زیست‌فناوری در مهندسی شیمی

منوچهر وثوقی[۱] ، محمدجواد ثقفی[۲] و فاطمه فولادی تالاری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱

DOI: 10.22047/ijee.2024.453627.2074

DOR: 20.1001.1.16072316.1403.26.103.5.4

چکیده: زیست‌فناوری (بیوتکنولوژی) علمی است که از کشفیات جدید درباره نقش مخمر و سایر موجودات زنده در تخمیر مواد مختلف شکل گرفته است. این علم گاهی با تغییرات نظریه‌ای روبه‌رو شد که این تغییرات منجر به پیشرفت‌های علمی و صنعتی شد. زیست‌فناوری به طور عمومی علم گسترده و رو به رشدی است که آن را می‌توان به عنوان فرایندهای مبتنی بر فناوری‌های زیستی اطلاق کرد. در این مقاله برای شناخت بهتر گذشته و آیندهٔ این علم رو به رشد و همچنین پیدا کردن روش مناسب رشد و نمو این زمینه در پهنه علم و فناوری ایران لازم است که ابتدا با این علم و روند تکامل آن آشنا می‌شویم، سپس به بررسی نهادهای مؤثر بین‌المللی شامل نهادهای اقتصادی و پژوهشی پرداخته می‌شود، در نهایت، پس از بررسی وضعیت نهادهای مشابه در ایران و نقش مهندسی شیمی در پیشبرد آن، پیشنهاداتی برای توسعه زیست‌فناوری در ایران صورت خواهد گرفت. ایران با راهبردها و حمایت‌های صحیح می‌تواند در این زمینه پیشتاز شود و از مزایای این علم مهیج بهره‌مند گردد.

واژگان کلیدی: زیست‌فناوری، مهندسی شیمی، انقلاب زیستی

۱- استاد، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران (نویسنده مسئول). mvossoughish@gmail.com

۲- کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. mimjimsaghafi@gmail.com

۳- دکتری، دانشکده بیوتکنولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. f.fooladi95@ut.ac.ir

۱. مقدمه

زیست‌فناوری به طور عمومی علم گسترده‌ای است که می‌توان آن را به عنوان فرایندهای مبتنی بر فناوری‌های زیستی اطلاق کرد. اما بنیان‌گذاری زیست‌فناوری مدرن در ایران، تقریباً نه دهه پیش با تولید واکسن در مؤسسات پاستور و رازی در سال‌های ابتدای قرن چهاردهم آغاز شد. امروزه، تولید محصولات زیست‌فناورانه، به عنوان یک سرمایه‌گذاری نوین در بخش داروسازی ایران شناخته می‌شود. موضوعات زیرمجموعهٔ زیست‌فناوری بسیار متنوع‌اند. در واقع با در نظر گرفتن تعاریف مختلف از زیست‌فناوری می‌توان بازه‌های بسیار متفاوتی را به عنوان زیست‌فناوری مشخص کرد. در این میان زیست‌فناوری می‌تواند هم‌پوشانی زیادی با علوم پایهٔ زیستی داشته باشد. بنابراین مرز باریک و شناوری میان این علم و علوم پایه زیست‌شناسی و همچنین با علوم مهندسی وجود دارد.

