

۲-۱- فرایندهای زیست فناوری

توسعه زیست فناوری تا حدود زیادی به تحقیقات کارآمد در زمینه میکروپزشناسی، آنزیم‌شناسی، ژنتیک مولکولی و نیز به مجموعه‌های کشت که به طور کامل ثبت و به طور منظم بررسی شوند، وابسته است. استفاده از سلول‌های جانوری مانند کشت ویروس‌ها در تولید واکسن‌ها، تولید اینترفرون‌ها و سنتز آنتی‌بادی‌های مونوکلونال نیز نقش مهمی در این زمینه دارد. گیاهان نیز در تولید کلون‌های گیاهی و سنتز آلکالوئیدهای مختلف و سایر متابولیت‌های ثانویه سهیم هستند. میکروپزشناسی، ژنتیک، زیست‌شناسی مولکولی و بیوشیمی، اساس زیست فناوری است.

در جدول ۱-۱ فعالیت‌های زیست فناوری به هشت بخش تقسیم شده است: (۱) DNA نو ترکیب و مهندسی ژنتیک، (۲) کشت سلولی، (۳) بازیافت و بهره‌برداری از زباله، (۴) آنزیم‌ها و کاتالیزورهای زیستی، (۵) سوخت، (۶) تثبیت نیتروژن، (۷) تخمیر و مواد دارویی، (۸) بهداشت (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱- حوزه‌های زیست فناوری و فراورده‌های آن

فناوری	فراورده
۱ DNA نو ترکیب و مهندسی ژنتیک	آنزیم‌ها، واکسن‌ها، اینترفرون‌ها، هورمون‌ها، آنتی‌بادی‌ها، فاکتورهای خونی
۲ کشت سلولی	تولید بیومس، پروتئین‌های تک سلول، اینترفرون‌ها، واکسن‌ها، فراورده‌های خونی، آنتی‌بادی‌های مونوکلونال
۳ بازیافت و بهره‌برداری از زباله	استفاده از فراورده جانبی مانند آب پنبه، زباله سلولزی، بازیابی محصول، چرخه مجدد آب
۴ آنزیم‌ها و کاتالیزورهای زیستی	فراوری غذا، مواد شیمیایی با کیفیت، کیت‌های تشخیصی، شیمی درمانی، حسگرهای زیستی، ایزوگلوز، شربت‌های گلوکز، اتانول
۵ سوخت	الکل، هیدروژن، متان، گازوئیل
۶ تثبیت نیتروژن	احیای کودهای نیتروژنی
۷ تخمیر و مواد دارویی	الکل، مواد شیمیایی با کیفیت، آنتی‌بیوتیک، ویتامین، آنزیم، اسیدهای آمینه، نوکلئوتیدها، استروئیدها، آلکالوئیدها، معرف‌های تشخیصی، اسید سیتریک، پلیمرهای زیستی، حشره‌کش‌های زیستی، اتانول، استون، بوتانول، گاز زیستی
۸ بهداشت	آنتی‌بیوتیک‌ها، هورمون‌ها، کاوشگرهای DNA، ژن درمانی

۱-۲-۱ DNA نو ترکیب و مهندسی ژنتیک

قابلیت جداسازی ژن یک محصول مطلوب و انتقال آن به موجود دیگر راهی برای تولید کاراتر پروتئین‌های مفید یا معرفی ویژگی‌های جدید به میزبان می‌گشاید. از این رو، تولید وسیع هورمون‌ها، واکسن‌ها، فاکتورهای انعقاد خون یا آنزیم‌ها به واسطه برخی باکتری‌های مناسب امکان‌پذیر شده است. همچنین در این فناوری، امکان دیگری برای تولید پروتئین‌های کاملاً جدید فراهم است. با تغییر انتخابی ژن کدکننده آنزیم قبل از انتقال به میزبان، ساختار و در نتیجه ویژگی‌های آنزیم در جهت سودمندی بیشتر تغییر می‌کند. تغییر ژنوم گیاهان مهم اقتصادی نیز بسیار امیدوارکننده است. سطح پروتئین‌های ذخیره‌ای بذور برای دستیابی به پروتئین بیشتر افزایش می‌یابد. همچنین امکان مهندسی گیاهان زراعی برای مقاومت بیشتر به علف‌کش‌ها یا آلودگی وجود دارد.

