین کاربرد آن تولید انواع پروتئین، مثلاً هورمون‌ها و فاکتورهای رشد است. می‌توان ژن‌هایی که این پروتئین‌ها را تولید می‌کند به DNA موجودات دیگری مثل باکتری، گوسفند یا گاو وارد کرد. اگر DNA نوترکیبی را که به این شکل به‌وجود آمده است به باکتری وارد کنند، با رشد و تقسیم سلولی، باکتری‌های جدید دیگری به‌وجود می‌آیند که همگی آنها دارای ژن تولید این پروتئین در DNA خود هستند. این فرآیند را اصطلاحاً کلون‌کردن می‌گویند. درحال حاضر کلون‌سازی حیواناتی چون گوسفند و گاو نیز توسط مهندسی ژنتیک دسترس‌پذیر شده است. DNA نوترکیب حاوی ژن پروتئین را به سلول تخمک حیواناتی مثل گوسفند و گاو انتقال می‌دهند. سپس با انتقال این سلول تخمک به رحم گوسفند یا گاو مادر، سرانجام بزغاله یا گوساله‌ای به‌وجود می‌آید که دارای ژن آن پروتئین در بدن خود است. چنین گوسفند یا گاوی در تمام زندگی‌اش تولیدکننده آن داروی پروتئینی خاص خواهد بود که به‌راحتی می‌توان آن را از شیر این حیوانات استخراج کرد.

همچنین تولید بافت‌ها و اندام‌های جدید در آزمایشگاه برای پیوند زدن، از دیگر موضوعاتی است که در زیست‌فناوری پزشکی درحال پیگیری است و آینده امیدوارکننده‌ای برای آن پیش‌بینی می‌شود.

۳-۲-۲. زیست‌فناوری و محیط زیست (زیست‌فناوری خاکستری)

حذف مؤثر آلاینده‌های خطرناک از محیط زیست با استفاده از ارگانیسم‌های پالایشگر و استفاده از فنون حفظ، نگهداری و بهره‌برداری مناسب از ذخایر ژنتیکی ازجمله کاربردهای زیست‌فناوری در زمینه محیط زیست است. ازجمله کاربردهای زیست‌فناوری در زمینه محیط زیست می‌توان استفاده از فنون حفظ، نگهداری و بهره‌برداری مناسب از ذخایر ژنتیکی و نیز مطالعه و توسعه تنوع زیستی و حفاظت از گونه‌های درحال انقراض و حتی بازگرداندن گونه‌های منقرض شده نام برد.

پهنه جغرافیایی گسترده و تنوع اقلیمی کم‌نظیر و موانع طبیعی گوناگون سبب شده است تا در طول زمان تنوع ژنتیکی بی‌نظیری در کشور ایجاد و تثبیت شود و کشور ایران در زمره مناطق منحصر به‌فرد از لحاظ تنوع زیستی قرار گیرد. با توجه و به‌غنای گونه‌ای در کشور، اتخاذ تدابیری

برای حفاظت از آنها ضروری به‌نظر می‌رسد. اولین قدم در این راستا شناسایی دقیق گونه‌ها با استفاده از تکنیک‌های نوین است.

زیست‌فناوری در پاکسازی محیط زیست نیز نقش بسیار مهمی را برعهده دارد. تکنولوژی‌های فعلی مشکلات بسیاری را فراراه زندگی بشر قرار داده است. آلودگی‌های زیست‌محیطی، حجم زیاد زباله‌ها و مواد زائد غیرقابل تجزیه، آلودگی بیش از حد هوا، از بین رفتن تدریجی لایه ازن، بروز تغییرات شدید جوی، افزایش دمای زمین، بالارفتن سطح آب اقیانوس‌ها و دریاها، همه پیامدهای ناگواری است که علم و تکنولوژی حاکم در اثر بی‌توجهی و استفاده ناصحیح بشر برای ما به ارمغان آورده است.