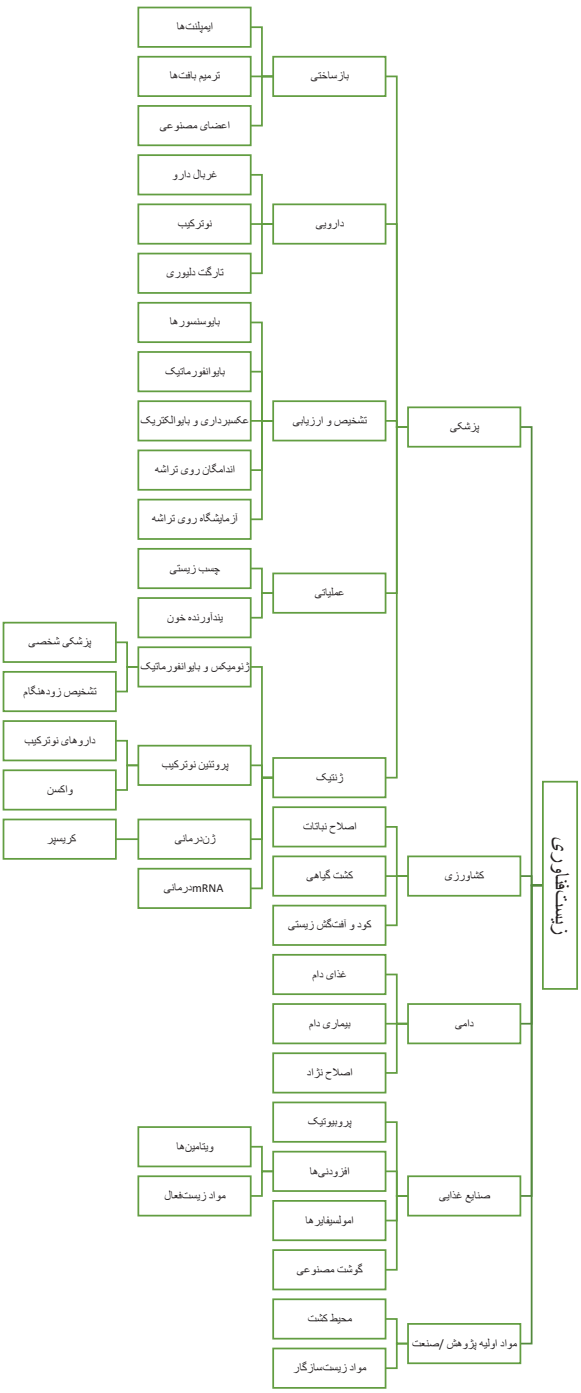
معمولاً زیست‌فناوری را به چهار بخش کشاورزی (سبز)، محیط زیستی (آبی)، صنعتی (سفید) و پزشکی (قرمز) تقسیم می‌کنند. زیست‌فناوری علمی است که از کشفیات جدید درباره نقش مخمر و سایر موجودات زنده در تخمیر مواد مختلف شکل گرفت. این علم گاهی با تغییرات نظریه‌ای روبه‌رو شد و به پیشرفت‌های علمی و صنعتی منجر گردید. پاستور علم میکروبیولوژی را بنیان نهاد و نقش میکرب‌ها در بیماری‌ها و فرایندهای صنعتی را نشان داد. بوخنر نشان داد که فرایندهای زیستی بر اساس قوانین شیمیایی هستند و آنزیم‌ها عامل زیست‌تبدیل‌ها هستند. تحقیقات روی تخمیر میکربی منجر به تولید محصولات مختلفی مانند اسید سیتریک، پنی‌سیلین، استروئید و غیره شد. در قرن بیستم، زیست‌فناوری به عنوان یک تخصص پذیرفته شد و از جانب دولت‌ها، به عنوان یک حوزه نوآورانه و رشدبخش شناخته شد. تحقیقات پایه در زیست‌شیمی و زیست‌شناسی مولکولی حوزه علوم زیستی را گسترش داد و یکپارچه کرد تا جایی که محصولات و خدمات جدید و متنوعی از این علم بهره‌مند شدند. زیست‌فناوری جدید امروزه به عنوان یکی از علوم پیشرو شناخته می‌شود (Buchholz & Collins, 2013). برای شناخت بهتر گذشته و آیندهٔ این علم و پیدا کردن روش مناسب رشد و نمو این علم در پهنه علم و فناوری ایران لازم است که ابتدا با این این علم و روند تکامل آن آشنا شویم. جدول۱ نشان‌دهنده روند پیشرفت این علم و نسل‌های مختلف فناوری زیستی است.

