

نشریه علمی ترویجی

# کلیدم



بیوتکنولوژی؛ علم نوین و میان رشته‌ای

شماره ۲۷۵، شهریور ۱۴۰۳



## گذری بر نشریه میم

شماره ۱۲۷ ام نشریه علمی ترویجی میم، آخرین شماره از تیم ۱۴۰۳-۱۴۰۲ است. به کمک شما دوستان و یاری خداوند، توانستیم مجوز حرفه‌ای نشریه میم را اخذ کنیم و گامی در جهت پیشرفت این نشریه برداریم.

شماره ۲۷ با محوریت بیوتکنولوژی، گذری بر این علم داشته است. بیوتکنولوژی یا زیست فناوری، به عنوان یکی از علوم نوین شناخته می‌شود و در دهه‌های آینده، اثر این علم را در تمام ابعاد زندگی خواهیم داد؛ شاید به گونه‌ای هوش مصنوعی رشته مهندسی شیمی باشد!

اما بعد!

بعد از تقریباً ۴ سال از نشریه میم خدا حافظی می‌کنم و امیدوارم که در ادامه، تیم پرانرژی و با تجربه نشریه، بتوانند قدم‌های بزرگی را برای موفقیت نشریه بردارند.

به امید شنیدن و دیدن موفقیت‌های نشریه میم

رضا عباسی

تابستان ۱۴۰۳

**شماره ۱۲۷  
نشریه علمی ترویجی میر  
شهریور ۱۴۰۳**

انجمن علمی مهندسی شیمی و  
پلیمر دانشگاه تهران



مدیر مسئول: رضا عباسی



سردبیر: شایان پروانه



دبیر ویراستاری: صبا شاکر



دبیر تحریریه: هانا عسگری



دبیرهنجاری: فاطمه زهرا الطاف

قیم تحریریه:

علی غزی

مبینا قبری

جعفر رضایی

یگانه صادقپور

محمد حیدری

سپهر قره چاهی

فائزه اسکندری

علی طاهری استاد

امیرحسین مشتاقی

فرحان فارسیجانی

صنم سادات نیکخواه

حسام الدین اعتمادی

فرشته شیخ الاسلام زاده

## اخبار

- |    |   |
|----|---|
| ۴  | باکتری‌ها، دوستدار محیط زیست  |
| ۷  | بیوتکنولوژی در صنعت مد  |
| ۹  | بیوهیدروژن؛ نقطه تحولی برای صنایع سبز   |
| ۱۳ | هوش مصنوعی، اسرار آنژیم‌ها را با استفاده از توالی‌های تکامل یافته در طبیعت روشن می‌کند. |
| ۱۵ | تکنیک ابتکاری بیوشیمی صخره‌های مرجانی را ترسیم می‌کند.                                  |

## معرفی

- |    |  |
|----|--|
| ۱۸ | بیوتکنولوژی در گذر زمان  |
| ۲۲ | امعرفی زمینه‌های نوین فعالیت مهندسین شیمی در زمینه بیوتکنولوژی |
| ۲۵ | شرکت‌های داخلی و خارجی فعال در زمینه بیوتکنولوژی               |
| ۳۰ | نرم‌افزارهای کارآمد در زمینه مهندسی بیوشیمی                    |

## مساحبه

- |    |   |
|----|---|
| ۳۶ | مرکز تحقیقاتی هوش مصنوعی مبتنی بر سازه‌های پلیمری |
| ۳۹ | رئیس اداری و منابع انسانی شرکت طب پلاستیک نوین    |

## مقالات

- |    |  |
|----|--|
| ۴۴ | بررسی I Lacto-N-BioseI به عنوان یک ماده پری بیوتیک |
| ۵۲ | هیدروژل و مهندسی بافت                              |
| ۶۰ | رویکردهای بیوانفورماتیک و بیوهیدروژن               |



# بخش اخبار





### باکتری‌ها، دوستدار محیط‌زیست

#### چرم مصنوعی ساخته شده توسط باکتری‌ها

وقتی باکتری‌ها را با ضایعات میوه‌های صنعتی تغذیه می‌کنید چه چیزی به دست می‌آورید؟ "یک ژاکت چرم زرد" شاید اولین پاسخ شما نباشد، اما دقیقاً همان چیزی است که از همکاری بین برنده مد دانمارکی گانی<sup>۱</sup> و شرکت مواد زیستی مکزیکی پلی‌بیون<sup>۲</sup> به وجود آمده است. این اولین ژاکت است که توسط یک برنده جهانی از نانو سلولز باکتریایی ساخته شده است، بنابراین این یک نقطه عطف بسیار مهم برای صنعت مواد زیستی است. مدیر این شرکت می‌گوید که اولین باکتری‌های خود را از نوشیدنی کامبوچا جدا کرده‌ایم. کامبوچا<sup>۳</sup> یک نوشیدنی چای تخمیر شده است و زیست‌توده باکتریایی سلیوم که برای ساخت ژاکت استفاده می‌شود، از آن استخراج می‌شود.

اثرات مخرب انسان بر کره زمین را نمی‌توان نادیده گرفت. گازهای گلخانه‌ای با سرعت ترسناکی همچنان در حال افزایش هستند و میکروپلاست‌ها همه‌جا حضور دارند؛ از برف‌های قطب جنوب تا ریزترین قسمت بدن جانداران. این آلودگی گسترده نشان‌دهنده ضرورت فوری حل این مسئله و تأثیرات آن بر اکوسیستم و سلامت انسان است.

در حال حاضر راه‌حل‌هایی برای این مسائل وجود دارد، اما اغلب مشکلات خاص خود را دارند. برای مقابله با این چالش‌ها، تعداد بسیاری از مهندسان به باکتری‌ها روی آوردند. مانند میکروارگانیسم‌هایی که نقش حیاتی در تنظیم سلامت ما دارند. باکتری‌های مهندسی شده می‌توانند با تمیزکردن فرایندهای تولید، افزایش نرخ بازیافت و مقابله با آلودگی به بهبود محیط‌زیست کمک کنند. در ادامه کاربردهایی از استفاده باکتری‌ها در بهبود شرایط موجود را بررسی خواهیم کرد.

<sup>۱</sup>Ganni

<sup>۲</sup>Polybion

<sup>۳</sup>Kombucha

پلی بیون در حال برنامه‌ریزی پروژه‌های مشابه با سایر مارک‌های مد است. زیرا آن‌ها همواره به دنبال راهی برای تولید الیاف سلولز از جریان‌های زیاله و پایدارتر کردن لباس‌های خود هستند. در حال حاضر صنعت نساجی به دنبال زیاله‌های کشاورزی و مواد غذایی به عنوان یک ماده خام مناسب برای تولید مواد جدید و کمک به بحران آب و هوایی است. اما این کشف جدید، هنوز نمی‌تواند چالش پایداری در صنعت مد را حل کند.

### دها باکتری عجیب و غریب، عناصر نادر زمین را از فاضلاب جمع‌آوری می‌کنند.

عناصر نادر زمین<sup>۴</sup> (REEs) گروهی از ۱۷ فلز مشابه شیمیایی هستند که به دلیل غلظت‌های پایین در پوسته زمین شناخته می‌شوند. از آنجاکه وجود آن‌ها در تکنولوژی مدرن، مانند دیودهای نوری، تلفن همراه، الکتروموتورها، توربین‌های بادی، آهنرباها و لامپ‌های کم انرژی ضروری هستند؛ تقاضا برای آن‌ها در چند دهه گذشته به طور پیوسته افزایش یافته است. بنابراین بازیافت آن‌ها یکی از چالش‌های حال حاضر در دنیا است. در مهندسی زیستی و بیوتکنولوژی، دانشمندان آلمانی نشان داده‌اند که زیست‌توده برخی از سیانوباکتری‌ها می‌توانند در فرایندهای سازگار با محیط‌زیست، برای بازیابی همزمان REEs‌ها و تصفیه فاضلاب صنعتی استفاده شوند.

همچنین برای تغذیه باکتری‌ها، پلی بیون از زیاله‌های حاصل از کارخانه‌های تولید میوه کنسرو شده، خصوصاً از آن‌هه استفاده می‌کند و آن را به یک محیط رشد تبدیل می‌کند. سپس باکتری‌ها، نانو سلولز را به عنوان یک محصول جانبی متابولیکی تولید می‌کنند. تولید سلیوم در مقایسه با سبزترین روش‌های تولید چرم، حدود ۷۵ درصد کمتر گاز گلخانه‌ای منتشر می‌کند و این فرایند کربن منفی می‌شود. زیرا همواره رهاسازی زیاله میوه‌ها در طبیعت مقدار انبوهای گاز متان تولید می‌کرد.

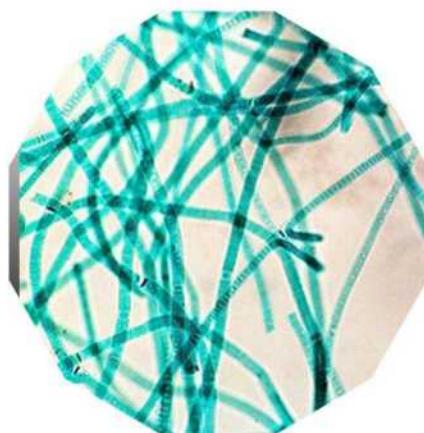
برای تولید این محصول، از همان شیوه سنتی تولید چرم حیوانات استفاده می‌شود، با این تفاوت که هیچ مواد شیمیایی سمی در آن وجود ندارد. پلی بیون در حال بررسی امکان استفاده از کلسیم برای ساخت انواع مقوا، نخ، چوب ساختمانی و حتی پانسمان زخم است. این ماده برای طیف وسیعی از کاربردهای مختلف می‌تواند استفاده شود؛ اما در حال حاضر، این شرکت بر روی یک جایگزین چرم مرکز است، زیرا این محصول کوتاه‌ترین زمان را برای بازاریابی نیاز دارد.



شکل ۱. زیست‌توده باکتری‌ای با همان فرایند چرم سنتی تولید شده و انتشار کربن را به شدت کاهش می‌دهد.

<sup>۴</sup>Rare earth elements

زیستتوده حاصل از سیانوباکتری‌ها، به دلیل غلظت بالای گروههای قندی با بار منفی که گروههای کربونیل و کربوکسیل را حمل می‌کنند، جذب بالایی دارند. این مولکولهای با بار منفی، یون‌های فلزی با بار مثبت، مانند عناصر خاکی نادر (REEs) را جذب می‌کنند و به تثیت آن‌ها بر روی زیستتوده جمع‌آوری شده، کمک می‌کنند. این فرایند حتی در غلظت‌های پایین فلزات هم امکان‌پذیر است. این به معنای یک روش قابل اعتماد برای بازیافت و استفاده از فلزات خاکی نادر، از آب بازیافتی صنعتی است. این یک روش بهینه شده اقتصادی و زیستمحیط برای معادن، الکترونیک و کاتالیزورهای شیمیایی است.



شکل ۲. تصویری از سیانوباکتری‌ها



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

به عنوان مثال باکتری‌هایی که از معادن، متالورژی یا بازیافت زیالههای الکترونیکی به دست آمده‌اند، می‌توانند REEs‌های جذب شده را برای استفاده مجدد جمع‌آوری کنند. جذب زیستی یک فرایند متابولیک غیرفعال برای اتصال سریع و برگشت‌پذیر یون‌ها از محلول‌های آبی به زیستتوده است. دانشمندان آلمانی پتانسیل جذب زیستی REEs لانتانیم، سریم، نئودیمیوم و ترییوم را با ۱۲ سویه سیانوباکتری در کشت آزمایشگاهی اندازه‌گیری کردند که بسیاری از آن‌ها از زیستگاه‌های بسیار تخصصی مانند خاک‌های خشک در بیابان‌های نامیبیا، سطح گل‌سنگ‌ها در سراسر جهان، شکاف‌های سنگ در آفریقای جنوبی یا رودخانه‌های آلووده در سوئیس نمونه‌گیری شده‌اند. همچنین دریافتند که یک‌گونه جدید غیرمعمول از نوستوک<sup>۵</sup> بالاترین ظرفیت برای جذب زیستی یون‌های این چهار REEs از محلول‌های آبی را دارد، این باکتری بی‌هوایی می‌تواند حدود ۲۸۴ تا ۵۹۱ میلی‌گرم در هر گرم زیستتوده را جذب کند. طبق نتایج تحقیقات و استفاده از طیفسنجی مادون‌قرمز برای ارزیابی عملکرد سیانوباکتری‌ها، مشخص شد که جذب زیستی بهشت به اسیدیته ماده بستگی دارد، و این میزان در pH بین پنج تا شش بالاتر است.

مایکل پیر<sup>۶</sup>، نویسنده اول این تحقیق و دانشمند در دانشگاه فنی مونیخ، می‌گوید: دریافته‌ایم که

<sup>۵</sup>Nostoc

<sup>۶</sup>Michael Paper



## بیوتکنولوژی در صنعت مد

MycoWorks برای تولید مواد خود، از خاک اره، سبوس گندم، و آب استفاده می‌کند. میسیلیوم به مخلوط اضافه می‌شود و در سینی‌ها با شرایط دقیقی رشد می‌کند و به مدت چند هفته به ساختار سه‌بعدی متشابکی تبدیل می‌شود. MycoWorks می‌تواند قدرت و یکپارچگی این چرم مصنوعی پرورشی را با اضافه کردن مواد طبیعی دیگر نظیر پنبه یا ابریشم مهندسی کند.

شرکت فناوری زیست‌فناوری<sup>۱</sup> MycoWorks با فناوری اختصاصی خود، تکنولوژی Fine Mycelium<sup>۲</sup>، صنعت مد را به شیوه‌ای سازگار با محیط‌زیست تغییر می‌دهد.

میسیلیوم، ساختاری شبیه ریشه قارچ است که به‌طور طبیعی به یک فوم جامد تبدیل می‌شود که می‌توان آن را با فشرده‌سازی شبیه چرم کرد، هرچند که میسیلیوم عملکرد، دوام و کشسانی چرم‌های حیوانی و مصنوعی را ندارد. مواد تولید شده توسط Myco-Works، بدون پلاستیک است و این شرکت ادعا می‌کند که محصول آن‌ها باکیفیت و با چرم‌های حیوانی می‌تواند رقابت کند، در حالی که انتشار گازهای گلخانه‌ای کمتری دارد و امکان سفارش‌سازی ویژگی‌هایی نظیر قدرت و بافت را فراهم می‌کند.

<sup>۱</sup><https://www.mycoworks.com>

<sup>۲</sup><https://www.mycoworks.com/fine-mycelium-an-advanced-materials-platform>



اعلام همکاری با شرکت‌های MycoWorks فشن و مد طراح‌های این حوضه کرده که می‌توان به شرکت سازنده کلاه اختصاصی Nick Fouquet<sup>۵</sup>، که در سال ۲۰۲۲ اولین طراحی‌های مد جهان را با استفاده از راه‌اندازی Reishi<sup>۶</sup> کرد.