پدیده زیست‌پالایی[1] ازجمله روش‌های بیوتکنولوژیک به‌معنای به‌کارگیری موجودات زنده برای حل مشکلات زیست‌محیطی است و شامل هر فرآیندی می‌شود که طی آن موجود زنده به‌کار گرفته می‌شود تا محیط زیست آلوده را به حالت اصلی و اولیه خود برگرداند.

به‌طور خلاصه استفاده از زیست‌فناوری در پاکسازی محیط زیست را می‌توان به این شکل بیان کرد: حذف مؤثر آلاینده‌های خطرناک از محیط زیست ازجمله آلاینده‌های نفتی، سموم شیمیایی، آلاینده‌های حاصل از صنایع مانند فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌های هوا، آب و خاک با استفاده از میکروارگانیسم‌ها یا گیاه‌های پالایشگر که قادرند این آلاینده‌ها را مصرف کرده و آنها را به ترکیبات غیرسمی تبدیل کنند.

۴-۲-۲. زیست‌فناوری در نفت، گاز، پتروشیمی (زیست‌فناوری خاکستری)

استفاده از زیست‌فناوری در این صنعت بحث جدیدی است که در سال‌های اخیر در دنیا مورد توجه قرار گرفته است. نمونه بارز آن را می‌توان در ازدیاد برداشت از مخازن نفت به‌وسیله میکروارگانیسم‌ها مشاهده کرد. از آنجا که پس از استخراج اولیه و ثانویه نفت قسمت قابل توجهی از آن در چاه‌ها باقی می‌ماند، روش‌های مختلفی به‌منظور استخراج مابقی نفت به‌وجود آمده است که از آن جمله می‌توان به توسعه روش‌های زیستی و استفاده از باکتری‌های مقاوم به حرارت و فشار نام برد. مباحث ظریف‌تر در استفاده از توانمندی‌های زیست‌فناوری در صنعت نفت شامل زمینه‌های مختلفی است که ازجمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

ـ ارتقای کیفی محصولات نفتی که مهمترین آنها حذف گوگرد و نیتروژن و فلزات سنگین برای بهبود کیفیت نفت استخراجی است.

ـ تشخیص مناطق حاوی مواد هیدروکربنی و نفتی به کمک شناسایی میکروارگانیسم‌های خاصی که در این محل‌ها زندگی می‌کنند و منبع تأمین انرژی مورد نیاز برای حیات آنها نفت، گاز و سایر مشتقات موجود در این مخازن است.

---

1. Bioremediation

ـ تسهیل انتقال نفت در لوله‌ها با روان‌تر کردن این محصولات به کمک میکروارگانیسم‌هایی که از مواد سنگین موجود در نفت خام به‌عنوان منبع غذایی استفاده کرده و آنها را به ترکیبات ساده‌تر تبدیل می‌کنند.

۵-۲-۲. صنایع نساجی (زیست‌فناوری سفید)

کاربردهای زیست‌فناوری در صنعت نساجی از حدود صد سال قبل با به‌کارگیری آنزیم‌های آمیلاز استخراج شده از مالت برای زدودن آهارهای نشاسته‌ای آغاز شد. با پیشرفت صنعت نساجی و ضرورت کاهش هزینه‌ها در تولید انبوه، زیست‌فناوری راه‌حل‌های فزاینده‌ای را به این صنعت ارائه داده است. استفاده از ابزارهای کنترل، آنالیز و شناسایی همچون زیست‌حسگرها به‌منظور شناسایی رنگ، شناسایی الیاف گرانبها از سایر الیاف و تولید صافی‌ها و پوشش‌های محافظ در صنعت نساجی، اصلاح مواد خام مثل پنبه، پشم و کتان، کرم ابریشم و تولید مواد جدید ازجمله بیوپلیمرها و نیز فرآیندهای آنزیمی برای آماده‌سازی، محافظت و بهبود کیفیت پارچه‌های تولیدی از نمونه دستاوردهای زیست‌فناوری در صنعت نساجی است.