جدول ۱. مراحل تکامل تولید زیستی شامل ۴ انقلاب است (Buchholz & Collins, 2013)

انقلاب زیست‌تولید	زمان شروع	محصولات اصلی	پلتفرم تولید	ابزار
پیش‌مدرن	چند هزار سال پیش	پنیر، سس سویا، شراب، نان، ترشی، سرکه	مخلوط ریزاندامگان‌ها	تخمیر حالت جامد

انقلاب زیست‌تولید	زمان شروع	محصولات اصلی	پلتفرم تولید	ابزار
زیست‌تولید ۱٫۰	دهه ۱۹۱۰	#متابولیت‌ها: استون، نرمال بوتانول، گلیسرول، اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی، ویتامین C	باکتری یا قارچ تک‌سویه	تخمیر مایع بی‌هوازی تخمیر غوطه‌ور هوازی
زیست‌تولید ۲٫۰	دهه ۱۹۴۰	#متابولیت‌ها: پنی‌سیلین، تتراسایکلین، استرپتومایسین	قارچ یا باکتری جهش‌یافته	تخمیر غوطه‌ور هوازی
زیست‌تولید ۳٫۰	دهه ۱۹۸۰	#داروهای پروتئینی: اریتروپویتین، انسولین، هورمون رشد #آنزیم‌ها: آمیلاز، پروتئاز، سلولاز	سلول‌های (حیوانی) مهندسی ژنتیک ریزاندامگان‌های مهندسی ژنتیک	DNA بازسازی‌شده کشت سلول کاتالیز آنزیمی
زیست‌تولید ۴٫۰	دهه ۲۰۰۰	#محصولات فرایندهای رونویسی تا ترجمه: سلول‌ها، بافت‌ها، یا اعضای انسانی انرژی تجدیدپذیر: ایزوبوتانول هیدروژن # غذای نوین: نشاسته مصنوعی	سلول‌های بنیادی جنینی سلول‌های بنیادی چندقابلیتی القاشده (iPSC) ریزاندامگان‌های مهندسی‌شده سامانه‌های بیوسنتز (آنزیمی) مصنوعی برون‌تنی	مهندسی بافت و سلول‌های بنیادی مهندسی متابولیک و زیست‌سنتز مهندسی پروتئین پیشرفته

در یک تعریف می‌توان زیست‌فناوری را شامل تمام کاربردهایی دانست که طی آن از علم زیست‌شناسی استفاده می‌شود یا از آن برای یک کاربرد زیستی استفاده می‌شود. بدین ترتیب شکل ۱ یک دسته‌بندی از شاخه‌های زیست‌فناوری است.



شکل ۱. دسته‌بندی شاخه‌های زیست فناوری

۲. روش تحقیق

به منظور بررسی و دستیابی به تحقیقات برتر ایران، از منابع علمی مختلف شامل معاونت علمی ریاست‌جمهوری ایران، دانشگاه‌های سراسر کشور و پژوهشگاه‌ها و مراکز علمی مرتبط استفاده شده است. همچنین از پایگاه استنادی اسکوپوس[1] و ابزار جستجوی پیشرفته این سامانه جهت اشتراک گرفتن فصل مشترک زیست‌شناسی و مهندسی مطابق فیلتر زیر استفاده شد:

(SUBJAREA (“BIOC”) OR SUBJAREA (“IMMU”) OR SUBJAREA (MEDI)) AND SUBJAREA (ENG) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, “Iran”))

۳. زیست‌فناوری در دنیای امروز

برای شناخت بهتر وضعیت زیست‌فناوری و اقتصاد آن، مطابق جدول ۲با تعدادی از بزرگ‌ترین شرکت‌های حاضر در بورس‌های جهانی مرتبط با زیست‌فناوری آشنا می‌شویم:

جدول ۲. شرکت‌های شناخته‌شدهٔ زیست‌فناوری در سطح دنیا

نام شرکت:	Novo Nordisk	Moderna	BioNTech SE (BNTX)	Regeneron Pharmaceuticals Inc. (REGN)	Vertex Pharmaceuticals Inc. (VRTX)	Jazz Pharmaceuticals PLC (JAZZ)	Incyte Corp. (INCY)	Novavax, Inc. (NVAX)
درآمد خالص:	$7.68 billion	$11.76 billion	$11.35 billion	$5.37 billion	$3.27 billion	$18.69 million	$876.05 million	$1.32 billion
ارزش بازار:	$293.94 billion	$72.95 billion	-	$78.53 billion	$74.85 billion	$9.85 billion	$17.93 billion	$810.16 million
توضیحات:	شرکت دانمارکی تمرکز در حوزهٔ مراقبت بیمار (دیابت، هموفیلی، هورمون درمانی و...)	این شرکت که در کمبریج بنا شده است، تمرکز خود را بر درمان‌های بر پایهٔ mRNA بنا کرده است.	شرکت آلمانی پایه‌گذاری شده توسط دکتر اوغور شاهین، متمرکز بر درمان سرطان	شرکت زیست‌دارویی متمرکز بر توسعه دارو برای بیماری چشم، سرطان، آلرژی و ...	شرکت زیست دارویی متمرکز بر توسعه دارو برای بیماری فیبروز سیستیک، سرطان، خودایمنی، عصب‌شناسی و ...	شرکت ایرلندی بر پایهٔ داروهای اعصاب، مدیریت درد، سرطان و ...	کشف ریزمولکول های دارویی، به ویژه برای درمان میوفیبروزیز	تمرکز بر واکسن و بیماری‌های واگیر

1- Scopus.com

۴. آیندهٔ زیست‌فناوری

پژوهش‌های بین‌المللی در حوزه زیست‌فناوری بسیار گسترده و روبه‌رشد است. در ادامه به بررسی تعدادی از پژوهشگران برتر این حوزه و حوزهٔ فعالیت آنها می‌پردازیم (جدول ۳) و سپس انستیتوهای معتبر این حوزه را مورد بررسی قرار می‌دهیم (جدول ۴).

جدول ۳. تعدادی از اساتید برتر بین‌المللی و موضوعات مورد بررسی آنها شامل اولین‌های هر حوزه

نام	حوزهٔ فعالیت	وابستگی
Guido Kroemer	مرگ برنامه‌ریزی‌شدهٔ سلول	Sorbonne university
Jennifer Doudna	کریسپر[1]	University of California, Berkeley
Emmanuelle Charpentier	کریسپر	Max Planck Institute for Infection Biology
George Church	ژنومیکس، زیست‌شناسی سامانه‌ای	Harvard Medical School
Feng Zhang	کریسپر، اوپتوژنتیک[2]	Massachusetts Institute of Technology (MIT)
David Baker	طراحی و شبیه‌سازی پروتئین	Institute for Protein Design
Eric Lander	ژنومیکس، زیست‌شناسی سامانه‌ای و پزشکی دقیق	MIT
Craig Venter	ژنومیکس مصنوعی	J. Craig Venter Institute
Robert Langer	زیست مواد، مهندسی بافت، نانوفناوری	MIT

جدول ۴. تعدادی از انستیتوهای برتر بین‌المللی و موضوعات مورد بررسی آن‌ها

انستیتو	موضوعات
Strata Oncology	سرطان‌شناسی دقیق این شرکت با کمک شبکه همکاران بالینی، اطلاعات کاملی از ژنومیکس سرطان جمع می‌کند تا به درمان‌های هدفمند و ایمنی‌شناختی انواع سرطان نزدیک شویم.
TMRW Life Sciences	این مجموعه در حوزهٔ باروری فعالیت می‌کند به ویژه IVF.
DNA Script	موسسه‌ای در حوزهٔ زیست‌شناسی سنتزی با هدف پرینت DNA
آکادمی علوم چین یا CAS	این آکادمی بزرگ‌ترین مؤسسه علمی چین است و در انواع حوزه‌ها فعالیت می‌کند به ویژه ابزارهای ویرایش ژن.
مؤسسه گستردهٔ MIT و Harvard یا اصطلاحاً Braod Institute	یک مرکز پژوهش بایومدیکال و ژنومیک بین دانشگاهی به منظور تحول در پزشکی از طریق همکاری‌های میان‌رشته‌ای است. این مرکز به منظور درک بهتر بیماری و پیاده‌کردن دانش بر روی بیماران به وجود آمده. پیشرو در توالی ژنوم دارویابی و...
جامعهٔ ماکس پلانک	این مجموعه از ۸۶ مؤسسه در آلمان به هدف تحقیقات پایه. از علوم زیستی تا علوم انسانی تشکیل شده است و مؤسسات زیست‌مولکولی سلولی و ژنتیک، مؤسسه شیمی زیست‌فیزیک و مؤسسهٔ علوم تولیدمثل آن در سطح بالایی از فناوری قرار دارد.