حاصل این فرآیند به یک برگه میسیلیوم<sup>۳</sup> با کیفیت تبدیل می‌شود که می‌توان آن را از سطح تخته کمپوست‌شده<sup>۴</sup> جدا کرد و سپس با گذراندن فرایندهای مانند روغن‌زدن، بسته بندی کرده و ارسال کرد. دارایی‌های همکاری MycoWorks عملیات دستکاری و پایان‌دهی اختصاصی شرکت را انجام می‌دهند تا Reishi، محصول چرم جایگزین نامی شرکت را ایجاد کنند. این محصول در چهار مدل Reishi، Mycelial (Reishi Pebble و Reishi， Reishi Doux

<sup>۳</sup> Mycelium

<sup>۴</sup> پسماندهای آبی تجزیه شده و نسبتاً پابدار حاصل فرایند پوسش است.

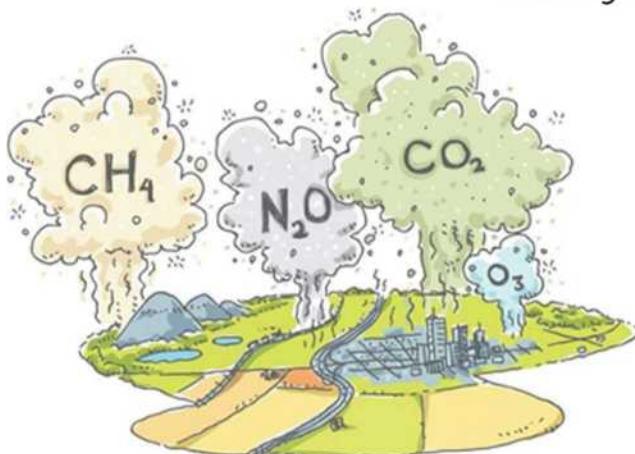
<sup>۵</sup> <https://www.nickfouquet.com>

<sup>۶</sup> <https://www.nickfouquet.com/collections/nick-fouquet-x-mycoworks>



## بیوهیدروژن؛ نقطه تحولی برای صنایع سبز

لازم به ذکر است قابلیت تولید بیوهیدروژن از بیوگاز نیز وجود دارد. مزیت منحصر به فرد استفاده از فناوری‌های بیوهیدروژن به عنوان منبع پایدار انرژی در ایجاد مسیری هموار برای دنبال کردن هدف کاهش گاز دی‌اکسید کربن از جو و جلوگیری از افزایش گرمایش جهانی می‌باشد. این فرایند به گونه‌ای است که کربن اکسید بیشتر از مقداری که به جو اضافه می‌شود، از آن خارج می‌گردد. به عبارت دیگر، در این حالت فرایند صورت گرفته باعث حذف دی‌اکسید کربن از جو و کمک به کاهش اثرات گلخانه‌ای می‌شود و به این واسطه راهی به سوی آینده با انرژی پایدار به روی صنعت باز خواهد شد.



شکل ۱. افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای موجب گرمایش جهانی شده است.

انرژی سبز و اقتصادی، عنصر کلیدی معادله‌ی تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای<sup>۱</sup> در فناوری جدیدی به نام بیوهیدروژن<sup>۲</sup>

انرژی همان چیزی است که انسان امروزی برای ادامه‌ی حیات به آن نیاز دارد، از طرفی دیگر، بر طرف کردن این نیاز موجب افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای گشته است. انرژی پایدار پاسخگوی این مشکل است و می‌تواند همچون پلی نیازهای انسان و طبیعت را به یکدیگر وصل کند. در این مسیر گازهای بیولوژیک، از جمله بیوهیدروژن، همراه با بیوگاز و بیومتان، به منظور تأمین نیاز انرژی بخش‌های مختلف و کاهش اثرات زیان‌بار انتشار گازهای گلخانه‌ای اهمیت زیادی دارند.

بیوهیدروژن نوعی از هیدروژن سبز است که از مواد اولیه بیولوژیکی تولید می‌شود. مواد بیولوژیکی از منابع زنده‌ای مانند: گیاهان، جلبک‌ها، باکتری‌ها و غیره استخراج می‌شوند. از جمله کاربردهای این مواد اولیه تولید بیوگاز، بیوهیدروژن و سایر منابع تجدیدپذیر انرژی است.

<sup>۱</sup>Net-zero equation

<sup>۲</sup>Biohydrogen

شوند و از آن به عنوان سوخت استفاده شود. از دیگر دلایل اهمیت آنها در کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی می‌باشد، که با توسعه فناوری‌هایی که بیوگاز را به بیوهیدروژن تبدیل می‌کنند، افراد و کسب و کارها می‌توانند از وابستگی به سوخت‌های فسیلی کاسته و از منابع انرژی پاک و قابل تجدید استفاده نمایند. این امر می‌تواند به کاهش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند. از دیگر کاربردهای خاص این فناوری‌ها در تولید انرژی در مزارع، کارخانه‌های کوچک، خودروهای سوخت سلولی و سیستم‌های تامین انرژی در مناطقی که به شبکه‌های انرژی متصل نیستند، می‌باشد. به طور کلی، این تکنولوژی‌ها در مواردی که اتصال به شبکه گاز هزینه‌بر است حائز اهمیت می‌شود.



شکل ۲. سوخت‌های زیستی تجدیدپذیر، مانند بیوهیدروژن از جمله منابع با اهمیت در زنجیره انرژی می‌باشند.

## بیوهیدروژن: نقطه تحولی برای صنایع سبز

صنعت آهن و فولاد از جمله بخش‌هایی شمرده می‌شوند که در فرایندهای تولیدی خود، از جمله مراحل استخراج مواد اولیه، ذوب و تصفیه، میزان قابل توجهی از گازهای گلخانه‌ای به خصوص

صنعت بیوهیدروژن در نقطه‌ی مهمی در ایجاد تحول در تولید بیومتان قرار دارد. بیومتان گازی تجدیدپذیر در طی فرایندی به نام ارتقا<sup>۳</sup> از بیوگاز تولید می‌شود. بیوگاز مخلوطی از متان، دی‌اکسید کربن و مقادیر اندکی از دیگر گازهای است که به وسیله تجزیه میکروبی<sup>۴</sup> ماده آلی در محیطی بدون اکسیژن تولید می‌شود. این گاز متان پس از فرآیند تصفیه و تقویت، به عنوان بیومتان به بازار عرضه می‌شود. پیش‌بینی می‌شود ترکیبی میان گازهای تجدیدپذیر از جمله بیوگاز، بیومتان و هیدروژن نقش‌های کلیدی در تامین انرژی آینده را خواهد داشت. علاوه بر تامین انرژی، تولید بیوهیدروژن از بیوگاز موجب افزایش تنوع منابع انرژی می‌گردد و در نتیجه، بهبودی در بهره‌وری و پایداری سیستم را به همراه خواهد داشت. در این میان تکنولوژی‌هایی که بیوگاز را به طور مستقیم به بیوهیدروژن تبدیل می‌کنند مانند فناوری تیتان بسیار با اهمیت می‌باشند. برای مثال در بخش‌هایی از جهان که اتصال به شبکه گاز در حال حاضر صورت نگرفته یا هزینه آن بسیار بالاست، چنین فناوری‌هایی می‌توانند به عنوان یک منبع انرژی مستقل و پایدار عمل کنند. این فناوری‌ها اجازه می‌دهند تا منابع آلی موجود در مناطق روستایی، مزارع، یا مکان‌های دورافتاده تبدیل به بیوهیدروژن

<sup>۳</sup>Upgrading

<sup>۴</sup>Anaerobic digestion



شکل ۳. ردپای گاز دیاکسید کربن<sup>۶</sup> میزان کل گاز گلخانه‌ای منتشر شده توسط یک فعالیت، محصول، شخص، شرکت یا کشور است.

مولکول‌های حامل هیدروژن مانند بیومتان، بیومتانول و بیوامونیا از جمله منابعی هستند که می‌توانند به عنوان برداشت‌های پایدار<sup>۷</sup> و قابل تجدید برای تولید بیوهیدروژن استفاده شوند. این مولکول‌ها علاوه بر کاربردهای گستره‌ای صنعتی به صورت منابع اولیه زیستی برای تولید بیوهیدروژن به کار می‌روند. از دیگر کاربردهای پراهمیت آن‌ها در حامل هیدروژن بودن است. همان‌گونه که می‌دانیم از جمله موانع استفاده گستره‌ای از سوخت‌های بر پایه هیدروژن خطرات، مشکلات و هزینه نامعقول در حمل و نقل و تراکم این انرژی پاک بوده و آنچه به کمک ما می‌آید مولکول‌های حامل هیدروژن می‌باشند. همان‌گونه که ادغام بیومتان و هیدروژن در شبکه انرژی اروپا باعث افزایش زمینه‌های ذخیره‌سازی و استفاده از انرژی سبز شده است و یا برای مثالی دیگر، بیوامونیا که به عنوان یک حامل

دیاکسید کربن تولید و منتشر می‌کنند. همچنین محیا نمودن برق مورد نیاز این صنایع اغلب از منابع فسیلی مانند زغال سنگ و گاز طبیعی صورت می‌گیرد که در این مرحله نیز شاهد انتشار گاز کربن دیاکسید خواهیم بود. با توجه به اینکه گاز مذکور به عنوان یکی از عوامل اصلی تغییرات آب و هوایی و گرمایش جهانی شناخته شده است، کاهش انتشار این گاز در صنعت اهمیت بسیاری دارد.

در صنعت آهن و فولاد به شدت نیازمند کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی هستیم؛ از طرفی دیگر استفاده از برق تجدیدپذیر به تنها‌ی برای کاهش کربن به میزان مورد نیاز کافی نیست، بنابراین بار دیگر استفاده از بیوهیدروژن می‌تواند به طور موثر باعث میزان کاهش کربن گردد.

همچنین در صنایع شیمیایی استفاده از بیوهیدروژن، تولید آمونیا مبتنی بر روش SMR<sup>۸</sup> را بهبود می‌بخشد. این استفاده هوشمندانه در این فرایند می‌تواند به طور قابل توجهی انتشار کربن را کاهش دهد. از دیگر بخش‌های صنعتی که در آن کاربردهای بسی نظیر بیوهیدروژن به چشم می‌آید، فرایند سنتز اتیلن بر پایه تولید حرارت سبز می‌باشد که همان‌گونه که از نام آن مشخص است به دلیل کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی شاهد کاهش ردپای کربن در صنعت هستیم.

<sup>۶</sup>Carbon Footprint

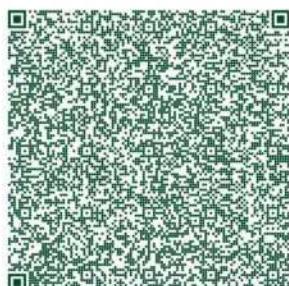
<sup>۷</sup>Sustainable Harvest

هزینه تولید بیوهیدروژن در حال حاضر از ۱/۱۵ یورو تا ۹/۶۵ یورو برای هر کیلوگرم هیدروژن متغیر است، در حالی که هزینه تولید هیدروژن سبز از الکترولیز بین ۲/۵۱ یورو تا ۱۱/۹۴ یورو برای هر کیلوگرم هیدروژن می‌باشد.

بنابر جدیدترین اخبار منتشر شده می‌توانیم امید به آینده‌ای روشن را برای فناوری‌هایی در راستای انرژی سبز داشته باشیم و با کمک بیوهیدروژن، به عنوان یک منبع انرژی سبز و پایدار و با استفاده از فنون علمی و مهندسی زیست شیمی به اهدافی مختلفی چون کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی، کاهش گازهای گلخانه‌ای، پشتیبانی از توسعه مناطق روستایی، افزایش انعطاف‌پذیری سیستم انرژی، توسعه فناوری‌های پاک و غیره نزدیک و نزدیکتر شویم.



شکل ۴. نمونه‌ای از سوخت بیوهیدروژن.



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

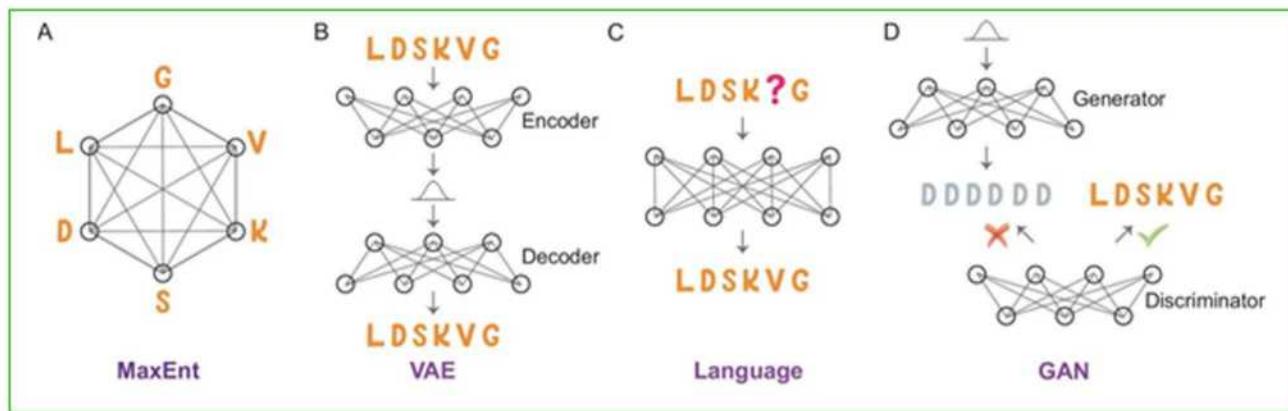
هیدروژن مستقیم و تولید شده به صورت زیستی، باعث تنواع در کاربردهای انرژی پاک گشته است. به همین ترتیب، بیومتانول به عنوان یک سوخت سبز کاربردهای بسیاری در حمل و نقل به عنوان جایگزین سوخت‌های فسیلی دارد.

در این میان اروپا گام‌های بزرگی را در جهت استفاده حداکثری از بیوهیدروژن به عنوان بخش مهمی از زنجیره انرژی خود برداشته است. برای مثال، اتحادیه بیوگاز اروپا با همکاری کارشناسان بیوگاز در راستای حمایت از تولید و استفاده از قابلیت‌های بی‌شمار بیوهیدروژن در حال گردآوری ارائه‌ها و مستندات مفصلی راجع به پایداری انرژی ناشی از آن و در دسترس بودن این انرژی می‌باشند. از دیگر اهداف آن‌ها به حداقل رساندن تغییرات اقلیمی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به جواب رساندن معادله تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. آنچه که در میان دیگر مشتقات هیدروژن موجب برجسته شدن فناوری بیوهیدروژن گشته ارتباط آن با فناوری‌های زیست شیمی و دنبال‌کردن مسیر هدف کاهش گاز کربن دی‌اکسید موجود در جو می‌باشد. شایان ذکر است هزینه تولیدی کمتر بیوهیدروژن نسبت به سایر انواع هیدروژن سبز از جمله دلایل مهم‌شدن این فناوری در میان دیگر سوخت‌های سبز می‌باشد.