۱-۲-۲ کشت سلول

کشت سلول‌های پستانداران در مقیاس وسیع دشوار است و مشکل اصلی زیست‌شناسان سلولی و مهندسان بیوشیمی در آینده نزدیک به‌شمار می‌رود. آنتی‌بادی‌های مونوکلونال از نظر پیچیدگی رونویسی و ترجمه مواد ژنتیکی آنها و اینترفرون‌ها از نظر قیمت و کارایی، در آینده از جهت کاربردهای درمانی، آمایشی و تجزیه‌ای اهمیت می‌یابند.

گیاهان منبع مهم بسیاری از مواد خام و داروهای ارزشمند هستند. قابلیت کشت سلول گیاهی در مقیاس وسیع، برای تولید بیومس یا استخراج فراورده مطلوب حاصل از کشت‌های سلولی به فناوری بسیار مطلوبی تبدیل شده است. فناوری تثبیت در مسیر سنتز ترکیبات پیچیده و تولید مقادیر بیشتر متابولیت‌های ثانویه قرار گرفته است.

۳-۲-۱- بازیافت و بهره‌برداری از ضایعات

بازیافت زباله از مشکلات قدیمی بشر بوده‌است. انواع زیادی از ضایعات نه تنها به آسانی بازیافت می‌شوند، بلکه امکان تبدیل آنها به کالای مفید نیز وجود دارد. برای مثال، تولید پنیر با دلمه شیر برای تشکیل مواد جامد و آب پنیر مایع شروع می‌شود. یک دستگاه تولیدکننده پنیر با اندازه متوسط، هزاران لیتر آب پنیر در روز تولید می‌کند که ورود آن به مجرای فاضلاب نه تنها مشکل‌زا نیست بلکه ارزشمند است. آب پنیر از کمی پروتئین، مواد معدنی و حدود ۴ درصد لاکتوز تشکیل شده است و در صورتی که به کمک آنزیم‌های مهندسی شده به ترکیبات مفید تجزیه شود، به بازیافت زباله کمک می‌کند.

سلولاز ماده زباله‌ای فراوان دیگری است که به ویژه در قالب کاه بیشتر است و به طور مرسوم درون مزارع شخم زده یا سوزانده می‌شود. از نظر تئوری، سلولاز تجزیه‌پذیر است و به عنوان ماده خام در تولید پروتئین‌های میکروبی کاربرد دارد. برآورد می‌شود که به این روش می‌توان از طریق زباله‌های کشاورزی پروتئین کافی برای تغذیه جمعیت کل جهان تولید کرد. همچنین دیگر مواد زباله‌ای کشاورزی همچون علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، مواد شیمیایی و... به فراورده‌های جانبی مفید تجزیه می‌شوند.

۴-۲-۱- آنزیم‌ها و کاتالیزورهای زیستی

آنزیم‌ها بهترین کاتالیزورهای طبیعت هستند و قابلیت کاتالیتیکی عظیم و بسیار اختصاصی را به نمایش می‌گذارند. قرن‌های متمادی است که از آنها به ویژه در فراوری مواد غذایی (برای مثال در تهیه پنیر، از بین بردن موی پوست دام و...) استفاده می‌شود و از قدیمی‌ترین اشکال زیست‌فناوری را نشان می‌دهند. اخیراً برای فراوری مواد غذایی، تولید شیمیایی، سیستم‌های تشخیصی و تجزیه-تحلیلی و نیز در معالجه بیماری‌ها توجه زیادی در استفاده از آنزیم‌ها وجود دارد. تشریح ساختار و کارکرد آنزیم‌های خاص و استفاده از آنها به صورت تثبیت‌شده، در مجموعه‌ای از فرایندهای تولید صنعتی، مسیر پهناوری در جهت تلاش و کنجکاوی بشر گشوده است.