1- CRISPR
2- Optogenetics

ادامه جدول ۴

انستیتو	موضوعات
انستیتو کریگ ونتر و ژنومیکس ساختگی	این دو مؤسسه توسط آقای کریگ ونتر اداره می‌شود. ایشان از پیشگامان توالی‌یابی انسان و ساختن گونه‌های مصنوعی از حیات‌اند. این مؤسسات بر روی استفاده از این فناوری‌ها برای پاسخ به نیازهای سلامت، انرژی و محیط زیست متمرکز هستند.
مؤسسه طراحی پروتئین	این مؤسسه واشنگتن پایه برای مهندسی پروتئین ایجاد شده است و هدف آن ایجاد پروتئین‌های جدید با کاربردهای جدید است
مؤسسه مهندسی زیست‌تقلیدگر ویس	یکی از مراکز پژوهشی هاروارد است که با الهام از زیست‌شناسی، برای حوزه‌های متنوعی مانند روباتیک، نانوفناوری، مهندسی بافت و تشخیص راه‌حل‌هایی ایجاد می‌کند.
UNCAN	ابتکار اروپایی به منظور شناخت بهتر سرطان. قرار است این ابتکار تجمیع‌کننده دیتاهای پراکنده باشد.

۵. زیست‌فناوری در ایران

راه‌اندازی "کمیته ملی زیست‌فناوری" به عنوان نهاد ملی مدیریت توسعه زیست‌فناوری در سال ۱۳۷۹ به صورت کمیته‌ای فرابخشی با عضویت دستگاه‌ها و نهادهای ذی‌ربط، در واقع نقطه آغازین ساماندهی نظام ملی مدیریت زیست‌فناوری در کشور است. اولین سند ملی زیست‌فناوری به منظور توسعه جهشی و هدفمند این فناوری در کشور، توسط این کمیته آماده شد و در تاریخ ۱۳۸۳/۲/۱۶ به تصویب هیئت دولت رسید. بر اساس این سند که نخستین برنامه ملی توسعه زیست‌فناوری است، در تاریخ ۱۳۸۴/۲/۱۹ با ایجاد شورای عالی زیست‌فناوری برای سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و نظارت ملی در حوزه‌های آموزش، پژوهش و تولید در زیست‌فناوری موافقت شد. بعدها ستاد توسعه زیست‌فناوری به عنوان یکی از ستادهای فناوری‌های راهبردی زیر نظر معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری به عنوان مجموعهٔ جایگزین آن ایجاد گردید.

همچنین اولین بار در سال ۱۳۸۵ اولین شبیه‌سازی حیوان در خاورمیانه توسط پژوهشگاه رویان صورت گرفت. همچنین سه سال پیش از آن، برای اولین بار در همان پژوهشکده سلولESC انسانی از بلاستوسایت‌ها تهیه گردید که ایران را دهمین کشور در این فناوری قرار داد. ("درباره‌ی ما," ۱۴۰۲)

۶. پژوهش‌های زیست‌فناوری در ایران

برای بررسی موضوع پژوهش‌های انجام‌شده در ایران با استفاده از پایگاه استنادی اسکوپوس با روشی که پیش‌تر ذکر شد، هفت محقق با بیشترین مقالات در این حوزه مورد بررسی قرار گرفت و مطابق کلمات کلیدی آن مقالات و میزان تکرار آنها در مقالات مختلف جدول ۵ تهیه شد.