## جعفر رضایی



هوش مصنوعی، اسرار آنژیم‌ها را شناسایی می‌کند.



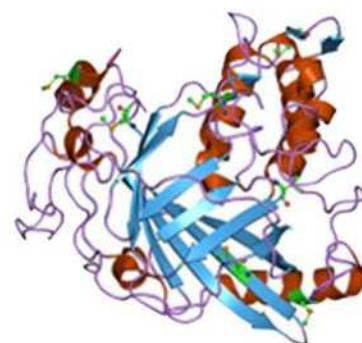
شکل ۱. تصویر مقایسه‌ای از مدل‌های تولیدی مورد استفاده برای مدل‌سازی توالی پروتئین.

هنگامی که به مقیاس مولکولی نگاه می‌کنیم، آنژیم‌ها شبکه‌های پیچیده‌ای از اسیدهای آمینه هستند. لوسيفراز، یک نمونه برجسته، تنوعی شگفت‌انگیز در میان انواع مختلف الگوهای تکاملی خاصی را نشان می‌دهند که برای پیش‌بینی ساختار پروتئین‌ها حیاتی است.

**یک سوال اساسی مطرح می‌شود: این الگوها چگونه به عملکرد آنژیم‌ها مرتبط هستند؟**

دکتر شیه (Dr. Xie) و دکتر وارشل (Dr. War-shel) به رمزگشایی این رابطه پیچیده پرداختند. آن‌ها به پروتئین‌ها به عنوان یک زبان یک "حروف" اسیدهای آمینه نگاه می‌کنند و در حال توسعه ابزارهای هوش مصنوعی بر پایه اصول پشت سیستم‌های گستره‌هی استفاده شده مانند

آنژیم‌ها، بیوکاتالیزورهای شگفت‌انگیز طبیعت، نقش اساسی در جنبه‌های مختلفی از زندگی روزمره دارند. منظره الهام‌بخش کرم‌های شب تابی را در نظر بگیرید که شب تابستانی را روشن می‌کنند. نور فریبنده آن‌ها نه تنها برای شگفت‌زده کردن ناظران است، بلکه نقشی در ارتباط و جفت‌گیری نیز دارد. این نمایش طبیعی توسط یک آنژیم به نام لوسيفراز (Luciferase) تأمین می‌شود.



شکل ۲. آنژیم لوسيفراز

چت جی پی‌تی هستند. ابزار هوش مصنوعی آن‌ها احتمال ظهور دنباله‌ها یا جایگاه‌های جدید در طبیعت را ارزیابی می‌کند. به طرز شگفت‌انگیزی، آن‌ها کشف کردند که این احتمال در درجه اول با فعالیت کاتالیزوری آنزیم در زمانی که جهش در نزدیکی بستر رخ می‌دهد مرتبط است. بر عکس، جایگاه‌های نوساخته در زیرینای آنزیم عمدتاً با پایداری پروتئین هم ارتباطی دارند. این دیدگاه‌ها توانسته‌اند به موفقیت طراحی چند پروتئین اعم از لوسيفراز منجر شود.

دکتر وارشل گفت: «رابطه بین اطلاعات تکاملی و عملکردهای متنوع آنزیم نشان می‌دهد که آنزیم‌ها در واقع اشیاء چندمقیاسی هستند. این مطالعه پتانسیل تحولی در درک کاتالیز و تکامل آنزیم‌ها را دارد.»

این تحقیق که اکنون در نشریه National Science Review منتشر شده است، نه تنها دیدگاه‌های جدیدی در مورد کاتالیز آنزیم‌ها ارائه می‌دهد، بلکه امیدی به کاربردهای عملی در بیوتکنولوژی و فراتر از آن نیز می‌بخشد.



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

## ریحانه بابا خانلو



### تکنیک ابتکاری بیوشیمی سخره‌های مرجانی را ترسیم می‌کند.

در دانشکده علوم و فناوری اقیانوس و زمین UH Mānoa (SOEST) این مطالعه را به صورت جدی پیگیری می‌کنند.

Ty Roach افزود: "این روش جدید به ما امکان نمونه‌برداری از گونه‌ای مرجان‌ها را فراهم می‌کند، که نسبت به روش‌های قبلی بسیار کمتر تهاجمی و آسیب‌زا باشد، به این معنی که اکنون می‌توانیم نمونه‌های بیشتری برداریم و تلاش‌های نمونه‌برداری را اغلب با آسیب کمتری به مرجان‌ها تکرار کنیم." این تیم با استفاده از آنالیزهای شیمیایی پیچیده، مواد بیوشیمیایی دقیق موجود مرجان‌ها را تعیین کردند و آن‌ها را به مکان مربوطه خود در کلیس مرجانی ترسیم کردند؛ با این کار، آن‌ها نقشه‌هایی از مواد بیوشیمیایی در مرجان‌ها در مقیاس‌های فضایی متعدد ایجاد کردند.

استفاده از این تکنیک در هر مقیاسی به ما امکان می‌دهد که با کمک مواد بیوشیمیایی موجود در محیط مرجان‌های عضو یک کلونی را پیدا کنیم، حتی ضعیفترین نشانه‌هایی از حضور یک مرجان می‌تواند به ما اطلاعات این را بدهد که این مرجان از کدام دسته است. با کمال تعجب این روش حتی قادر

تحقیقان دانشگاه هاوایی (UH)، با استفاده از یک رویکرد جدید و نوآورانه برای نمونه‌برداری از مرجان‌ها، اکنون توانسته‌اند نقشه‌های بیوشیمی از مرجان ایجاد کنند که با جزئیات بی‌سابقه‌ای توزیع ترکیباتی را که برای عملکرد سالم سخره‌های مرجانی هستند.

مواد بیوشیمیایی، مانند آمینو اسیدها، ترکیباتی که بر رشد و نمو مرجان‌ها تأثیر می‌گذارند و موادی که که دارای خواص آنتی‌باکتریایی یا آنتی‌اکسیدانی هستند، ارتباط مستقیمی با میزان انعطاف‌پذیری مرجان‌ها در مواجهه با عوامل خطرناکی مانند دمای گرمتر اقیانوس و اسیدی‌شدن اقیانوس دارند. سخره‌های مرجانی با وجود اینکه بخش کوچکی از اقیانوس را در برمی‌گیرد، یکی از متنوع‌ترین و مولدترین اکوسیستم‌های روی کره زمین هستند و زیستگاه حیاتی برای بسیاری از گونه‌ها و حفاظت از جوامع ساحلی را فراهم می‌کنند.

Ty Roach، نویسنده ارشد این مطالعه، اشاره کرد: این کار، گام بزرگی به سوی درک اکوسیستم‌های مرجانی و برای بازسازی و مدیریت سخره‌ها حیاتی است و موسسه زیست‌شناسی دریایی هاوایی (HIMB) در



است که بین مرجان‌هایی که مجاور هم قرار دارند و بسیار شبیه‌اند، نیز تمایز قابل شود و اطلاعات مفیدی در مورد هر گونه در اختیار ما قرار دهد.

Ty Roach افزود مهم‌ترین نکته در این پژوهش‌ها این است که مشخص می‌شود که مرجان‌ها چگونه مواد بیوشیمیایی مورد نیاز خود را جذب و به صورت‌های مورد نیاز خود درمی‌آورند. و این اطلاعات برای تجزیه و تحلیل و مطالعات در مورد بیوشیمی صخره‌های مرجانی بسیار مهم است.

این گروه مطالعاتی برای آینده تحقیقات خود قصد دارد مطالعاتی برای ترسیم توزیع زمانی و مکانی ملکول‌های زیستی مرجان‌ها به روش‌های مختلفی استفاده کنند که در گذشته بدون آسیب رساندن به کلونی‌های مرجانی ممکن نبود.



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

# بخش معرفی



# فرحان فارسیجانی



## بیوتکنولوژی در گذر زمان

غذایی مانند سرکه، ماست و پنیر به بیش از هزار سال پیش باز مگردد، اما مکانیسم تولید این محصولات برای کسی شناخته شده نبود. اتابول اولین ماده شیمیایی بود که به صورت بیوتکنولوژیکی سنتزشد. پیشرفت در این علم مانند پیشرفت در سایر علوم با انگیزه جنگ بوده است.

### توسعه بیوتکنولوژی را می‌توان به پنج دوره تقسیم کرد:

**دوره پیش از پاستور، قبل از ۱۸۶۵:**

محصولات این دوره مشروبات الکلی و لبیات مانند پنیر و سایر مشتقهای تخمیری است.

**دوره پاستور، ۱۸۶۵-۱۹۴۰:**

تولید اتابول، بوتانول، استون، گلیسرول و اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک

واژه بیوتکنولوژی اولین بار در سال ۱۹۱۹ توسط کارال ارکی<sup>۱</sup>، مهندس مجارستانی به معنای کاربرد علوم زیستی و تعاملات آنها در فناوری‌های ساخته شده توسط بشر، ابداع شد، برخی ارکی را به عنوان پدر بیوتکنولوژی می‌شناسند. بیوتکنولوژی تحول جدید نیست و مطالعات میکروبیولوژیست‌ها در بیش از صد سال نشان داده است که ارتباط بسیار نزدیکی بین انسان و میکروب‌ها وجود دارد که می‌تواند مفید و مضر باشد، اما استفاده از این علم برای توسعه و بهبود منابع غذایی انسان، دستاوردهای جدیدی است که به تازگی مطرح شده و دانشمندان در این زمینه وارد رقابت با یکدیگر شده‌اند. تاریخچه استفاده از میکروارگانیسم‌ها برای تولید مواد



<sup>۱</sup>Karoly Ereky

ذرت، برج، سویا، گوجه فرنگی و گندم. کاربرد بیوتکنولوژی در قرن بیست و یکم به قدری زیاد است که تأثیر عمیقی بر اقتصاد، بهداشت، محیط زیست، آموزش، کشاورزی، صنعت، تغذیه و سایر جنبه‌های زندگی بشر خواهد گذاشت. به همین دلیل برخی از متفکران جهان قرن بیست و یکم را قرن بیوتکنولوژی نامیده‌اند.

مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی یکی از رشته‌های چندشاخه‌ای برشمرده می‌شود که هدف آن استفاده از ریز موجودات و فرآیندهای زیستی برای بهبود زندگی انسان‌ها است. در این رشته علاوه‌بر داشتن دانش پایه از مهندسی شیمی شناخت علوم زیستی نظریه بیوشیمی، میکروب‌شناسی و زیست نیز ضروری می‌باشد.

## ظهور بیوتکنولوژی

### مخمر

فرآیند تولید صنعتی مخمر در سال ۱۹۰۲ آغاز شد، با روشی که توسط شیمیدان مشهور

دوره آنتی بیوتیک، ۱۹۴۰-۱۹۶۰:

تولید پنسیلین، انواع آنتی بیوتیک‌ها، فناوری ساخت سلول‌های جانوری و واکسن‌های ویروسی از دستاوردهای این دوره است.

دوره پس از آنتی بیوتیک، ۱۹۶۰-۱۹۷۵:

اسیدهای آمینه، پروتئین‌های تک یاخته‌ای، آنزیم، فناوری سلولی از نتایج این دوره می‌باشد.

### دوره بیوتکنولوژی جدید:

مهندسی ژنتیک، تولید هورمون رشد انسانی و تولید انسولین از نتایج این دوره هستند.

علوم مختلف در بیوتکنولوژی جدید تأثیرات زیادی داشته‌اند از جمله مهندسی ژنتیک و بیوشیمی. جهان با کاربردهای جدید بیوتکنولوژی از بیوتکنولوژی سنتی وارد بیوتکنولوژی مدرن شده است. در قرن اخیر به دلیل افزایش جمعیت و نیاز به تامین مواد غذایی، بیوتکنولوژی کشاورزی مورد توجه ویژه قرار گرفته است. محصولات تاریخته پمحصول‌تر و مقاوم‌تر هستند مانند



شکل ۱. بیوتکنولوژی در عرصه‌های مختلف

از واکنش آنژیمرها وجود دارد، همین امر موجب شد که در سال ۱۹۵۷ یک سیستم مخازن متواالی ساخته و در نیوزلند بهره‌برداری شود که تاکنون نیز به صورت تجاری مورد استفاده قرار گرفته است.

### فرآیند پاستوریزه کردن

مخمر نوعی قارچ است، مانند قارچ‌های خوارکی و کپک‌ها، موجوداتی که امروزه پنسیلین و سایر آنتی بیوتیک‌ها را می‌سازند نیز همین‌گونه هستند. استون، بوتانول و اسید گلوتامیک توسط باکتری‌ها تولید می‌شوند. همه این‌ها فرآورده‌های حاصل از تخمیر هستند، فرآیندی که برای اولین بار توسط لوئی پاستور در سال ۱۸۵۷ فهمیده شد، که او آن را «شکلی از زندگی بدون هوا» توصیف کرد که منجر به کلمه بی‌هوایی شد. تحقیقات او برای درک فرآیندهای میکروارگانیسم‌ها بسیار مهم بود و او را به «پدر میکروبیولوژی» تبدیل کرد. درک او از دخیل بودن موجودات زنده منجر به پاستوریزاسیون برای جلوگیری از فاسد شدن شیر و نظریه او در خصوص میکروب‌ها و پیشگیری از آن

شد، با روشی که توسط شیمیدان مشهور آلمانی و پیشگام علم تغذیه، یوستوس فون لیبیگ توسعه یافته بود.

اتانول که یک ماده سمی است که توسط مخمر در شرایطی که اکسیژن کم است تولید می‌شود و در صورتی که از فرآیند خارج نشود باعث محدود شدن غلظت خود و مهار مخمر می‌شود که در این حال می‌توان اتانول را بدون فرآیندهای اضافی از جمله تقطیر جداسازی نمود.

در قرن نوزدهم روش‌های مهندسی شیمی جایگزین یکسری از روش‌های شیمیایی شد که با استفاده از آن‌ها فرآیندها بهتر کنترل می‌شد و فرآیندهای دستی نیز کمتر و فرآیندهای مکانیکی بیشتر شد.