کاربرد زیست‌فناوری در صنایع مختلف که منجر به تولید فرآورده‌های گوناگون با صرف هزینه و انرژی کمتر، ضایعات اندک و کمترین اثر مخرب بر محیط زیست می‌شود موجب شده است که این فناوری به یکی از پاک‌ترین و در عین حال سودآورترین بخش‌های صنعت شهرت یابد و امکان تولید فرآورده‌هایی که قبلاً وجود داشته یا تهیه دشواری داشته است فراهم شود.

۳. ضرورت توجه به توسعه زیست‌فناوری نوین

تمایل جوامع به پذیرش فناوری‌های نوین در زندگی روزمره به‌دلیل آثار مفید و امیدبخش آن برای زندگی بهتر، به‌شدت درحال افزایش است. تأمین غذا، سلامت و بهداشت از دیرباز تاکنون به‌عنوان یکی از مهمترین دغدغه‌های بشر محسوب می‌شود. زیست‌فناوری توانسته است با ایجاد تحول در روش‌های سنتی گام بسیار مؤثری در این مورد بردارد. پیش‌بینی می‌شود محصولات زیست‌فناوری در بخش پزشکی (داروهای نوترکیب برای درمان بیماری‌های صعب‌العلاجی چون MS، آلزایمر، ایدز و انواع سرطان) و در بخش کشاورزی (گیاهان تراریخته و ضدآفت برای تأمین نیازهای غذایی بشر) تا چند سال آینده قسمت عمده‌ای از بازار جهانی را در اختیار خود گرفته و به‌تدریج جایگزین روش‌های سنتی درمانی و کشاورزی شود. تسخیر بازار توسط این محصولات، جوامع را الزاماً به سمت استفاده از آنها خواهد برد.

تولید و فروش داروهای بیوتکنولوژیک هرساله درحال افزایش است. سرمایه‌گذاری‌های کلانی که در حوزه زیست‌فناوری و به‌خصوص بخش پزشکی توسط کشورهای صنعتی انجام می‌شود حاکی از

اهمیت اقتصادی و تجاری این فناوری است. هم‌اکنون فناوری ساخت داروهای مؤثر و تخصصی در اختیار آمریکا، ژاپن و برخی کشورهای اروپایی است. این امر نشان می‌دهد که کاهلی در دستیابی و توسعه این فناوری، کشورهای دیگر را به این کشورها وابسته خواهد کرد و از آنجا که فرآورده‌های بیوتکنولوژیک نسبت به دیگر فرآورده‌ها بسیار گران‌تر هستند، هزینه‌های گزافی بر کشورهای واردکننده و بیماران مصرف‌کننده تحمیل خواهد شد. در کشور ما نیز قسمت قابل توجهی از اعتبارات دارویی کشور فقط برای وارد کردن چند نوع داروی بیوتکنولوژیک صرف می‌شود و با توجه به رشد سریع نیازها از یک‌سو و تولید فرآورده‌های جدید ازسویی دیگر، این قضیه زنگ خطری برای ماست. در صورت عدم توجه کافی به امر تحقیق و توسعه زیست‌فناوری و در اختیارگرفتن تکنولوژی تولید، مجبور خواهیم شد قسمت عمده‌ای از ثروت کشور را صرف خریداری این محصولات نماییم.

بازار بذرهای تراریخته نیز سال به سال درحال افزایش است. تا سال ۲۰۰۹ حدود ۱۳٤ میلیون هکتار زمین در ۲۵ کشور جهان به زیر کشت محصولات تراریخته رفته است که ازجمله آنها سویا، برنج، ذرت، پنبه و گیاهان تولیدکننده روغن‌های خوراکی است. این محصولات، سهم قابل توجهی از واردات کشور ما را تشکیل می‌دهند و اگرچه هرساله مساحت زیادی از زمین‌های زراعی کشور به زیر کشت این محصولات می‌رود، اما بخش عمده‌ای از آن به دلیل حمله آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز از بین می‌رود. به این ترتیب کشور ما خواسته یا ناخواسته به‌عنوان واردکننده و مصرف‌کننده این محصولات تراریخته، ناچار به پرداخت هزینه‌های زیادی خواهد بود.