جدول ۵. بررسی موضوعات و بسامد تکرار آنها در مقالات پرکارترین محققان زیست‌فناوری ایران

تعداد مقالات	موضوع
۹۴	اسپری درای و امولسیون
۸۰	بسته‌بندی‌های خوراکی و نانوکریستال‌ها
۲۷	دینامیک دستگاه عصبی
۲۵	کیتوسان و سامانه‌های دارورسانی
۲۳	آنتی‌اکسیدان‌ها و روغن‌های اساسی
۱۶	نانوذرات نقره و سنتز سبز
۱۰	کورکومین و مشتقات آن
۹	شبکه‌های عصبی
۸	پروتئین کافیرین
۶	سوخت زیستی و جلبک
۵	آسپارژیناس
۴	زنده‌مانی سلولی
۴	کیک‌های خوراکی
۴	نانوذرات آهن و تصفیهٔ آب
۴	مهندسی بافت
۴	ایمونوانفوماتیکس
۴	معدنی‌سازی زیستی

۷. اقتصاد زیست‌فناوری ایران

- زیست‌فناوری بخش‌های گسترده‌ای دارد، اما بیشترین محصولی که در حوزه زیستی از ایران صادر شده، در حوزه دارو است. در سال ۱۴۰۱ دبیر ستاد توسعه فناوری با بیان اینکه ۷۰۰ شرکت دانش بنیان در حوزه زیست‌فناوری در ایران فعالیت می‌کند، خاطرنشان کرد که به صورت کلی ۶۰ میلیون دلار محصولات زیستی از ایران به ۱۷ کشور دنیا صادر شده است. (ستاد زیست‌فناوری, اردیبهشت ۹۸)
- پیشرفت در حوزه صنایع غذایی و به طور ویژه کشاورزی و دامپروری، از عوامل مؤثر بر امنیت غذایی و تأمین پایدار و ارزان غذاست. یکی از مصادیق این علم در حوزه دامپروری تهیه نژاد دام با بازدهی مناسب است. سالانه ۷۰ میلیون واحد اسپرم گاو به جهت تلقیح مصنوعی در بازار جهانی مبادله می‌شود. در سال ۱۳۶۲ طرح ملی احداث مجتمع پرورش و اصلاح نژاد مرغ لاین (آرین) تدوین و مورد تصویب قرار گرفت و مقرر شد که ۱۱۳۵ هکتار از اراضی جنگلی در شمال کشور (منطقه بابلکنار) برای اجرای این طرح تخصیص یابد. عملیات عمرانی این طرح بزرگ بیش از هفت سال به طول انجامید و فعالیت‌های این مجتمع از سال ۶۹ با ورود گله اجداد نژاد «هایبرو» از کشور هلند، به

صورت آزمایشی آغاز شد. هم‌زمان با آغاز به کار این مجتمع، تعدادی از کارشناسان ایرانی از سوی هلندی‌ها آموزش‌های لازم را دریافت کردند و پس از بازگشت در سال ۱۳۷۱ اولین گله لاین کشور از هلند وارد ایران شد (ستاد زیست‌فناوری، اردیبهشت ۹۸).

بخش مهم دیگر در صنایع غذایی، تأمین مواد و روش‌های نوین برای افزایش بازده کشاورزی است. دبیر ستاد ویژهٔ توسعهٔ زیست‌فناوری معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری در مصاحبه‌ای در سال ۱۳۹۸ وضعیت زیست‌فناوری کشاورزی را بدین صورت شرح داده است: در حوزهٔ کشاورزی زیستی نیز اکنون کود زیستی در کشور تولید و حتی صادر می‌شود. کودزیستی نوعی باکتری است که به خاک داده می‌شود یعنی به جای این که مواد شیمیایی به خاک اضافه کنیم، وظیفهٔ این باکتری است که مواد مغذی را از خاک جذب کند و به ریشهٔ گیاه بدهد. با تحقیقاتی که در ۴۰ نقطهٔ کشور انجام شده است، استفاده از کود زیستی بهره‌وری و سلامت محصول را در بخش کشاورزی افزایش داده و در مقابل، هزینه‌های کشاورزی را کاهش می‌دهد. همچنین در حوزهٔ مهارگرهای زیستی، یعنی ریزاندامگان‌هایی که به جای سم شیمیایی استفاده می‌شوند و در زمینهٔ کشت بافت به دانش ارزشمندی دست‌یافته‌ایم.