۵-۲-۱- سوخت

سوخت‌های احتراقی به‌خصوص روغن‌های معدنی در جهان رو به اتمام است. زیست‌فناوری توان معرفی سوخت‌های جدید و سایر ذخایر غذایی کربنی را داراست. این امکان وجود دارد که به زودی متان، گازوئیل و هیدروژن به عنوان سوخت‌های مهم مورد استفاده قرار گیرند. پیش از این تجزیه نوری هیدروژن از آب تحقق یافته و مبتنی بر ترکیب سیستم‌های نوری گیاهان و آنزیم‌های هیدروژناز مشتق از باکتری و همچنین نور است. از آنجا که آلودگی در پی ندارد و منبع آن تجدیدپذیر است، سوخت احتراقی مطلوبی است.

۶-۲-۱- تثبیت نیتروژن

امکان ایجاد قابلیت تثبیت نیتروژن اتمسفر در گیاهان زراعی، نه تنها سبب صرفه‌جویی در هزینه کودهای نیتروژنی می‌شود، بلکه مشکلات احتمالی آلودگی آب ناشی از آبشویی نیترات را نیز از بین می‌برد. دستیابی به چنین ارتباطاتی بین باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت و غلات، کاربردهای کشاورزی مهمی خواهد داشت. از طریق کار بر روی مکانیسم‌های ژنتیکی تنظیم این فرایند، تلاش‌هایی برای افزایش تثبیت ازت و جذب و ترکیب غذا در حال اجرا است. به‌واسطه هیبریدهای سوماتیکی بین ارقام مطلوب و گیاهان تثبیت‌کننده ازت؛ یا از طریق انتقال ژن‌های *nif* به میکروارگانیسم‌های همزیست یا آزاد؛ و همچنین انتقال قابلیت تثبیت نیتروژن به گیاه با استفاده از ویروس‌ها یا پلاسمیدها به عنوان ناقل ژن‌های *nif*؛ یا از طریق نوترکیبی این ژن‌ها با DNA میتوکندریایی یا کلروپلاستی، تحقیقات به دنبال ایجاد سیستم‌های جدید تثبیت‌کننده ازت است.

۷-۲-۱- تخمیر و مواد دارویی

تخمیر همراه با کاتالیزورهای زیستی از قدیمی‌ترین موارد در زیست‌فناوری است. به طور مرسوم، تخمیر به‌معنی تولید مشروبات الکلی از کربوهیدرات‌ها بوده است. تخمیر یا به عبارتی کاربرد متابولیسم میکروبی برای تغییر شکل مواد خام ساده به‌صورت فراورده‌های ارزشمند، امکان تولید مجموعه‌ای از مواد سودمند را مهیا می‌کند؛ برای مثال، مواد شیمیایی نظیر اسیدسیتریک، آنتی‌بیوتیک‌ها، پلیمرهای زیستی، ویتامین‌ها، آلکالوئیدها، استروئیدها، واکسن‌ها و معرف‌های تشخیصی با استفاده از فناوری تخمیر تولید می‌شوند.

از طرفی هم‌سازسازی یک ژن جدید، کشف یک آنتی‌بیوتیک جدید یا ابداع آنزیمی که فرایندی را کاتالیز کند، در مقابل محقق آزمایشگاه قرار دارد و از طرف دیگر با انتقال این دانش در قالب مقیاس عملی و تولید مقدار کافی از فراورده‌های مفید مواجه است. مهندسی فرایند با به کارگیری تکنیک‌های مختلف نظیر برداشت، پیش‌تیمار، فیلتراسیون مواد خام، طراحی راکتور، استفاده مجدد از کاتالیزورها، موجودات و استخراج و آنالیز فراورده‌ها نقش حیاتی در جریان این انتقال ایفا می‌کند. این مسئله سبب می‌شود که فناوری زیستی به دلیل سهمیم بودن در تولید ناخالص بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته، میلیاردها دلار ارزش داشته باشد. در اصطلاح رشد اقتصاد ملی ناشی از معرفی زیست‌فناوری، بیشترین قابلیت را در صنایع غذایی و شیمیایی دارد.