علاوه‌بر اینها حذف آلاینده‌های خطرناک (مثل فلزات سنگین و مواد نفتی) از خاک، آب، هوا، حفظ تنوع زیستی و گونه‌های درحال انقراض از مهمترین وظایف ملی به حساب می‌آید. از آنجا که زیست‌فناوری می‌تواند نقش تأثیرگذاری را در این زمینه ایفا کند، با در نظر گرفتن قابلیت‌های کشور از لحاظ منابع بیولوژیکی و ذخایر زیستی متنوع و نیز ضرورت پاکسازی مناطق صنعتی و نفت‌خیز کشور از آلاینده‌های خطرناک، توسعه آن در این بخش اهمیت زیادی دارد.

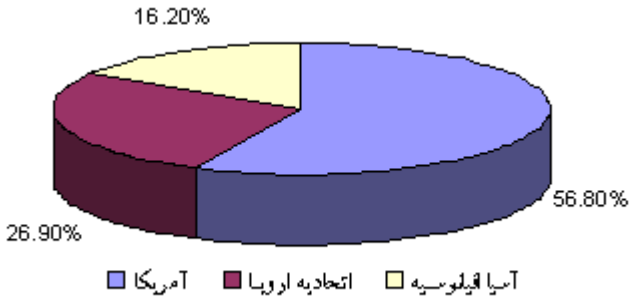
با توجه به اینکه بازار تجاری امروز بازار رقابت بین کیفیت محصولات است، تجهیز کردن حوزه‌های صنعتی با تکنولوژی‌های سطح بالا مثل زیست‌فناوری و نانوفناوری، گام مؤثری در جهت بهبود کیفیت محصولات و ارزش اقتصادی آنها خواهد بود. این امر به‌خصوص در صنعت نفت و نساجی که بخش زیادی از محصولات صادراتی کشور را تشکیل می‌دهند مهم است. زیست‌فناوری می‌تواند در بهبود کیفیت محصولات نفتی و نساجی بسیار مؤثر باشد. عدم توجه کافی به توسعه این فناوری و محروم بودن از مزایای آن در عرصه‌های صنعتی مرتبط، باعث به‌دست گرفتن بازار رقابت توسط کشورهای سرمایه‌گذار در این زمینه شده و تهدیدهای قابل ملاحظه‌ای را به کشور وارد می‌سازد.

شکل ۲. کاربردهای زیست‌فناوری در حوزه‌های مختلف زندگی بشر

۴. مرور کوتاهی بر فعالیت‌ها وسرمایه‌گذاری در حوزه زیست‌فناوری (جهان و ایران)

در حال حاضر زیست‌فناوری به لحاظ اهمیت و پیش‌بینی افق‌های روشن رشد و توسعه فراگیر وضعیتی مشابه با فناوری هسته‌ای و کاربرد رایانه در قرن بیستم را داراست. از دهه ۱۹۸۰ در بسیاری از کشورها زیست‌فناوری به‌عنوان علمی با ظرفیت سودآوری بالا شناخته شد. سرمایه‌گذاری در این زمینه در برخی کشورهای درحال توسعه که اهمیت این فناوری ارزشمند قرن را دریافته بودند همانند کشورهای توسعه‌یافته مورد توجه ویژه قرار گرفت. آمارها نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۵ سهم مشارکت امریکا، اروپا، آسیا و اقیانوسیه در درآمد زیست‌فناوری جهانی به‌ترتیب ٥٦/٨، ٢٦/٩ و ١٦/٢ درصد بوده است (شکل ۳).