۸. تعدادی از شرکت‌های فعال در حوزه زیست‌فناوری

انستیتو پاستور: از قدیمی‌ترین مؤسسات تحقیقاتی و آموزشی در زمینه تولید واکسن بوده که در سال ۱۲۹۹ با امضای قراردادی بین انستیتو پاستور پاریس در فرانسه و کشور ایران، تاسیس شد و تا به امروز دستاوردهای فراوانی در حوزه زیست‌فناوری پزشکی داشته‌است. (Nezhad Fard, 2013)

مؤسسه رازی: این مؤسسه به عنوان یک بازیگر کلیدی در تولید محصولات زیست‌فناورانه ۲۱ واکسن انسانی و دامی را در ابعاد تجاری تولید و به فروش می‌رساند. این محصولات به ۱۷ کشور صادر می‌شود. این مؤسسه در مجموع ۵۷ نوع محصول (واکسن، پادژن و سرم) تولید می‌کند و یکی از بزرگترین تولیدکنندگان واکسن در خاورمیانه است.

همچنین شرکت‌های خصوصی در زمینه تولید داروهای زیست‌فناوری و کیت‌های تشخیصی مختلف در حال حاضر مشغول به فعالیت هستند. این شرکت‌ها هم در راستای تأمین نیاز کشور موفق بوده‌اند و هم در زمینه صادرات محصولات خود به موفقیت دست یافته‌اند.

از دیگر تولیدات زیست‌فناوری در ایران می‌توان به انواع کشت‌بافت گیاهی، تولید کودها و سموم زیستی، فراورده‌های میکربی و کیت‌های تشخیصی و... نیز اشاره کرد.

۹. مهندسی شیمی و زیست‌فناوری

در سال ۱۳۶۸ برای نخستین بار در کشور پیشنهاد و تأسیس رشته مهندسی شیمی- زیست‌فناوری به

عنوان اولین رشته دانشگاهی زیست‌فناوری کشور مطرح شد. پس از بررسی و تصویب این رشته، برای اولین بار در سال ۱۳۷۰ در مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس در این رشته دانشجو پذیرفت و هم‌اکنون این گروه در هر دو مقطع کارشناسی ارشد و دکتری دانشجو می‌پذیرد. گروه زیست‌فناوری مهندسی شیمی، به عنوان یکی از گروه‌های شاخص و پیشتاز در کشور در زمینه زیست‌فناوری صنعتی است ("Chemical engineering, biotechnology," 2024). زمینه‌های پژوهشی ارائه‌شده برای دانشجویان این گروه، شامل موارد زیر است:

- مهندسی زیست‌فرایند
- زیست‌فناوری محیط زیست
- زیست‌فناوری صنعتی
- پروتئین‌های نوترکیب
- فروشویی زیستی
- مهندسی متابولیک
- سامانه‌های نوین دارورسانی
- مهندسی بافت

تفصیل برخی فعالیت‌های اساتید مهندسی شیمی گرایش زیست‌فناوری و زیست‌پزشکی در دانشگاه‌های مطرح ایران، در جدول ۶ نشان داده شده است:

جدول ۶. تعدادی از موضوعات زیستی محل تمرکز دانشکده‌های مهندسی شیمی ایران ("Chemical engineering, biotechnology," 2024)