موفقیت بزرگ در مهندسی شیمی تبدیل فرآیند تقطیر و سایر واکنش‌های دیگر از حالت گستردگی به حالت پیوسته بود که باعث بهره‌وری بیشتر می‌شد که خود چالشی برای بیوراکتورها بود. در فرآیند تخمیر یک توالی



شکل ۳. لوئی پاستور پدر علم میکروبیولوژی



شکل ۲. راکتورها و مخازن متواالی

# بخش معرفی

همین امر باعث شد در سال ۱۹۶۰ این روش اروپا و آمریکا کنارگذاشته شود اما در سال ۲۰۰۶ به دلیل افزایش قیمت نفت صنایع مجدد به این روش بازگشتند. همچنین در دهه‌های گذشته علاقه جهانی به روش‌های بیوسنتز سوخت‌های پایدار و جایگزین نفت کردن آنها افزایش یافته است.

همه این موارد انقلاب‌های بزرگی در عرصه بیوتکنولوژی بودند که باعث پیشرفت و تکامل آن شدند.

## بوتanol

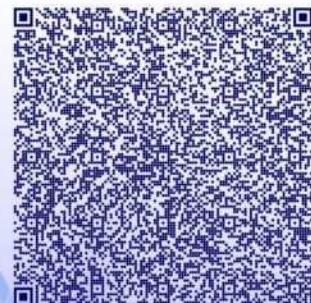
یافته‌های حاصل از تخمیر و تولید اتانول پاستور را به این فکر انداخت که امکان بیوسنتز بوتانول وجود دارد و این کار را در سال ۱۸۶۱ توسط باکتری‌هانشان داد.

در اوایل دهه ۱۹۰۰ یک شرکت انگلیسی و دانشگاه منچستر برای یافتن میکروارگان و تولید بوتانول بهمنظور تولید لاستیک مصنوعی اقدام کردند و در همین حین به سنتزی دست یافتدند که فراورده‌های آن استون و بوتانول بودند. شرکت توسعه‌دهنده این روش را ثبت اختراع کرد و نام آن را روش ABE گذاشت و اقدام به تولید بوتانول و استون در سال ۱۹۱۲ کرد.

پس از جنگ جهانی اول هنری فورد احتیاج به یک لاک که به طور سریع خشک می‌شد داشت و بوتانول برای این کار ایده‌آل بود، همین امر باعث توسعه صنعت ساخت و تولید موتور شد.

استون در جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفت. همچنین بوتانول نیز استفاده‌های بسیار زیادی داشت از جمله یک جایگزین برای گازوئیل و یا مخلوط کردن آن با بنزین برای تأمین سوخت. تولید بوتانول و استون به حدی گسترش یافت که در سال ۱۹۴۵ دو سوم از بوتانول و یک سوم از استون تولید شده از طریق فرآیند ABE بودند.

با توسعه صنعت نفت و افزایش هزینه‌های مواد اولیه روش ABE بوتانول حاصل از هیدروکرین‌ها اقتصادی‌تر به نظر می‌رسید.



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.





## معرفی زمینه‌های فعالیت جدید مهندسین شیمی در زمینه بیوتکنولوژی

### مقدمه:

حال بانیمندگاهی به مطالب مطرح شده به بررسی و معرفی چندین اصطلاح مرتبط با بیوتکنولوژی خواهیم پرداخت:

**۱- مهندسی زیستی:** این اصطلاح کلی شامل اقداماتی است که توسط متخصصان سیستم‌های پزشکی و کشاورزی در زمینه‌های مهندسی شیمی، الکترونیک، مکانیک، صنعت و محیط‌زیست انجام می‌شود.

**۲- مهندسی فرایندهای زیستی:** بیانگر کاربرد قوانین مهندسی برای طراحی، توسعه و تجزیه و تحلیل فرایندهایی است که در آن از زیست کاتالیست‌ها استفاده می‌شود. این فرایندها ممکن است منجر به تشکیل ترکیبات مطلوب یا حذف مواد نامطلوب شود. علوم مهندسی به ویژه مهندسی شیمی، نقش به سازی در بهره‌برداری موفقیت‌آمیز از فرایندهای زیستی دارد.

**۳- مهندسی زیستی شیمی:** این اصطلاح به کاربرد مهندسی شیمی برای آن دسته از فرایندهای شیمیایی اشاره دارد که در آن از کاتالیزورهای بیولوژیکی استفاده می‌شود. این مهندسی اغلب به دو زیرگروه تقسیم می‌شود: مهندسی واکنش زیستی و مهندسی جداسازی زیستی.

شیمی علم پرداختن به جزئیات نهان در جهان و بهره‌گیری از آن‌ها در مسیری درست برای ساخت موادی جدید و مفید می‌باشد.

تل斐ق این دانش با علوم دیگر می‌تواند در پیشرفت هر چه بهتر جهان نقش به سازی را ایفا کند. امروز به بررسی و معرفی زمینه‌های جدید مهندسی شیمی در زمینه بیوتکنولوژی و نتایج همکاری این دو شاخه از علم با یکدیگر خواهیم پرداخت.

به صورت کلی وظیفه مهندسان شیمی تولید محصولات شیمیایی از مواد خامی از قبیل نفت می‌باشد؛ در مقابل بیوتکنولوژیست‌ها از موجودات و سیستم‌های زنده برای تولید محصولات استفاده می‌کنند.

باتوجه به اینکه مسائل و دغدغه‌های جدید جهان نظریه گردایش جهانی، بازیافت زیالله‌ای پلاستیکی و اهمیت جایگزینی مواد طبیعی به جای مواد شیمیایی در محصولات آرایشی و بهداشتی منجر به ایجاد تغییرات شایان توجهی در سبک زندگی مردم شده است، تمایل به استفاده و بهره‌مندی هرچه بیشتر از طبیعت رو به افزایش است.



## کاربردهای بیوتکنولوژی در مهندسی شیمی

**کاربرد فرایندهای بیولوژیکی در شیرینسازی گازی:**

تاکنون انواع مختلف فرایندهای بیولوژیکی برای شیرین کردن گاز ترش شناسایی شده‌اند، هرچند تعداد محدودی از این روش‌ها در مقیاس صنعتی استفاده می‌شوند. از فواید استفاده از فرایندهای بیولوژیکی می‌توان به انجام پذیری آنها در دما و فشار محیط و به حداقل رساندن مصرف انرژی اشاره کرد. همچنین هزینه‌های نسبتاً بالای تهیه مواد شیمیایی، کاتالیزورها و دفع زیالله‌های مربوط به فرایندهای شیمیایی مرسوم در فرایندهای بیولوژیکی حذف شده‌اند.

**برای مثال:** در فرایندهای تصفیه بیولوژیکی مستقیم، باکتری *تیوباسیلوس گوگرد* را به عنوان منبع انرژی اکسید می‌کند.

**تصفیه بیولوژیکی خاک:** یک از مشکلات اساسی دنیای امروز در حوزه صنعت، آلودگی خاک، رسوبات و آب‌های سطحی و زیرزمین است.

رایج‌ترین آلینده‌ها می‌توان به حل‌های کلردار، هیدروکرین‌ها و فلزات اشاره کرد. راه حل بیولوژیکی این مشکل بهره بردن از میکروارگانیسم‌ها به منظور کاهش یا سمرزدایی آلینده‌ها می‌باشد. فناوری زیست‌پالایی اساساً مبتنی بر تجزیه زیستی است. باکتری‌ها، قارچ‌ها و گیاهان معمولاً در کاهش یا حذف آلینده‌های سمی نقش دارند. به منظور تامین مواد مغذی مورد نیاز باکتری‌ها و سایر عوامل محدودکننده، از فرایندهای تصفیه بیولوژیکی استفاده می‌شود. این روش در مورد آلودگی‌های هیدروکرینی رایج‌تر است، می‌توان گفت اساس فرایندهای تصفیه بیولوژیکی استفاده از هیدروکرین‌های نفتی به عنوان منبع کرین و انرژی است.

**تصفیه بیولوژیکی آب:** باکتری‌هایی که از این مواد به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند، برای حذف مواد آلی آب به کار می‌روند. این کار به دو صورت هوازی یا بی‌هوازی انجام می‌گیرد.

با توجه به نگرانی‌ها در مورد کاهش منابع جهانی نفت و تاثیرات زیست‌محیطی مرتبط با آن، یافتن یک منبع سوخت جایگزین سازگار با محیط‌زیست می‌تواند از بروز بحران انرژی جلوگیری کند.

بیوتکنولوژی با پیشرفت‌هایی از قبیل استفاده از ذرت برای سوخت‌های قابل احتراق مورد نیاز موتورخانه‌ها، استفاده از جایگزین‌های پاک برای سوخت‌های فسیلی را امکان‌پذیر می‌سازد.

کوتاه‌سخن آنکه، بیوتکنولوژی فناوری گسترهای است که با به کارگیری علوم پایه و مهندسی در زمینه‌های مختلف صنعتی سعی بر بهبود فرایندها، افزایش بهره‌وری با کمترین میزان آسیب به سیاره‌مان را دارد و بدون شک نقش مهندسان شیمی در آن بسیار چشمگیر هست و خواهد بود.



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

- تصفیه هوازی: فرایندی است که در آن اکسیژن حضور دارد، در این روش آب مورد نظر به یک مخزن هواهی فرستاده می‌شود که در آنجا مواد آلی موجود در آن توسط باکتری‌های هوازی به دی‌اکسید کربن، نیترات و فسفات، اکسید می‌شود.

- تصفیه بی‌هوازی و تولید زیست‌گاز: فرایندی چند مرحله‌ای است که در آن گروه‌های مختلفی از باکتری‌ها در کاهش بستر نقش دارند.

**خوردگی میکروبی:** خوردگی میکروبی شکلی از خوردگی گالوانیکی است که در آن سلول‌های گالوانیکی براساس تفاوت در غلظت اکسیژن تشکیل می‌شوند.

به عنوان مثال رسوب ایجاد شده در لوله‌های آب سرد را در نظر بگیرید، رسوب ممکن است حاوی محصولات خورنده، ذرات مختلف، پوسته‌های معدنی و... باشد.

عملیات پیشگیری از خوردگی میکروبی می‌تواند شیمیایی، بیوشیمیایی و یا بیولوژیکی باشد که می‌توان به شستشو، افزودن میکروبکش‌های اکسید و... اشاره کرد.

**سوخت‌های زیستی:** تولید سوخت زیستی یکی از بزرگ‌ترین کاربردهای بیوتکنولوژی در زمینه تولید انرژی است.

### معرفی شرکت‌های داخلی و خارجی فعال در زمینه بیوتکنولوژی



۳- بخش فرمولاسیون، پکنس، لیوفیلیزاسیون<sup>۲</sup> و بسته‌بندی

۴- بخش پایش کیفیت، مجهرز به روزآمدترین روش‌های دستگاهی تحلیلی برای کنترل کیفی محصول نهایی، مواد اولیه و مواد حد واسط

۵- بخش تحقیق و توسعه، مجهرز به دو خط کامل تولید در مقیاس آزمایشگاهی و مقیاس آزمایش<sup>۳</sup> شامل انواع فرمانتورها<sup>۴</sup>، بیوراکتورها<sup>۵</sup> و سایر تجهیزات کشت سلولی



شكل ۱. ساختمان شرکت آریوژن فارمد

#### معرفی شرکت آریوژن فارمد:

شرکت زیستفناوری و زیستدارویی ایرانی آریوژن فارمد<sup>۱</sup> به عنوان یکی از شرکت‌های زیرمجموعه گروه سیناژن (بزرگ‌ترین شرکت زیستفناوری خاورمیانه) در سال ۱۳۸۹ با رویکرد تلفیق علم داروسازی و فناوری زیستی تأسیس شد. هدف اصلی این شرکت تحقیق، توسعه و تولید داروهای بیولوژیکی پر مصرف با بهره‌گیری از جدیدترین روش‌های بیوتکنولوژی به منظور رفع نیازهای دارویی بیماران صعب العلاج در کشور می‌باشد. شرکت دانشبنیان آریوژن با استفاده از آخرین استانداردهای اروپایی برای تولید دارو، در نظر دارد علاوه بر تأمین نیازهای داخلی و منطقه، بخشی از نیازهای بازارهای اروپایی را نیز تأمین کند. بخش‌ها و حوزه‌های اصلی شرکت آریوژن

فارمد:

۱- بخش تولید ماده اولیه موثره با تکنولوژی بیوراکتور

۲- بخش تولید ماده اولیه موثره با تکنولوژی رولر باتل

<sup>۱</sup>AryoGen Pharmed

<sup>۲</sup>Lyophilization

<sup>۳</sup>Pilot

<sup>۴</sup>Fermenters

<sup>۵</sup>Bioreactors

## معرفی شرکت سیناژن:

شرکت تحقیقاتی و تولیدی سیناژن<sup>۱۱</sup> یکی از شرکت‌های فعال در حوزه زیست‌فناوری ایران و بزرگ‌ترین شرکت زیست‌فناوری خاورمیانه، در سال ۱۳۷۳ توسط جمعی از متخصصان بیوتکنولوژی پزشکی با هدف تولید محصولات بیوتکنولوژی نوین تأسیس شد. سیناژن اکنون تولیدکننده بیش از ۴۲ محصول و توزیع‌کننده بیش از ۱۲۰ واکنش‌گر تشخیص آزمایشگاهی است. همچنین در بهار سال ۱۴۰۰ این شرکت اقدام به تولید واکسن کرونا اسپایکوژن کرد. این واکسن که محصول مشترک شرکت سیناژن و شرکت استرالیایی Vaxine بود، در مهرماه ۱۴۰۰ موفق به دریافت مجوز مصرف اضطراری از سازمان غذا و دارو شد. در اولین موفقیت، سیناژن اولین پروتئین نوترکیب Taq ساخته شده در کشور را به نام آنزیم DNA Polymerase پس از این موفقیت، این روند با سیر صعودی در شاخه‌های مختلف فرآورده‌های بیوتکنولوژی پیش رفت. فعالیت بر تحقیق و توسعه در حوزه بیوتکنولوژی به منظور تأمین نیاز بازار منطقه‌ای، اولویت اصلی سیناژن بود. آنزیم‌ها، معرفه‌های بیولوژی مولکولی و کیت‌های تشخیص PCR، اولین محصولات سیناژن بوده

## معرفی برخی محصولات مهم شرکت

## آریوژن فارمد:

آریوسبون (AryoSeven)، فاكتور هفت‌انعقادی فعال‌شده نوترکیب و یک ماکرومولکول پروتئینی (گلیکوپروتئین) است که با تکنولوژی DNA نوترکیب و با استفاده از سلول‌های کلیه‌ی نوزاد همسنتر<sup>۶</sup> (BHK) تولید می‌گردد و برای درمان، کنترل و جلوگیری از اپیزودهای خونریزی همچون بیماری هموفیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آریوترواست (AryoTrust): سلول‌های سرطانی سینه و معده در بعضی موارد دارای مقادیر زیادی از HER2 بر روی سطوح آن‌ها می‌باشند که باعث رشد سلول‌های سرطانی می‌شوند. آریوترواست با اتصال به HER2 از فعالیت آن جلوگیری کرده و منجر به مرگ سلول‌های سرطانی می‌شود.