شکل ۳. درصد مشارکت آمریکا، اتحادیه اروپا و آسیا اقیانوسیه در درآمد جهانی زیست‌فناوری سال ۲۰۰۵



هرچند که در ایران سابقه استفاده از زیست‌فناوری سنتی در انستیتو پاستور و مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم رازی نزدیک به یک قرن می‌باشد ولی توجه جدی به زیست‌فناوری نوین با تأسیس پژوهشکده زیست‌فناوری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی و به هدف انجام پژوهش‌های بنیادی و کاربردی و همکاری در تربیت متخصصین واجد شرایط برای نیازهای جامعه به‌ویژه در زمینه‌های صنعتی، کشاورزی، دامپروری، بهداشتی و دارویی به‌منظور دستیابی به دانش فنی لازم جهت ارائه خدمات علمی، فنی و تحقیقاتی، به دهه ١٣٦٠ برمی‌گردد. تا آخر سال ۱۳۸۷ بیش از ۱۷۰۰ نفر پژوهشگر در زمینه‌های مرتبط با زیست‌فناوری در ارگان‌های مختلف کشور مشغول به‌کار بوده‌اند. همچنین فعالیت بیش از ۱۲۰ دانشگاه و بیش از ٤٠ پژوهشگاه و ۸۱ شرکت و مؤسسه خصوصی در زمینه زیست‌فناوری نشان‌دهنده توانمندی مناسب ایجاد شده در کشور است. با این‌حال با نگاهی گذرا بر میزان سرمایه‌گذاری کشورهای توسعه‌یافته صنعتی و کشورهای درحال توسعه در حوزه زیست‌فناوری (جداول ۱و۲)، ناچیز بودن اعتبارات تخصیصی در کشور

آشکار می‌گردد. لازم به‌ذکر است که در گزارش‌های آتی وضعیت ایران با تفصیل بیشتری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مطالعه جدول۱ چند نکته را مشخص می‌سازد:

الف) نگاه اولیه به ارقام تخصیص بودجه تحقیق و توسعه (R&D) زیست‌فناوری نشان می‌دهد که تخصیص بودجه در حوزه تحقیق و توسعه زیست‌فناوری در کشورهای توسعه‌یافته، رقم بسیار بالایی است که در این گزارش تنها به بودجه تحقیق و توسعه شرکت‌های فعال در زیست‌فناوری اشاره شده است. بودجه اختصاص داده شده به تحقیق و توسعه توسط این شرکت‌ها حتی می‌تواند از کل بودجه تحقیق و توسعه برخی کشورهای درحال توسعه بیشتر باشد.

ب) کشورهای توسعه‌یافته قابلیت سودآوری زیست‌فناوری را کاملاً درک کرده و برای در اختیارگرفتن بازار جهانی زیست‌فناوری با یکدیگر رقابت نزدیکی داشته و سرمایه‌گذاری‌های کلانی را انجام می‌دهند به‌طوری که قسمت عمده‌ای از بودجه تحقیق و توسعه کل شرکت‌های تحقیق و توسعه را شرکت‌های زیست‌فناوری به‌خود اختصاص داده‌اند. در سال ۲۰۰٦، ۵۹ درصد از بودجه تحقیق و توسعه کل شرکت‌های تحقیق و توسعه آمریکا، صرف شرکت‌های تحقیق و توسعه زیست‌فناوری شده است. همچنین در سال ۲۰۰۷ کشور آلمان کاملاً بر روی تحقیق و توسعه زیست‌فناوری متمرکز بوده است به‌طوری که کل بودجه تحقیق و توسعه شرکت‌های تحقیق و توسعه، به این حوزه اختصاص داده شده است.

نسبت بودجه شرکت‌های تحقیق و توسعه زیست‌فناوری به کل شرکت‌های تحقیق و توسعه در کشورهای کانادا، فرانسه و کره به‌ترتیب٦٧، ٦٢ و ٢٧ درصد بوده است.