کشت سلولی و تخمیر به منظور تولید فراورده‌های زیستی شامل داروهای نوترکیب پروتئینی	زیست‌راکتور و کینتیک زیستی	تخمیر پلی‌ساکاریدها و اتانول سوختی و بازیابی	خالص‌سازی و کنترل کمی و کیفی فراورده‌های زیستی	زیست‌فناوری محیط زیست
ترمودینامیک سامانه‌های زیستی	استفاده از رویکرد سامانه‌ای در مهندسی متابولیک میکرب‌ها	زیست‌پالایی خاک‌های آلوده زیست‌فناوری غذایی فروشویی زیستی	مدیریت پسماندهای جامد خطرناک همچون کاتالیست‌های فرسوده	فروشویی زیستی باطله‌های معدنی و سنگ‌های معدنی کم‌عیار
بازسازی شبکه‌های متابولیکی	پدیده‌های انتقال در زیست‌راکتورهای چندفازی	ادغام و تحلیل داده‌های امیکس کاربردهای پزشکی مدل‌سازی متابولیکی	مدل‌سازی چندمقیاسه	مدل‌سازی جوامع میکربی
تصفیهٔ زیستی فاضلاب‌ها و هوای آلوده صنعتی	نانوذرات هوشمند در دارورسانی هدفمند به سلول‌های سرطانی	مدل‌سازی ریاضی و شبکه عصبی مصنوعی فرایندهای زیستی	نانوزیست‌فناوری و تولید نانوذرات جدید و زیست‌سازگار و به کارگیری آن‌ها در دارورسانی و ریزپوشانی پاداکساینده‌های ناپایدار	مهندسی بافت با استفاده از سلول‌های بنیادی

۱۰. نتیجه‌گیری

پیشرفت در زمینه زیست‌فناوری نیازمند سرمایه‌گذاری و به دست آوردن ابتکار عمل در بخش‌های مختلف این فناوری است. به عنوان مثال در زمینهٔ پزشکی که شاید یکی مهم‌ترین کاربرد این فناوری باشد، بخش‌های مختلف زنجیره از تشخیص و پیشگیری تا درمان و بازیابی مستعد ورود بیشتر و فعالیت علمی و اقتصادی فراوانی است.

آنچه واضح است، این است که حوزهٔ زیست‌فناوری نیاز به ارتباطات محکمی بین دانشگاه‌های علوم پزشکی و دانشگاه‌های صنعتی و همچنین دانشکده‌های علوم پایه دارد تا پشتیبان این علم اساساً میان‌رشته‌ای باشد. وضعیت میان‌رشته‌ای این علم، به جای این که موجب تقویت این ارتباطات شود، گاهی موجب سردرگمی دانشجویان و محققان شده و آنان را وادار به خارج شدن از تخصص خود کرده است. امتزاج تخصص‌های مرتبط با این حوزه‌ها، به جای فعالیت‌های پراکندهٔ غیرتخصصی پژوهشگران در خارج از حوزهٔ خود، باید به وسیلهٔ ایجاد هویت و تخصصی جدید تحقق یابد. پیشبرد این علم و فناوری‌های منتج از آن در ایران نیازمند نیروی انسانی، برنامه هماهنگی و پشتیبانی مالی است که گرچه در مورد دوم و سوم کم‌وبیش همه جا با مشکل روبرو هستیم، این وضعیت در دانشگاه‌های زیرمجموعهٔ وزارت علوم شدیدتر است.

References:

- http://www.biodc.isti.ir/ about us. (1402). Biotechnology development and precision medicine headquarters.
- http://www.biodc.isti.ir/ (May 1398). Biotechnology Monthly
- Buchholz, K., & Collins, J. (2013). The roots-A short history of industrial microbiology and biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(9), 3747-3762. https://doi.org/10.1007/s00253-013-4768-2
- Chemical engineering, biotechnology. (2024). *Chemical Eng. Department*. https://www.modares.ac.ir/cheme/departments/biotechnology
- Nezhad Fard, R. M. (2013). The History of modern biotechnology in Iran: A medical review. *Journal of Biotechnology & Biomaterials*, 03(02). https://doi.org/10.4172/2155-952X.1000159

دکتر منوچهر وثوقی شهواری: دکتری مهندسی شیمی (بیوتکنولوژی) از دانشگاه (تولوز) فرانسه اخذ کردند و استاد دانشگاه شریف و عضو وابسته فرهنگستان می‌باشد.

- **فاطمه فولادی تالاری:** دانشجوی دکتری تخصصی بیوتکنولوژی دانشگاه تهران می‌باشند.

- **محمدجواد ثقفی:** دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی شیمی از دانشگاه شریف می باشند.