استیوانت (Stivant): استیوانت در درمان انواع سرطان‌ها مانند سرطان متاستاتیک<sup>۷</sup> روده‌ی بزرگ و یا مقعد، گلیوبلاستومای پیشرفته<sup>۸</sup>، نوع خاصی از سرطان ریه (NSCLC)، سرطان پیشرفته یا متاستاتیک کلیه، سرطان اپیتیلیال<sup>۹</sup> تخمداں پیشرفته، لوله‌های فالوپ<sup>۱۰</sup>، سرطان صفاقی اولیه، سرطان دهانه رحم و سرطان متاستاتیک سینه مورد مصرف قرار می‌گیرد.

<sup>۶</sup>Baby hamster kidney cells

<sup>۷</sup>Metastatic

<sup>۸</sup>Advanced glioblastoma

<sup>۹</sup>Epithelial

<sup>۱۰</sup>The fallopian tubes

<sup>۱۱</sup>CinnaGen

اسپایکوژن (SpikoGen): اسپایکوژن نام تجاری واکسن کووید-۱۹ شرکت سیناژن است که با همکاری شرکت استرالیایی Vaxine تولید شده و در استرالیا با نام COVAX به ثبت رسیده است. این واکسن حاوی ۲۵ میکروگرم پروتئین نوتکیب اسپایک ویروس کرونا ۲۰۱۹ به همراه کمکننده Advax-SM است.

سیناستیم (CinnaStim): سیناستیم نام تجاری داروی انکسپارین سدیم است. از سیناستیم برای درمان لخته‌های خونی در بدن بیمار به خصوص پیش و پس از عمل جراحی و پس از سکته‌های قلبی استفاده می‌شود. سیناستیم از تشکیل شدن لخته‌های خون در بدن جلوگیری می‌کند و بزرگ‌تر شدن لخته‌های خون در بدن را متوقف می‌کند.

## معرفی شرکت : Johnson & Johnson

جانسون‌اندجنسون (Johnson & Johnson) یک شرکت آمریکایی فعال در زمینه بیوتکنولوژی، تولید تجهیزات پزشکی و محصولات بسته‌بندی دارویی و درمانی است. این شرکت که بیش از ۱۳۰ سال از تأسیس آن می‌گذرد، در حوزه‌های مختلف بهداشت و سلامت، یکی از رهبران اصلی بازار است. جانسون‌اندجنسون در دهه‌های پایانی قرن نوزدهم با همکاری سه برادر راهاندازی شد و هم اینک جزو بزرگ‌ترین شرکت‌های ایالات متحده آمریکا به شمار می‌رود. مراکز جانسون‌اندجنسون اغلب در نیوجرسی آمریکا<sup>۱۲</sup> قرار دارند.

او در ادامه بهره‌مندی از زیساخت‌های تخصصی تکنولوژیک، شرکت سیناژن را بر آن داشت تا اقدام به تولید آنتی‌بادی‌های مونوکلونال تشخیص گروه‌های خونی نماید. از سال ۱۳۷۶ پروره‌تولید مونوکلونال آنتی‌بادی‌های تشخیص گروه خونی آغاز گردید و هم‌اکنون محصولات تشخیص گروه خونی در ایران انحصاراً توسط شرکت سیناژن تولید شده و با کیفیت قابل رقابت با نمونه‌های اروپایی به بازار آزمایشگاه‌های تشخیصی و مراکز درمانی ارائه می‌گردد.



شکل ۲. ساختمان شرکت سیناژن

## معرفی برخی محصولات مهم شرکت سیناژن:

سینووکس (CinnoVex): سینووکس نام تجاری داروی ایترفرون بتا-۱-آ است که در فرم‌های عود کننده بیماری اماس<sup>۱۳</sup> مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دارو که از دسته گلیکوپروتئین‌ها و از جمله داروهای نوتکیب است، تعداد و شدت حملات را کاهش می‌دهد و روند پیشرفت بیماری اماس را کند می‌کند.

<sup>۱۲</sup>Multiple sclerosis (MS)

<sup>۱۳</sup>New Jersey, USA



شکل ۳. دفتر مرکزی شرکت جانسون‌اند‌جانسون

### معرفی شرکت **Novo Nordisk**

شرکت بیوتکنولوژی و داروسازی Novo Nordisk یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌ها در حوزه داروسازی و بیوتکنولوژی در جهان است. این شرکت در زمینه تولید داروها و محصولات مرتبط با دیابت و بیماری‌های متابولیکی معروف است. دفتر مرکزی این شرکت در کشور دانمارک مستقر است و کارخانجات آن در بیش از هفت کشور فعال هستند.

Novo Nordisk در سال ۱۹۲۳ با عنوان «نوردیسک» و جدا از رقیبیش «نوو»، که بعدها به میدان آمد، تأسیس شد. اولین محصول این شرکت، انسولین مشتق‌شده حیوانی بود. در سال ۱۹۴۶ دستاورد دیگری برای این شرکت حاصل شد؛ انسولین ایزوفان NPH، انسولینی بود که با افزودن پروتامین به آن، مدت اثرش بهبود یافت. از این رو به

این برنده با ۲۵۰ زیرمجموعه در ۶۰ کشور دنیا در حال فعالیت است و محصولات آن در بیش از ۱۷۵ کشور جهان خریدار دارد. در ایران، در سال ۱۳۵۳ با مشارکت جانسون‌اند‌جانسون آمریکا، نخستین تولیدکننده محصولات بهداشتی کودک در خاورمیانه تحت نام جانسون‌اند‌جانسون آغاز به کار کرد که بعدها در سال ۱۳۷۹ به گروه بهداشتی فیروز تغییر نام داد. از بارزترین زیر برندهای جانسون‌اند‌جانسون می‌توان به برندهای Tylenol، Band-Aid، محصولات پزشکی Johnson's، محصولات مراقبت از کودک Neutrogena و آرایشی بهداشتی Clean & Clear اشاره کرد. فعالیت‌های این

شرکت در سه مجموعه دسته‌بندی می‌شود:

- ۱- مراقبت‌های بهداشتی
- ۲- تجهیزات پزشکی
- ۳- دارو

این شرکت طی سالیان متعددی طیف وسیعی از محصولات را تولید کرده است که مهم‌ترین آن‌ها را محصولات دارویی تشکیل می‌دهند. این داروها بیشتر برای ایمونولوژی<sup>۱۴</sup>، علوم اعصاب، بیماری‌های عفونی و انکولوژی<sup>۱۵</sup> مورد استفاده قرار می‌گیرند. بخش مهم دیگری از محصولات این شرکت را محصولات مراقبتی و بهداشتی تشکیل می‌دهند.

<sup>۱۴</sup>Immunology

<sup>۱۵</sup>Oncology

این شرکت به تازگی قصد دارد تا با استفاده از داده‌های شیمیایی، با شرکت مایکروسافت در زمینه اکتشاف دارو توسط هوش مصنوعی همکاری‌هایی داشته باشد. شرکت نوونوردیسک هم‌اکنون محصولات خود را در بیش از ۱۶۸ کشور جهان عرضه می‌کند و در ۸۰ کشور مختلف جهان شعبه دارد. همچنین دارای ۵ واحد تحقیق و توسعه (R&D)<sup>۱۶</sup> است. استراتژی این شرکت بر مبنای توسعه پایدار پیش می‌رود؛ به گونه‌ای که حدود ۴۳ درصد آلاینده کمتری نسبت به سال‌های اخیر تولید می‌کند. استفاده درست از منابع آبی در کشورهای مانند ایران نیز جزء دغدغه‌های این شرکت است.



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

تعداد تزریق کمتری برای بیماران نیاز داشت. سرانجام پس از رقابت سرسریتنه میان نوو و نوردیسک، این دو شرکت در سال ۱۹۸۱ با یکدیگر ادغام شدند. آن‌ها در طی این رقابت، بر روی توسعه محصولاتی مانند داروهای ضد بارداری خوراکی و هورمون رشد نیز کار کردند. در سال ۱۹۸۲ شرکت نوونوردیسک پیشرفت دیگر خود را با انسولین تک‌جزئی انسانی به نمایش گذاشت. انسولینی که درجهٔ خلوص بالایی دارد و با بدن انسان به خوبی سازگاری دارد. نوونوردیسک در سال ۱۹۸۵ از NovoPen بهره‌برداری کرد. این دارو سهولت استفاده و تزریق انسولین داخل صفاقی را برای بیماران به ارمغان آورد. همچنین در دهه ۲۰۰۰ این شرکت با کمک پروفسور Ulla Hedner، فاکتور A7 خونی را برای بیماران هموفیلی توسعه داد. در سال ۲۰۰۹ و در راستای سیاست‌های این شرکت، فراهم‌شدن انسولین برای کودکان کشورهای محروم در دستور کار قرار گرفت.



شکل ۴. دفتر مرکزی شرکت Novo Nordisk واقع در شهر کالوندبورگ

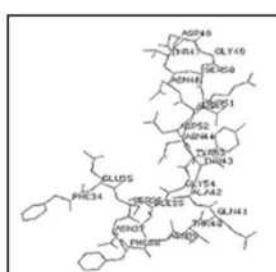
<sup>۱۶</sup>Research and development

## صنم سادات نیکخواه



# معرفی نرم افزارهای کارآمد در زمینه مهندسی بیوشیمی

می شود و با دریافت ورودی از کاریر، ساختار مولکول را بر روی صفحه نمایش در قالب انواع نمایه های رنگی نشان می دهد. این برنامه در ابتدا توسط راجر سیل<sup>۱</sup> و ای. جی. میلنروایت<sup>۲</sup> نوشته شد و در واحد تحقیقات رایانش زیستی دانشگاه Edinburgh و بخش ساختار بیومولکولی Green-ford کانادا توسعه یافته است. برای درک بهتر، در قالب تصاویر، به برخی قابلیت های این نرم افزار می پردازیم:



شکل ۲- یک نمودار اسکلتی<sup>۳</sup> از منطقه فعال مولکول لیزوزیم HEW ارشنان می دهد.



شکل ۱- این شکل یک دایاگرام است اکه مناطق مارپیچ آلفا و صفحات بتا در مولکول لیزوزیم HEW<sup>۴</sup> را به تصویر من کشد.

امروزه نرم افزارها مدل سازی، شبیه سازی، پیش بینی و آزمایشگاه مجازی بیش از هر زمان دیگر مورد استفاده های دانشجویان، صنعتگران و علاقه مندان رشته های مهندسی قرار دارد و ضروری است به منظور صرفه جویی در زمان و هزینه، افزایش دقت، کاهش مصرف مواد اولیه، افزایش دامنه های داده ها و آزمون ها، سهولت آنالیز نتایج و طیف ها و...، نرم افزارهای کارآمد مربوط به حوضه فعالیت خود و رشته های مرتبط را بشناسیم. از این رو در چند بخش به معرفی برخی نرم افزارهای کاربردی مهندسی بیوشیمی خواهیم پرداخت:

- ۱- برخی نرم افزارهای تخصصی و کارآمد.
- ۲- برخی اپلیکیشن های کاربردی قابل نصب بر روی تلفن همراه.
- ۳- جستجوگر مناسب برای مهندسی بیوشیمی و بیوشیمی.

برخی نرم افزارهای کاربردی مهندسی بیوشیمی

### ۱- راس مول (RasMol)

راس مول یک ابزار قدرتمند برای نمایش ساختار DNA، پروتئین ها و مولکول های کوچک تر است. این برنامه در مختصات مولکولی خوانده

<sup>۱</sup>Roger Sayle

<sup>۲</sup>E. J. Milnerwhite

<sup>۳</sup>Glaxo

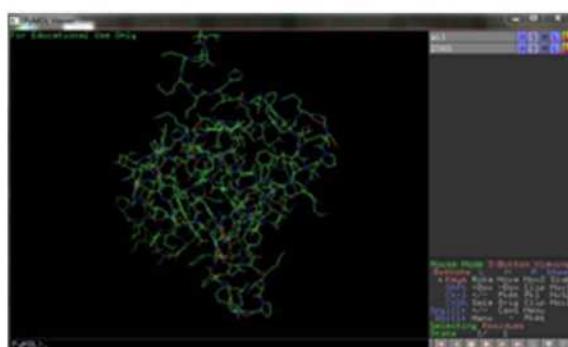
<sup>۴</sup>Hen Egg White lysozyme

<sup>۵</sup>Wireframe

می‌تواند از گرافیک سه‌جنبه پشتیبانی کند (همان سه‌بعدی که تلویزیون‌های مدرن در حال حاضر از آن استفاده می‌کنند).



شکل ۳- صفحه نمایش اصلی نرم افزار



شکل ۴- ارائه مدل متشكل از خطوط برای استافیلولوکال نوکلئوس همانطور که ممکن است انتظار داشته باشد، قابلیت رسم پروتئین‌ها و تصاویر مبین خواص آنان در این نرم‌افزار امکان‌پذیر است. دانشمندان طرح‌های متعددی را برای نمایش پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک توسعه داده‌اند. برعی از نمونه هاعبارتند از:

• چوبخطها: این‌ها شبیه خطوطی هستند که ماتاکنون با آن‌ها کار کرده‌ایم، اما ضخیم‌تر هستند، مانند مدل‌های مولکولی مورد استفاده در

## ۲- پایمول (PyMOL)

این نرم‌افزار یک سیستم گرافیکی مولکولی است که امکان شبیه‌سازی ساختارهای پروتئینی سه بعدی را فراهم می‌کند. این نرم‌افزار یک ابزار قدرتمند برای مطالعه پروتئین‌ها، DNA و سایر مولکول‌های بیولوژیکی است. این نرم‌افزار به نحوی نوشته شده است که یادگیری و استفاده از آن را بسیار ساده ساخته و در ۱۰ سال گذشته محبوبیت بسیار از سوی زیست‌شناسان، بیوشمیست‌ها و مهندسین بیوشیمی کسب کرده است. برعی از مزایای منحصر به فرد این نرم افزار در ادامه ذکر شده‌اند:

بر خلاف بسیاری از نرم افزارهای علمی، به‌طور غیرمنتظره‌ای، در هنگام استفاده، دچار مشکل نمی‌شود.

این نرم‌افزار می‌تواند گرافیک با کیفیت بالا را در مقایسه با مولاسکریپت<sup>۷</sup>، بدون نیاز به ویرایش دستی فایل‌های متنی تولید کند.