ج) کل بودجه تحقیق و توسعه در حوزه زیست‌فناوری (دولتی و غیردولتی) در کشور کره ۲۳۷۵/۱ میلیون دلار گزارش شده است که از این مقدار، ١٤٤٦/٨ میلیون دلار، بودجه تحقیق و توسعه دولتی و مابقی آن (۹۲۸/۳ میلیون دلار) بودجه تحقیق و توسعه غیردولتی ـ شرکت‌های تجاری ـ بوده است (داده‌ها در جدول ارائه نشده است). این ارقام نشان می‌دهد که سهم دولت در تأمین بودجه تحقیق و توسعه زیست‌فناوری نزدیک به ٦٠ درصد بوده و حدود ٤٠ درصد از بودجه تحقیق و توسعه در این حوزه توسط مراکز غیردولتی تأمین شده است. در این میان نگاهی به چگونگی تخصیص بودجه تحقیق و توسعه دولتی زیست‌فناوری این کشور نشان می‌دهد که ٦٠ درصد آن (٨٦٣/٣ میلیون دلار) به تحصیلات تکمیلی حوزه زیست‌فناوری و ٤٠ درصد آن (٥٣٨/٥ میلیون دلار) به مؤسسات تحقیقاتی دولتی اختصاص یافته است.

مطالعه وضعیت کشورهای درحال توسعه (نمودار ۲) نشان می‌دهد که این کشورها نیز ضرورت گام برداشتن به‌سمت زیست‌فناوری را احساس کرده‌اند و با حمایت از تشکیل شرکت‌های

زیست‌فناوری و تربیت نیروی پژوهشگر بـه امـر تحقیـق و توسـعه زیسـت‌فنـاوری روی آورده‌انـد به‌طوری که در چین تا سال ۲۰۰۷ و هند تا سال ۲۰۰۵ به ترتیب ۵۸۰ و ۲۸۰ شرکت زیسـت‌فنـاوری فعالیت داشته‌اند. در آفریقای جنـوبی تـا سـال ۲۰۰۶ ، ۳۸ شـرکت اختصاصـی زیسـت‌فنـاوری (۸۰ درصد فعالیت آن کاملاً در حوزه زیست‌فناوری است) با ۲۶۸ پژوهشگر متخصـص زیسـت‌فنـاوری گزارش شده که بودجه تحقیق و توسعه اختصاص داده شده به این شرکت‌ها ۱۹ میلیـون دلار بـوده است.

جدول ۱. آمار تعداد و بودجه R&D شرکت‌های فعال در حوزه زیست‌فناوری در برخی از کشورهای توسعه‌یافته صنعتی

کشور	تعداد شرکت‌های تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی[۱]	تعداد شرکت‌های اختصاصی تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی[۲]	نسبت شرکت‌های اختصاصی به کل شرکت‌های بیوتکنولوژی (درصد)	بودجه R&D کل شرکت‌های تحقیق و توسعه (میلیون دلار)	بودجه R&D شرکت‌های تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی (میلیون دلار)	نسبت بودجه R&D شرکت‌های بیوتکنولوژی به کل شرکت‌های تحقیق و توسعه (درصد)	تعداد کل پژوهشگر در شرکت‌های تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی	تعداد کل پژوهشگر متخصص بیوتکنولوژی در شرکت‌های تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی
آمریکا[۳] (۲۰۰۶)	۳۳۰۱	۲۷٤٤	۸۳	٤۲٤٤۷/۰	۲٥۱۰۱/۰	٥۹	۱٥۰۰۰۰	۷۳٥۲۰
انگلیس[٤] (۲۰۰۳)	–	٤٦۰	–	–	–	–	–	۹٦٤٤
فرانسه[۳] (۲۰۰٦)	۸۲٤	٤٦۱	٥٦	۳۸۰۲/۹	۲۳٥۳/۰	٦۲	۲٥۹٤٦	۱٤۳٦۲
آلمان[۳] (۲۰۰۷)	–	٤۹٦	–	۱۱۹۸/۲	۱۱۹۸/۲	۱۰۰	۷۲٤۰[٥]	۷۲٤۰
سوئیس[۳] (۲۰۰٤)	۱٥٦	۸٦	٥٥	۲۹۳۸/٦	٤۷۱/۱	۱٦	۱۲۹۷۰	٥٦۹۱
کانادا[۳] (۲۰۰٥)	–	٥۳۲	–	۲۰۸۳/۸	۱٤۰٤/۰	٦۷	–	۷۰٦٥
کره[۳] (۲۰۰٦)	٦۲۷	۲٦٥	٤۲	۲٥۹٦/۳	۷۰۹/۳	۲۷	–	۷۷۲٥