۸-۲-۱- بهداشت

نهادهای زیست فناوری از جمله در این موارد سودمند بوده‌اند: (۱) پیشگیری از بیماری‌ها به کمک فراورده‌های دارویی مختلف نظیر آنتی‌بیوتیک‌ها، آنتی‌بادی‌ها، واکسن‌ها، هورمون‌ها، فراورده‌های تنظیمی و...، (۲) تشخیص بیماری‌های ژنتیکی قبل از بارداری و مشاوره ژنتیک، (۳) ابزارهای ایمنی تشخیصی و شناسایی بیماری با کمک کاوشگرها، (۴) معالجه بیماری‌ها، (۵) ژن درمانی، (۶) همسانه‌سازی و...

۳-۱- فراورده‌ها

زیست فناوری موجب ارتقای تولید آنتی‌بادی‌های مونوکلونال، کاوشگرهای DNA، آنتی‌بادی‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها، واکسن‌های نو ترکیب، انسولین انسان، اینترفرون‌ها و هورمون‌های رشد انسان است که در معالجه بیماری‌ها و اختلالات متابولیکی مختلف مفید هستند. از نظر صنعتی، تولید اتانول، اسید لاکتیک، اسید سیتریک، گلیسرین، استون، پنی‌سیلین، استرپتومایسین، اریترومایسین، سیکلوهاگزامید، ایمونوتوکسین‌ها، آمیلاز، پروتئاز، لیپاز، پروتئین‌های تک سلول^۱ در مقیاس وسیع امکان پذیر شده است. از جنبه کشاورزی، گیاهان تراریخته زیادی تولید شده و تکثیر کلونی آنها انجام پذیرفته است. از جنبه زیست محیطی، تولید حسگرهای زیستی و پلاستیک‌های زیستی ادامه دارد.

در سال ۲۰۰۰، درآمد جهانی صنعت زیست فناوری بیش از ۷۰ میلیارد دلار برآورد شده که تولید داروهای زیستی با حدود ۶۰ درصد بازار، قسمت اعظم آن را به خود اختصاص داده است و مواد تشخیصی (۱۴ درصد) و آنزیم‌های صنعتی (۴ درصد) به دنبال آن قرار دارند. پروتئین‌های دارویی حدود ۱۰ درصد بازار جهانی دارو را شامل می‌شوند. در هند، درآمد صنایع زیست فناوری در سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۵ به این ترتیب بوده است: زیست دارو، ۳۵۷۰۰ میلیون؛ خدمات زیستی، ۴۲۵۰ میلیون؛ کشاورزی زیستی، ۳۳۰۰ میلیون؛ زیست صنعت، ۳۲۰۰ میلیون و اطلاعات زیستی (بیوانفورماتیک)، ۸۰۰ میلیون دلار آمریکا.

توسعه زیست فناوری برنامه‌ای طولانی مدت است که به نیاز بازار، قابلیت پذیرش فراورده‌ها و پیشرفت در فناوری‌های رقابتی بستگی دارد. کلید توسعه موفق فناوری در تولید فراورده‌ای است که یا راه تولید دیگری نداشته باشد و یا ارزان تر و فراوان تر از نمونه موجود در بازار باشد. راهکار دوم شامل دستیابی به فناوری موجود

است و چون ممکن است رو به پیشرفت باشد، با مخاطرات زیادی همراه است. برخی از فراورده‌های حدواسط مانند واکسن‌های سرماخوردگی عمومی، جایگزین‌های ایمن‌تر توتونی، شراب‌های ارزان، کیت‌های تشخیصی قابل اعتماد، داروهای اختصاصی موضعی و... هستند که تولیدشان فقط از طریق زیست‌فناوری امکان‌پذیر است.

پیشرفت چشمگیر زیست‌فناوری امیدوارکننده است. زیست‌فناوری علاوه بر سهمیم بودن در سطح خانواده، روستا و صنعت، راه‌حلی برای فائق آمدن بر مشکلات کمبود غذا و پروتئین ارائه می‌کند. همچنین در انقلاب دارویی مبتنی بر پیشرفت بیوشیمی سلولی، زیست‌شناسی مولکولی و ایمنی‌شناسی نقش دارد و مواد بیولوژیکی بیشتری در مبارزه علیه مشکلات بیماری‌شناسی مختلف فراهم آورد. زیست‌فناوری در حفاظت تنوع زیستی و همچنین نوآوری‌های فناوری سهمیم است.