این نرم‌افزار دارای یک سیستم راهنمای بسیار کارآمد است و مستندات را می‌توان با تایپ کردن فرمان تحت عنوان "help" پیدا کرد.

اندازه‌گیری فاصله و زاویه پیوند در این نرم‌افزار ساده است. ساختارها را می‌توان به صورت نیمه اتوماتیک با پشتیبانی اسکریپت<sup>۸</sup>، تجزیه و تحلیل کرد.

این نرم‌افزار برای استفاده از سخت‌افزارهای گرافیکی با کیفیت بالا بهینه شده است و

<sup>۷</sup>Molscript

<sup>۸</sup>scripting support

کرده و نظم دهد. طی دهه‌های اخیر، از نسخه‌های متعددی رونمایی شده که افزایش کاربری و کیفیت آن را بیان می‌کند؛

#### کلاستال نسل ۲ (Clustal V):

این نسخه، که نسل دوم این نرمافزار هست، در سال ۱۹۹۲ رو نمایی شد و قابلیت‌های زیر را به کاربران ارائه کرد:

- امکان ایجاد نظم ساختاری توالی جدید از دل ساختارهای موجود بر روی چیدمان نهای توالی‌ها (بازسازی درخت فیلورژنیک<sup>۱۱</sup>)

- اضافه کردن گزینه ساخت درخت از روی نظم ساختاری توالی‌ها به روش همسایه‌بندی<sup>۱۲</sup>

#### کلاستال نسل ۳ (Clustal W):

این نسخه، که نسل دوم این نرمافزار هست، در سال ۱۹۹۴ رو نمایی شد و قابلیت‌های زیر را به نرمافزار اضافه کرد:

- "W" مخفف کلمه وزن<sup>۱۳</sup> در زبان انگلیسی است چرا که این امکان را به کاربر می‌دهد که وزنهای مختلفی را برای توالی‌ها و پارامترها در موقعیت‌های مختلف در ساختاربندی تعیین کند.

- توانایی چیدمان و نظم بخشی کردن بسیاری از توالی‌ها با سرعت بالا

#### کلاستال ایکس (Clustal X):

نسخه چهارم، در سال میلادی ۱۹۹۷ منتشر شد و اولین نسخه‌های که رابط کاربری گرافیکی دارد.

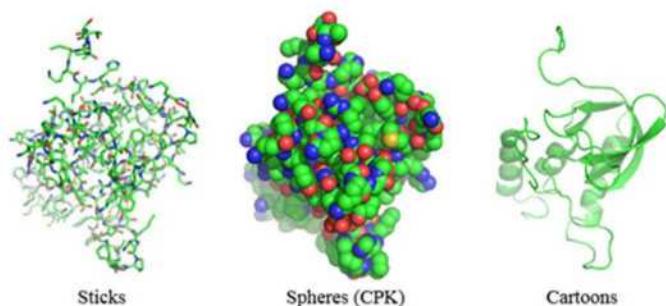
#### کلاستال ۲ (Clustal 2):

نسخه دوم کلاستال، در سال میلادی ۲۰۰۷،

شیمی آلی.

- گُره‌ها:** در این نمایش، تمام اتم‌ها در قالب کره‌هایی با شعاع‌هایی که خواصی برگرفته از شعاع الکترونی آن‌هاست رسم می‌شوند که به عنوان CRK هم شناخته می‌شود.

- نمایش کارتونی:** در این نمایش، اتم‌های زنجیره‌جنبی نادیده گرفته می‌شوند و تنها خطوط زنجیره‌ی اصلی به تهایی کشیده می‌شود. مارپیچ‌های آلفا و رشته‌های بتا به ترتیب در قالب کلاف (کره‌ای از زنجیره‌ای در هم تییده یا گُریده شده) و فلش پیکان کشیده می‌شوند.



شکل ۵- نمایش ساختار پروتئین.

#### ۳- کلاستال (Clustal)

این نرمافزار در سال ۱۹۸۸ توسط داس هیگیند<sup>۹</sup> ساخته شده است و بر اساس ساخت مشتق کردن درخت‌های فیلورژنیک<sup>۱۰</sup> از توالی‌های جفت‌جفت مربوط به آمینواسیدها یا نوکلئوتیدها، ساخته شده. این نرمافزار می‌تواند توالی‌های پلیمری و ساختار DNA را مورد مطالعه قرار داده و مقایسه

<sup>۹</sup>Das Higgind

<sup>۱۰</sup>Phylogenetic trees

<sup>۱۱</sup>phylogenetic tree reconstruction

<sup>۱۲</sup>Neighbor Joining

<sup>۱۳</sup>weight

## نرم افزار جست و جوگر بلست (BLAST)

این نرم افزار که New York Times آن را «گوگل تحقیقات بیولوژیکی» نامیده است، یکی از پرکاربردترین برنامه‌های بیوانفورماتیک برای جستجوی توالی مولکولی است. این کاربری، از یک مشکل اساسی در تحقیقات بیوانفورماتیک گره باز می‌کند. الگوریتم اکتشافی که این نرم افزار از آن استفاده می‌کند از سایر روش‌ها از جمله «محاسبه هم ترازی بهینه» به مراتب پرسرعت‌تر است. این مسئله برای کاربردی ساختن الگوریتم در پایگاه داده‌های وسیع ژنوم موجود حال حاضر، امری بسیار کلیدی است. گرچه الگوریتم‌های بعدی می‌توانند سریع‌تر هم باشند.

این نرم افزار همچنین می‌تواند مناطقی از شباهت‌های بین توالی‌های بیولوژیکی را پیدا کند. این برنامه توالی یا توالی‌های نوکلئوتید یا پروتئین را با توالی‌های مشابه در پایگاه داده مقایسه می‌کند و «معناداری اماری<sup>۱۶</sup>» را محاسبه می‌کند. این نرم افزار، برنامه‌های کاربردی خود را در دو دسته اصلی ارائه می‌کند: ۱. نوکلئوتید بلست<sup>۱۷</sup> و ۲. پروتئین بلست<sup>۱۸</sup>.

کتابخانه ملی پزشکی آمریکا به برخی از کاربردهای این نرم افزار اشاره کرده که شامل موارد زیر می‌گردد:

۱۰ سال بعد از آخرین نسل از Clustal و نمایی شد و دقیق و کارایی بالاتری از نسخه‌های قبل ارائه کرد.

## کلاسترال امگا (ClustalΩ)

این نسخه، یک نسخه استاندارد کنونی است که در سال میلادی ۲۰۱۱ منتشر شد. این نسخه به خصوص برای ترازیندی پروفایل خارجی (EPA) مفید است که توانایی استفاده از HMM خارجی برای کمک به ترازیندی است.

اپلیکیشن‌های موبایل در زمینه مهندسی بایوشیمی:

### ۱- اندرودیوید (AtomAndroid):

این اپلیکیشن که مناسب برای سیستم عامل اندروید است به کاربران اجازه می‌دهد تا مولکول‌ها را شبیه سازی کنند. همچنین این امکان را به کاربران می‌دهد تا فایل‌های PDB را باز کنند که در آن می‌تواند شبیه‌سازی‌ها و تجزیه و تحلیل‌های مختلف و همچنین منابع محاسباتی انرژیکی محلی و کلی را انجام دهد.

### ۲- کلونینگ بنچ (CloningBench):

این اپلیکیشن که مناسب برای سیستم عامل آی‌او‌اس است به کاربران این امکان را می‌دهد که به وسیله کات‌سایت<sup>۱۹</sup>، یک بافر<sup>۲۰</sup> را سرج کنند. بخش عمده این اپلیکیشن شامل ماشین حساب‌های زیست مولکولی است. به عنوان مثال: غلظت نوکلئواسید، رشد باکتریایی، مقادیر مولی و...

<sup>۱۴</sup>cut-site

<sup>۱۵</sup>buffer

<sup>۱۶</sup>statistical significance

<sup>۱۷</sup>Nucleotide blast

<sup>۱۸</sup>Protein Blast

- پیدا کردن پروتئین بسیار نزدیک به نمونه‌ی کاربر.



برای دسترسی به منابع بار کد را اسکن کنید.

- طراحی پرایمرهای اختصاصی به الگوی PCR کاربر.

- مقایسه دو توالی در کل طول اسپن انها.

- جستجو در ایمیونوگلوبولین‌ها<sup>۱۹</sup> و توالی و سلول‌های گیرنده‌ی T شکل<sup>۲۰</sup>.

- جستجو در توالی‌ها برای یافتن آلایش یا بیماری نقل شونده<sup>۲۱</sup>.

- یافتن توالی‌ها با معماری حفظ شده<sup>۲۲</sup> مشابه



<sup>۱۹</sup>Immunoglobulins

<sup>۲۰</sup>T cell receptor

<sup>۲۱</sup>vector contamination

<sup>۲۲</sup>conserved domain architecture



بخش مصاحبه



# مصاحبه مرکز تحقیقاتی هوش مصنوعی مبتنی بر سازه‌های پلیمری دانشگاه تهران



یک مرکز تقاضا محور نوع ۲ و به تقاضای شرکت طب پلاستیک نوین زیر مجموعه پژوهشکده سامانه‌های هوشمند کاربردی دانشگاه تهران در سال ۱۴۰۲ تأسیس شده است.

از جمله اهدافی که ما در این مرکز دنبال می‌کنیم، انجام طرح‌های پژوهشی و توسعه‌ای، بهره‌گیری از آخرین نتایج تحقیقات و پیشرفت‌های علمی، تدوین و ارائه آموزش‌های علمی کاربردی با همکاری دانشگاه‌ها، انجام تحقیقات مبتنی بر فناوری‌های نوین و تولید ابزارهای هوشمند در چارچوب مرکز تحقیقاتی، دستیابی به دانش فنی محصولات و ایجاد شرکت‌های دانش بنیان با بکارگیری فارغ التحصیلان و محققین این مرکز و... مر باشد.

۱- لطفاً خودتان را معرفی کنید و بفرمایید چه سمت یا نقشی در این مرکز دارید؟

با سلام؛ بنده رضا عباسی هستم. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش طراحی فرآیند در دانشگاه تهران؛ در مرکز تحقیقاتی هوش مصنوعی مبتنی بر سازه‌های پلیمری به عنوان دبیر اجرایی و عضو این مرکز فعالیت می‌کنم. همچنین در شرکت طب پلاستیک Teb School کارشناس نوین نیز به عنوان فعالیت می‌کنم.

۲- کمی درباره این مرکز توضیح می دهید؟ تاریخچه و مأموریت آن چیست؟

مرکز تحقیقات هوش مصنوعی مبتنی بر سازه‌های پلیمری از طریق انجام طرح‌های مطالعاتی و تحقیقاتی درنظر دارد تا به دانش فنی و کاربردی در رشته‌های تخصصی هوش مصنوعی در زمینه تولید محصولات پلاستیک و پلیمری دست یابد. این مرکز در افق چشم انداز خود مد نظر دارد تا سال ۱۴۱۰ جزء سه مرکز تحقیقاتی برتر سطح کشوری در حوزه پلیمر با هوش مصنوعی، قرار گیرد. این مرکز به عنوان

دانشگاه تهران و در انتهای با دانشگاه صنعتی شاهروд، تفاهم نامه هایی منعقد کرده ایم که در زمینه های مختلف آموزشی، پژوهشی و صنعتی و همچنین جذب پژوهشگر، می باشد.

## ۵- آیا می توانید درباره چشم اندازهای آینده این مرکز صحبت کنید؟

به طور کلی هدف ما خدمت به مردم و توسعه هوش مصنوعی در صنعت به ویژه صنعت پلیمر است تا بتوانیم پیشگام این حوزه باشیم. چشم انداز ما این است که به زودی همکاری های خود را با سازمان ملی هوش مصنوعی ایران آغاز کنیم و بتوانیم هوش مصنوعی را به مرور وارد بند دانشجویی در رشته های دانشگاهی مرتبط با مرکز بکنیم و آن ها را علاقه مند به پژوهش و حضور در پژوهه ها بکنیم.

## ۶- چه چالش های اساسی را برای این مرکز در پیش رو می بینید ؟

مهمترین چالش که داریم، بحث آموزش و منابع انسانی است. متأسفانه آموزش در این حوزه بسیار سطحی است و تعداد کمی از افراد از هوش مصنوعی آگاه هستند. بنظرم بهترین کار این است که موسسات آموزشی و اساتید این حوزه، در هوش مصنوعی عمیق تر بشوند و آموزش هوش مصنوعی باید از همان ابتداء در دانشگاهها انجام شود.

۳- این مرکز چه خدماتی را به جامعه و مراجعین خود ارائه می دهد؟ آیا می توانید نمونه هایی از این خدمات را نام ببرید؟

یکی از فعالیت های خوب و ارزشمندی که این مرکز در پیش گرفته است، حمایت از پایان نامه های مقطع تحصیلات تکمیلی است که دانشجویان می توانند با مراجعته به سایت مرکز، فرم مربوطه را تکمیل نمایند. همچنین ارائه طرح های پژوهشی توسط دانشجویان و اعضای هیئت علمی می تواند انجام شود تا پس از بررسی در کمیته، طرح های منتخب معرفی گردند.

علاوه بر این، دوره های آموزشی نیز توسط مرکز برگزار می گردد که همگانی است و می توانید از این دوره ها استفاده کنید. این دوره ها با کمک همکاران مرکز صورت می گیرد.

در ادامه، پژوهه های متعددی به مرکز معرفی شده است که به دلیل محرومگی آنها، راجع به جزئیات نمی توانم توضیح بدهم اما پژوهه هایی کاملاً صنعتی بر پایه هوش مصنوعی هستند.

## ۴- آیا این مرکز با سازمان های نهادهای دیگری همکاری دارد؟ اگر بله، لطفاً نام این سازمان ها را ذکر کنید و نوع همکاری ها را توضیح دهید.

بله؛ ما با شرکت های طب پلاستیک نوین، آینده سازان هوش محور و انجمن علمی مهندسی شیمی و پلیمر دانشگاه تهران همکاری می کنیم. همچنین با جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی شیمی

## ۸- چه اقداماتی برای تربیت نیروی انسانی متخصص در این حوزه در برنامه های خود دارید؟

تربیت نیروی انسانی متخصص یکی از اولویت‌های اصلی مرکز ما است. برای میل به این هدف، برنامه‌های متنوع را در دستور کار قرار داده‌ایم که پیشتر هم به برخی از آن‌ها اشاره کردیم. مهم‌ترین این برنامه‌ها عبارتند از: برگزاری دوره‌های آموزشی با مفاهیم پایه هوش مصنوعی و علم پلیمر و همچنین ارائه دوره‌های تخصص‌تر در زمینه‌های یادگیری ماشین، یادگیری عمیق و شبیه‌سازی مواد پلیمری، برگزاری کارگاه‌های عملی برای آموزش استفاده از نرم‌افزارها و ابزارهای تخصصی مورد نیاز در این حوزه، تعریف پژوهه‌های تحقیقاتی مشترک با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، جذب فارغ‌التحصیلان ممتاز دانشگاه‌ها، برگزاری سمینارها و کنفرانس‌های تخصصی با حضور اساتید و پژوهشگران برجسته و...