توضیحات:

(۱) منظور از شرکت‌های تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی، شرکت‌هایی هستند که حداقل یکی از فعالیت‌های تحقیقی و توسعه‌ای آنها در زمینه بیوتکنولوژی می‌باشد.

(۲) شرکت‌های اختصاصی تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی شرکت‌هایی هستند که بیش از ۷٥ درصد بودجه تحقیق و توسعه خود را صرف بیوتکنولوژی می‌نمایند.

(۳) منبع مورد استفاده:

"OECD Biotechnology Statistics 2009", Brigitte van Beuzekom and Anthony Arundel, 2009, http://www.oecd.org/dataoecd/4/23/42833898.pdf.

(٤) منبع مورد استفاده:

"Competitiveness of the European biotechnology industry", Tomas Jonsson, 2007, http://ec.europa.eu/enterprise/newsroom/cf/document.cfm?action=display&doc_id=4984&userservice_id=1.

(٥) تعداد پژوهشگرهای شرکت‌های اختصاصی تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی گزارش شده است.

جدول ۲. آمار تعداد و بودجه R&D شرکت‌های فعال در حوزه زیست‌فناوری در برخی از کشورهای درحال توسعه

کشور	تعداد کل شرکت‌های بیوتکنولوژی[۱]	بودجه R&D شرکت‌های تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی (میلیون دلار)	تعداد کل پژوهشگر در شرکت‌های تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی
چین	۵۸۰ (۲۰۰۷)[۲]	–	۲۰۰۰۰ (۲۰۰۳)[۳]
هند	۲۸۰ (۲۰۰۵)[٤]	–	۱۵۰۰۰ (۲۰۰۳)[۳]
ایران(۲۰۰۸)	۸۱[۵]	–	۱۷۰۰ [۵ و ٦]
آفریقای جنوبی[۷] (۲۰۰٦)	۳۸[۸]	۱۹.۰	۲٦۸ [۹]

توضیحات:

(۱) منظور از تعداد کل شرکت‌های بیوتکنولوژی، مجموع شرکت‌هایی است که حداقل یکی از فعالیت‌های آنها در عرصه تجاری (تولید تجهیزات و ارائه خدمات بیوتکنولوژی) یا عرصه تحقیق و توسعه در حوزه بیوتکنولوژی است.

(۲) منبع مورد استفاده:

http://www.hg.org/article.asp?id=7594.

(۳) منبع مورد استفاده: خبرنامه زیست‌فناوری، ستاد توسعه زیست‌فناوری، پیش‌شماره بهمن‌ماه ۱۳۸۷.

(٤) منبع مورد استفاده:

http://www.allbusiness.com/marketing-advertising/market-research-analysis market/5090561-1.html

(۵) منبع مورد استفاده: سند ملی زیست‌فناوری جمهوری اسلامی ایران، ستاد توسعه زیست‌فناوری، ۱۳۸۵.

(٦) تعداد کل پژوهشگر متخصص بیوتکنولوژی در شرکت‌های تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی گزارش شده است.

(۷) منبع مورد استفاده:

"OECD Biotechnology Statistics 2009", Brigitte van Beuzekom and Anthony Arundel, 2009, http://www.oecd.org/dataoecd/4/23/42833898.pdf.