هدف اصلی ما تربیت نیروی انسانی خلاق و نوآور است که بتوانند در مژهای دانش این حوزه فعالیت کنند و به توسعه فناوری‌های جدید کمک کنند. همچنین، تلاش می‌کنیم تا با ایجاد یک اکوسیستم قوی و پویا، زمینه را برای تجارت‌سازی دستاوردهای تحقیقاتی فراهم کنیم.

## ۷- با توجه به دو مبحث سازه‌های پلیمری و هوش مصنوعی، چه همکاری‌های میان‌رشته‌ای در این مرکز صورت می‌گیرد؟

ترکیب دو دنیای متفاوت پلیمر و هوش مصنوعی و ایده‌ی ایجاد یک مرکز تحقیقاتی در این دو حوزه به ظاهر دور از هم، بسیار نوآورانه و آینده نگرانه بود که می‌تواند منجر به دستاوردهای شگفت‌انگیزی شود. برای مثال، با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان خواص مختلف یک پلیمر را پیش‌بینی کرد و در نتیجه، طراحی پلیمرهای جدید با خواص دلخواه را تسريع بخشد و یا اینکه با تلفیق هوش مصنوعی و علم پلیمر، می‌توان مواد هوشمندی تولید کرد که قادر به پاسخ‌گویی به محرك‌های محیطی باشند.

در این مرکز، همکاری میان رشته‌های مختلف مهندسی صورت می‌گیرد اما مهم‌ترین اصل در این همکاری، تقسیم وظایف مناسب است. اگر توانیم پژوهه را میان افراد به خوبی تقسیم کنیم، چار چالش و همپوشانی وظایف می‌شویم. شاید مهندسی پلیمر در ظاهر بیشترین همکاری را داشته باشد اما اینطور نیست و دیگر رشته‌های مهندسی و حتی رشته‌های علوم پایه هم دخیل هستند.

## مصاحبه با رئیس اداری و منابع انسانی شرکت طب پلاستیک نوین



چه از طریق آموزش خارج از سازمان و چه از طریق آموزش داخل سازمان در راستای اهداف سازمانی و بهبود عملکرد، به آنها را ارتقا دهیم.  
۵. امور مربوط به قطع همکاری و اقدامات مربوط به آن از دیگر کارهایی میباشد که در واحد منابع انسانی انجام میشود.

۱- با سلام، سپاسگزاریم که دعوت ما را مبنی بر انجام مصاحبه قبول کردید. لطفاً خود را معرفی بفرمایید و در رابطه با زمینه کاری خود توضیح دهید.

سلام. مهسا اشتري، رئیس اداری و منابع انسانی شرکت طب پلاستیک نوین، در خدمت شما هستم. نزدیک به ۱۲ سال هست که در این حوزه فعالیت دارم و در حال حاضر در شرکت طب پلاستیک هستم و امور مربوط به حوزه اداری که شامل کارهای روزانه و منابع انسانی اعم از: ۱. جذب و استخدام که از طریق پلتفرم‌های جابویژن، ای استخدام، جایینجا و... و یا از طریق فراخوان در دانشگاه‌ها و یا گروه‌های صفحات مجازی ۲. اجتماعی سازی افراد که بعد از جذب نیرو یکی از مهم‌ترین اقدامات میباشد را انجام می‌دهیم که در حقیقت آشناسازی افراد با فرهنگ سازمانی، اهداف، قوانین و مقررات سازمانی میباشد.

۳. نگهداری نیروهای انسانی از دیگر اقدامات میباشد که در این زمینه یک سری اقدامات از جمله رفاهیات و مزايا، صورت گرفته.

۴. اقدام بعدی توسعه افراد میباشد. در این زمینه تلاش کردیم با شناسایی استعداد نیروها،

صرف شده است. عواملی اعم از شرایط اقتصادی نامناسب، عدم حقوق و مزایای مکفى، عدم تعادل بین کار و زندگی، عدم امنیت شغلی، عدم ارتقا، عدم اطلاع رسانی و شفافیت انتظارات از کارکنان، عدم قدردانی و ارزش نهادن به نیرو، عدم رضایت شغلی و محیط کار نامناسب موجب گردیده که تمایل افراد به کار کارمندی کمتر شود.

۴- شرکت طب پلاستیک، در مدرسه طب به همکاری با دانشگاهها می پردازد. آیا این همکاری را مثبت ارزیابی می کنید؟ در این مسیر چه چالش هایی داشتید؟

هدف از تاسیس مدرسه طب پل ارتباطی بین دانشگاه و صنعت بوده است. متاسفانه در دانشگاه های ما دروس فقط به صورت آکادمیک و تئوری تدریس می شوند و وقتی افراد فارغ التحصیل می شوند و می خواهند وارد بازار کار شوند با دنیای دیگری مواجه می شوند و اکثر سازمانها به دنبال جذب افراد با تجربه هستند. بنابراین در همین راستا ما با دانشگاهها از طریق بازدیدهای دانشجویی ارتباط گرفتیم تا دانشجویان هم زمان بتوانند آنچه را آموختند به صورت عملی در صنعت تجربه کنند و در صورت تمایل دوره های کارآموزی خود را در مدرسه طب بگذرانند و پس از آن می توانند در شرکت طب پلاستیک به عنوان کارمند شروع به کار کنند. ما بیشتر در این مدرسه سعی کردیم که درخواست های دانشجویان را بشنویم و بستری فراهم کنیم که بتوانند رشد کنند و انگیزه ای برای ورود به بازار کار داشته باشند چه از طریق

۲- در مدت زمانی که در واحد منابع انسانی مشغول به کار بودید، با چه چالش هایی مواجه شده اید؟ آیا این چالش ها خلل بزرگی در شرکت هایی که مشغول به فعالیت بودید، ایجاد کرده است؟

همانطور که مستحضر هستید، واحد منابع انسانی به واسطه ارتباطی که با پرسنل دارد، هر روز با چالش های زیادی مواجه می شود. مثل نارضایتی از طرف نیرو و یا مدیران و شکایت هایی که دارند. اما از اصلی ترین چالش هایی که می شود نام برد می توان به حفظ و نگهداری پرسنل، تغییرات سازمانی، حل مسئله، برخی از تفکرات اشتباہ مدیران، رفاه کارکنان و افت انگیزه در آنها و... اشاره کرد که هر کدام از این چالش ها می تواند به نوع خود می تواند در شرکت خلل ایجاد کنند. بنابراین یکی از وظایف مهم منابع انسانی حل مسئله بوده و بایستی از طریق ارتباط گرفتن موثر به برطرف کردن این مسائل بپردازد.

۳- به نظر شما، عمدت ترین دلایلی که امروز کشور با بحران منابع انسانی مواجه شده است، چه هستند؟

متاسفانه در سال های اخیر مسئله مربوط به جذب از چالش به یک بحران تبدیل شده و عوامل متعدد در این امر دخیل بوده اند. بنابراین شرکت ها بایستی بستر را در راستای حفظ و نگهداری پرسنل فراهم سازند زیرا در این زمینه هزینه و زمان زیادی از طرف شرکت برای نیروها

۶- به عنوان مدیر منابع انسانی، تلاش شما در راستای حفظ منابع انسانی در چه راستایی بوده است و چه اقداماتی انجام داده یا خواهید داد؟

در ابتدا برای اینکه بتوانیم در واحد منابع انسانی به حفظ و نگهداری نیروی انسانی کمک کنیم بایستی شنونده خوبی باشیم و پل ارتباط بین کارکنان و مدیران ارشد سازمان‌ها. دلیل استعفا بسیاری از کارکنان مدیران واحدها هستند تا حجم کاری، حقوق و مزایا و...

بسیاری از کارکنان تمایل دارند برای ارتقا خود با مدیران حمایتگر و مریض و با سازمان‌هایی که فرصت یادگیری و توسعه فردی را می‌دهند کار کنند.

در همین راستا ما در شرکت طب پلاستیک تلاش کردیم تا با انجام اقداماتی مانند: پرداخت مزایا به جای هرسه ماه به صورت ماهانه، تعطیلی پنجشنبه‌ها در راستای تعادل بین کار و زندگی، تفویض اختیار در راستای جانشین پروری، برگزاری دوره‌های آموزشی در راستای توسعه فردی و پرداخت کمک هزینه‌های ورزشی و... نسبت به رضایت کارکنان کوشباشیم.

۷- به عنوان سخن پایانی، پیرامون موضوع جمله‌ای را بفرمایید.

نیروی انسانی یکی از مهمترین سرمایه‌های سازمان است که نقش کلیدی در پیشرفت و یا عدم پیشرفت سازمان دارد. لذا حفظ و نگهداری نیروی

حمایت از پایان نامه‌ها و مقالات علمی مرتبط به حوزه کاری شرکت و چه از طریق جذب آن‌ها بعد از دوره کارآموزی. در حال حاضر با دانشگاه‌های صنعتی شهرود، سمنان، امیرکبیر، حکیم سبزواری، تهران در ارتباط هستیم و بازدیدهای دانشجویی صورت گرفته.

۵- توجه به دوره کارآموزی در مدرسه طب، لطفاً در رابطه با دوره‌های کارآموزی در این شرکت توضیح دهید.

هدف از دوره کارآموزی در مدرسه طب آماده سازی افراد برای حضور در بازار کار می‌باشد که علاوه بر دانشجویان، دانش آموزان هنرستانی که تمایل دارند تا دوره کارگاهی خود را (که ۲ روز در هفته می‌باشد) خارج از مدرسه بگذرانند، با تایید مدرسه و والدین خود در شرکت طب پلاستیک جذب شده و آموزش می‌بینند که در این راستا جهت ایجاد انگیزه، حقوق و مزایایی برای کارآموزان در نظر گرفته می‌شود که در حال حاضر افراد بسیاری در کارخانه طب پلاستیک واقع در شهرستان شهرود در واحد‌های فنی و مهندسی، تحقیق و توسعه و در دفتر مرکزی در واحد‌های حسابداری و IT مشغول به فعالیت هستند.

انسانی کارآمد و ارتقا و توسعه آن بسیار حائز اهمیت است. به همین دلیل در این خصوص بایستی بستر را به گونه‌ای فراهم کرد که در کارکنان رضایت ایجاد شود تا کارکنان وفادار به سازمان تربیت کنیم. پس باید انتظارات کارکنان را بشنویم، انتظارات سازمان از آنها را به صورت شفاف بیان کنیم، باید به کارکنان فرصت رشد بدھیم و به طور کلی نظام شایسته سالاری در سازمان داشته باشیم.





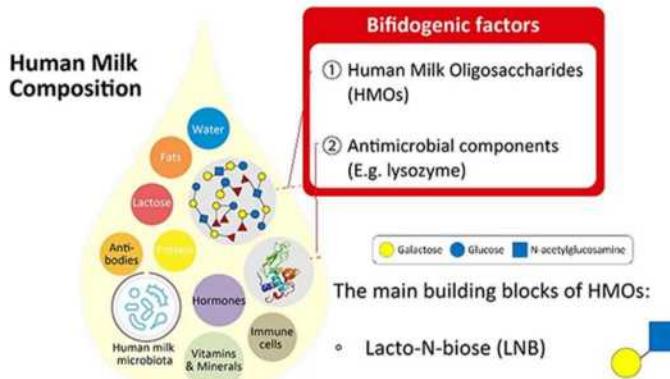
# بخش مقالات



## بررسی پتانسیل Lacto-N-Biose I به عنوان یک ماده پری‌بیوتیک در حفظ سلامت نوزادان و بررسی سنتز زیستی آن در یک بیوسامانه آنزیمی مصنوعی

### ۱. مقدمه

با توجه به اثر پری‌بیوتیکی LNB، این ماده پتانسیل استفاده در ترکیبات غذایی، بهویژه شیرخشک نوزادان را دارد. LNB را می‌توان با استفاده از آنزیم‌ها و میکروگانیسم‌ها نیز سنتز کرد. همچنین در این مقاله، بیوسامانه‌های آنزیمی ساخته شده در آزمایشگاه که خود یک بستر جایگزین برای سنتز زیستی هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرند تا از محدودیت‌هایی نظیر بارتلید ارگانیسم‌ها و تبدیل‌های پیچیده زیستی اطلاعات بیشتری حاصل گردد. این بسترهای آنزیمی، سرعت واکنش و بازده بالایی برای تولید محصول داشته و به همین علت، تقاضا برای آن‌ها در حال افزایش است [۴].



شکل ۱. مهمترین اجزا تشکیل دهنده شیر انسان [۵].

پری‌بیوتیک<sup>۱</sup>، عامل بسیار موثری برای پیشگیری از بیماری در نوزادان است. پری‌بیوتیک همواره به عنوان یک الیگوساکارید<sup>۲</sup> طبیعی در دسترس بوده و به عنوان یک مکمل برای غذا، نوشیدنی و شیرخشک به کار می‌رود [۱]. الیگوساکاریدهای شیر انسان<sup>۳</sup> (HMOs) فراوان‌ترین اجزاء جامد شیر انسان در کنار لاكتوز و لیپیدها هستند که بهندرت و با مقادیر درصد کمتری در شیر سایر پستانداران اهلی یافت می‌شوند [۲]. شکل ۱، اجزا تشکیل‌دهنده شیر انسان را نشان می‌دهد. این الیگوساکاریدها نقش کلیدی برای تقویت سیستم ایمنی نوزادان و جلوگیری از چسبندگی پاتوژن در آن‌ها دارند [۳]. لاكتو-N-بیوسی<sup>۴</sup> (LNB)، واحد اصلی سازنده HMOs بوده و نوعی پری‌بیوتیک محسوب می‌شود. از گذشته تاکنون، LNB و مشتقات آن، با روش‌های شیمیایی سنتز می‌شدنند. از نقاط ضعف این روش‌های شیمیایی، مراحل پیچیده و استفاده از عوامل سمی و نامناسب برای کاربردهای غذایی بوده است. HMOs نقش مهمی در حفظ سلامت نوزاد دارد.