(۸) تعداد شرکت‌های اختصاصی تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی گزارش شده است.

(۹) تعداد پژوهشگرهای شرکت‌های اختصاصی تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که زیست‌فناوری یکی از فناوری‌های کلیدی است که سرنوشت اقتصادی جوامع را در آینده رقم خواهد زد. از آنجا که این فناوری با زندگی روزمره بشر آمیخته است، پیشرفت‌هایی که در حوزه‌های مربوط به آن رخ می‌دهد الزاماً بشر را به سمت استفاده از فرآورده‌های نوین آن خواهد برد و کشورهایی که در این زمینه توجه کافی اعمال نکنند مصرف‌کننده محصولات کشورهایی خواهند بود که این فناوری را در اختیار گرفته‌اند و به این ترتیب هزینه‌های زیادی را متحمل می‌گردند. ازاین‌رو توجه به تحقیق و توسعه در حوزه زیست‌فناوری در کشورهای درحال توسعه افزایش یافته است. توجه به سرمایه‌گذاری‌های کلان علمی و مالی انجام شده در این حوزه توسط کشورهای صنعتی یا کشورهای درحال توسعه‌ای همچون هند و چین، نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری‌های ایران بسیار کمتر از ظرفیت مورد نیازی است که برای توسعه این فناوری در کشور لازم است. اگر کشور می‌خواهد در گام اول سرمایه

خود را صرف واردات این محصولات نکند و در قدم‌های بعدی سهم مؤثری در بازار تجارت زیست‌فناوری داشته باشد، توجه به امر تحقیق و توسعه این حوزه با تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های راهبردی مناسب، ضرورتی غیرقابل انکار است.

منابع و مآخذ

۱. خبرنامه زیست‌فناوری، ستاد توسعه زیست‌فناوری، پیش‌شماره بهمن‌ماه ۱۳۸۷.

۲. سند ملی زیست‌فناوری جمهوری اسلامی ایران، ستاد توسعه زیست‌فناوری، ۱۳۸۵.

۳. شجاع‌الساداتی، سیدعباس و محمدعلی اسدالهی. بیوتکنولوژی صنعتی، تهران، دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۱

٤. نانوفناوری در ایران، دفتر مطالعات فرهنگی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۸۵.

5. "OECD Biotechnology Statistics 2009", Brigitte van Beuzekom and Anthony Arundel, 2009, http://www.oecd.org/dataoecd/4/23/42833898.pdf.
6. Chaudhari, D. Controlled drug delivery systems. Literature Seminar, University of Alabama, 2004.
7. http://bio.itan.ir/?ID=277.
8. 18.http://biotechnews.ir/html/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=320.
9. http://bio.itan.ir/?ID=297.
10. http://biodc.ir/web/ray/jurnal3.
11. http://en.wikipedia.org/wiki/Biotechnology.
12. http://scbio.ir/web/ray/jurnal2.
13. http://www.bio.org/speeches/pubs/er/statistics.asp.
14. http://www.biotech.blogsky.com/1385/04/13/post-33/.
15. http://www.ebis.sg/Portals/0/pdfs/InfoByte/LifeScience/Biotechnology.pdf.
16. http://www.itan.ir/?ID=153.
17. http://www.tebyan.net/index.aspx?pid=56127.
18. http://www.woodrow.org/teachers/bi/1993/intro.html.

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۰۳۳۸

عنوان گزارش: زیست‌فناوری، فناوری سودآور قرن (زیست‌فناوری نوین)

نام دفتر: مطالعات ارتباطات و فناوری‌های نوین (گروه فناوری‌های نو)

تهیه و تدوین: سهیلا خردمندنیا

ناظر علمی: سیدسروش قاضی‌نوری

متقاضی: معاونت پژوهشی

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. زیست‌فناوری

۲. مهندسی ژنتیک

۳. کاربردها

تاریخ انتشار: ۱۳۸۹/۵/۴