<sup>۱</sup>Prebiotic

<sup>۲</sup>Oligosaccharide

<sup>۳</sup>Human Milk Oligosaccharides (HMOs)

<sup>۴</sup>Lacto-N-Biose I (LNB)

میکروارگانیسم‌های مفید ب) محافظت در برابر عفونت ج) کمک به رشد نابالغی روده د) کمک به سازگاری روده با شرایط محیطی. HMO به عنوان یک مؤلفه تقویت‌کننده سیستم ایمنی از کودکان در برابر عفونت محافظت می‌کند. تاثیر شیردهی بر سیستم ایمنی نوزادان ناشی از فوکوزیله<sup>۱۲</sup> پیوند الیگوساکارید است. الیگوساکاریدهای فوکوزیل شده می‌توانند از طریق مکانیسم‌های مختلف باعث مهار فعالیت سم اشريشیا کولی<sup>۱۳</sup> شده و از چسبندگی سلول‌های روده و بیماری اسهال جلوگیری کنند [۱].

## ۲.۲ HMO به عنوان یک ماده مغذی برای رشد مغز

بر اساس یافته‌ها، نوزادانی که در سن ۲ سالگی رشد بهتری داشته و در ۷ سالگی سطح هوش بالاتری دارند از شیر مادر تغذیه شده‌اند [۸]. رشد مغز تا حد قابل توجهی به اسید سیالیک و پلی سیالیک اسید گلیکوپروتئین وابسته است. اسید سیالیک یک عنصر حیاتی برای تشکیل و رشد مغز در قبل و بعد از زایمان است. شیرانسان غنی از اسید سیالیک است. بررسی‌ها حاکی از آن است که غلظت پروتئین متصل به سیالیک اسید در مغز

## ۲. الیگوساکاریدهای شیر انسان (HMOs) و فعالیت پری‌بیوتیک آن

HMO علاوه‌بر لاكتوز و چربی، خود یک واحد سازنده شیر انسان با ساختاری بسیار پیچیده است. بیوسترن HMO در غدد پستانی با تولید هسته لاكتوز گالاکتوز<sup>۵</sup> و  $\beta$ -گالاکتوترانسفراز<sup>۶</sup> در حضور  $\alpha$ -لکتالبومین<sup>۷</sup> که نقش کاتالیزور را برای گلوکز ایفا می‌کند، شروع می‌شود [۶]. HMO، خواص زیستی متنوعی دارد و از پنج گروه شامل مونوساکارید، D-گلوکز، GlcNAc<sup>۸</sup>، فوکوز<sup>۹</sup> و اسید سیالیک<sup>۱۰</sup> تشکیل شده است. HMO توسط آنزیمهای معده و روده کوچک امکان هیدرولیز ندارد. به دلیل پیچیدگی ساختار و شرایط دشوار سنتز، ترکیب HMO موجود در شیر انسان را نمی‌توان به راحتی در شیر خشک نوزادان تکرار کرد. HMO چیزی بیش از یک سوبیسترا<sup>۱۱</sup> بوده، زیرا رشد میکروارگانیسم‌های مطلوب در روده نوزاد را تسريع می‌کند [۷].

### ۱.۲. تاثیر HMO بر عملکرد روده و سیستم ایمنی بدن

برخی از قسمت‌های غیرقابل هضم HMO، به طور انتخابی توسط دستگاه گوارش برای متابولیسم میکروارگانیسم‌های مفید روده در بدن نوزاد جذب می‌شوند. فعالیت HMO، رشد میکروارگانیسم‌های روده نوزاد را بهتر از شیر خشک تقویت می‌کند. HMO اثرات مفیدی بر عملکرد روده نوزاد دارد: الف) رشد

<sup>۵</sup>M Lactose-galactose

<sup>۶</sup> $\beta$ -galactotransferase

<sup>۷</sup> $\alpha$ -lactalbumin

<sup>۸</sup>N-acetylglucosamine (GlcNAc)

<sup>۹</sup>L- Fucose

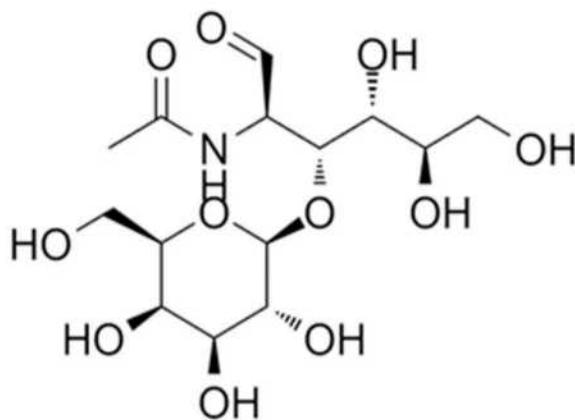
<sup>۱۰</sup>sialic acid

<sup>۱۱</sup>Substrate

<sup>۱۲</sup>Fucosylated

<sup>۱۳</sup>Escherichia coli

الیگوساکاریدهای نوع II در شیر سایر پستانداران شناسایی می‌شوند. علاوه بر این، LNB در چندین نوع سلول، از جمله سلول‌های اپیتیلیال<sup>۱۵</sup> در روده و آنتی‌ژن‌های گروه‌خونی نیز یافت می‌شود [۱].



شکل ۲. ساختار شیمیایی [۱]

#### ۴. سنتز LNB

سنتز LNB برای اولین بار در سال ۱۹۶۳ توسط فلورز و جیلونز معرفی و منجر به تولید مشتقات اسید مورامیک شد. سنتز LNB با هدف تولید محصولات با بازده و خلوص بالا توسعه یافته است. نتایج سنتز LNB به عنوان یک ماده غذایی نشان داد که ممکن است یک اثر پری‌بیوتیک بر روی فرمول ایجاد شود. علاوه بر این، تولید زمان کوتاهتری نسبت به آن چیزی که مورد انتظار بود به طول انجامید که نشان از موفقیت اولیه این سنتز داشت. شکل ۳ مقایسه بین مسیر بیوستنتزی آن در بدن انسان و سنتز آنزیمی LNB در آزمایشگاه را نشان می‌دهد [۱۰].

نوزادانی که با شیر مادر تغذیه می‌شوند به طور قابل توجهی بالاتر از مغز شیرخوارانی است که شیر آنها حاوی مقدار کمتری اسید سیالیک است. HMO حامل اصلی اسید سیالیک است که می‌تواند رشد مغز را تحریک کرده و نقش مهمی در سطح هوش نوزادانی که با شیر مادر تغذیه می‌شوند، ایفا می‌کند [۹].

#### ۳.۲ HMO و میکروارگانیسم‌های روده

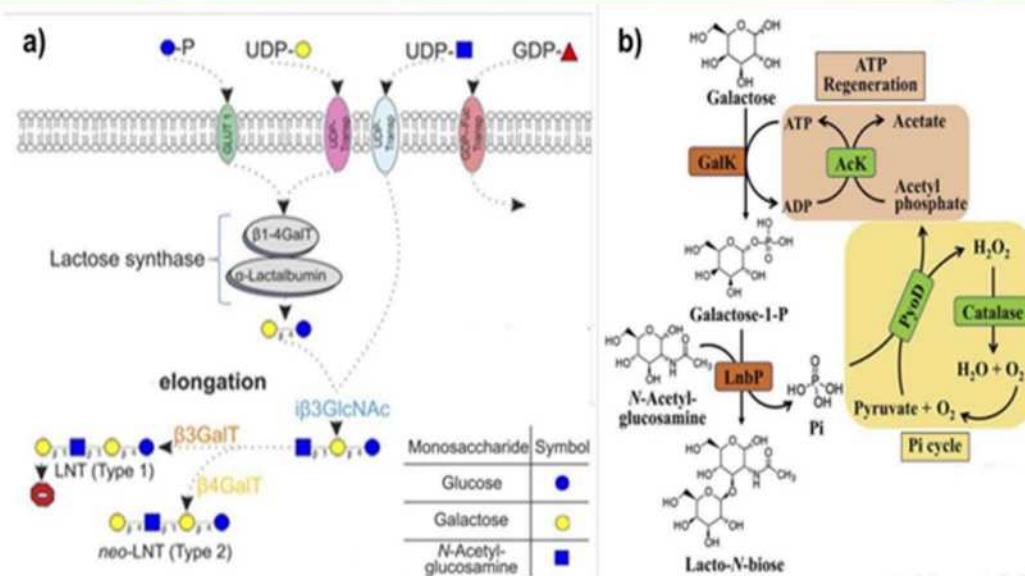
تعادل میکروارگانیسم‌ها در روده انسان، یکی از عوامل مهم در افزایش کارایی سیستم ایمنی بدن است. روده‌ها اندام‌هایی هستند که به تاثیرات محیطی حساس هستند. در دستگاه گوارش، میکروارگانیسم‌ها و اپیتلیوم<sup>۱۴</sup> روده ارتباط بسیار نزدیکی دارند. مکانیسم آن از طریق دیواره‌های مخاط روده رخ می‌دهد و میکروارگانیسم‌ها هم مفید و هم بیماری‌زا هستند [۶]. بنابراین، توجه به نقش HMO و تأثیر آن در رشد میکروارگانیسم‌های انتخابی در روده ضروری است.

#### ۳. لاكتو-N-بیوس (LNB)

LNB نوعی دی‌ساکارید در ساختار کربوهیدرات موجود روی HMO است. شکل ۲ ساختار شیمیایی LNB را نشان می‌دهد. این ترکیب در HMO وجود دارد اما به عنوان یک دی‌ساکارید آزاد و فعال در بلوك‌های سازنده الیگوساکاریدهای نوع I یافت نمی‌شود. الیگوساکارید نوع I فقط در شیر حیواناتی مانند میمون‌ها وجود دارد. این در حالی است که

<sup>۱۴</sup>Epithelium

<sup>۱۵</sup>Epithelial



شکل ۳. مقایسه مسیر بیوسنتز LNB در بدن انسان و سنتز آنزیمی آن در آزمایشگاه را نشان می‌دهد [۱].

## ۱.۴. سنتز آنزیمی (LNB)

نشاسته و <sup>۱۷</sup>GlcNAc ایجاد کردند [۱۱]. استفاده از آنزیم‌های مقاوم در برابر حرارت در بیوسیستم‌های آزمایشگاهی ضروری است. استفاده از این آنزیم‌ها دارای مزایایی همچون ساده‌سازی فرآیند رسوب حرارتی جهت خالص‌سازی آنزیم، کاهش احتمال آلدگی باکتری‌ها و کاهش ویسکوزیته محلول آبی واکنش در دمای بالای عملیاتی است. بهدلیل قیمت پایین و دسترسی آسان، نشاسته یک ماده اولیه ایده‌آل برای تولیدیستی LNB از طریق بیوسیستم آنزیمی مصنوعی به روش برونتی است. چن و همکاران نیز تحت شرایط بهینه شده، به ترتیب ۷۵/۰ و ۲۳/۲ گرم در لیتر LNB را از ۱/۱ و ۴/۴ گرم در لیتر GlcNAc در سامانه‌ای با مقدار ۲۹ اضافی نشاسته و با بازده مولی ۳۹ درصد و ۲۹ درصد بر حسب غلظت GlcNAc تولید کردند که

همانطور که به صورت خلاصه در جدول ۱ نشان داده شده است، تحقیقات مریوط به سنتز آنزیمی LNB همچنان ادامه دارد [۱]. LNB را می‌توان با استفاده از گلیکوستاز جدا شده از ترموس ترموفیلوس<sup>۱۶</sup>، از طریق مکانیسم‌های ترانس نیز سنتز کرد. نیشی موتو و همکاران در سال ۲۰۰۷ LNB را با استفاده از ۴ آنزیم مقاوم به حرارت در مدت ۷۰۰ ساعت تولید کردند [۱۱]. انتظار می‌رود چنین روش‌هایی در مقیاس صنعتی با استفاده از یک سیستم بیوراکتور با یک سامانه آنزیمی ناپیوسته استفاده شوند [۱۲]. این یافته‌ها خود برای تقویت این فرضیه قبل استفاده هستند که در شیرخشک‌های نوزاد، LNB ممکن است به عنوان یک افزودنی‌غذایی مشابه LNB موجود در شیر انسان استفاده شود. در پژوهش دیگر، نیشی موتو و همکاران، یک بیوسیستم آبشاری چهار آنزیمی را برای تولید LNB از

<sup>۱۶</sup>Thermus thermophilus

<sup>۱۷</sup>N-acetylglucosamine (GlcNAc).

خود تاییدی بر امکان سنجی این بیوسیستم آنزیمی مصنوعی برونتنس، برای سنتز LNB است [۴].

جدول ۱: انواع روش‌های سنتز آنزیمی LNB به همراه مقدار بازده آنها [۱].

میکروارگانیسم	آنزیم	سوبسکترا	بازده٪
Thermus thermophilus	Transglycosidase	GlcNAc	80
Bifidobacterium bifidum	Lacto-N-biose I (LNB)	Gal1P and GlcNAc	76
Bifidobacterium bifidum	Sucrose phosphorylase, GalT, GalE, and LNBP	GlcNAc and Gal1P	96.9

به دلیل اینکه فسفوریلاسیون قادر است که مستقیماً قند فسفریله شده را تولید کند این انرژی را می‌توان در شرایط بی‌هوایی، از بستری که انرژی آن از سایر قندها بیشتر است، به دست آورد [۱۳].

#### ۵. نتیجه

HMO یکی از اجزای اصلی شیر است که نقش مهمی به عنوان یک منبع تامین‌کننده مواد مغذی و نیز پری‌بیوتیک برای میکروارگانیسم‌های LNB روده نوزاد در جهت بهبود سلامتی دارد. LNB یک دی‌ساکارید است که در تعداد بالا به ساختار هسته HMO متصل است. علاوه بر این، LNB با تحريك رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌هایی مانند بیفیدوباکتری<sup>۱۹</sup> که برای سلامتی

#### ۲.۴. آنزیم‌های مورد استفاده در سنتز LNB

آنزیم به عنوان یک کاتالیزور در واکنش عمل می‌کند. در شرایط خاص، واکنش‌های شیمیایی که در حضور یک کاتالیزور انجام می‌شوند، می‌توانند سریع‌تر انجام گیرند. در سنتز LNB، آنزیم نقش مهمی در کاتالیز واکنش‌های شیمیایی ایفا می‌کند. استفاده از آنزیم‌هایی که به سنتز LNB کمک می‌کنند، بستگی به روش سنتز دارد [۱۰]. برخی از آنزیم‌ها معمولاً در مسیر حرکت LNB در بدن وجود داشته تا واکنش در میکروارگانیسم‌های روده نوزاد رخ داده و LNB را به عنوان یک منبع مهم برای رشد نوزاد، تجزیه کنند. فسفوریلاز<sup>۱۸</sup> به طور کلی می‌تواند قند را به عنوان سوبسکترا هیدرولیز کند که نقش مهمی به عنوان منبع انرژی، به ویژه برای باکتری‌های بی‌هوایی ایفا می‌کند.

<sup>۱۸</sup> Phosphorylase

<sup>۱۹</sup> Bifidobacteria



مفید هستند، دارای فعالیت پریوتویکی نیز می باشد. LNB پتانسیل بالایی برای استفاده به عنوان مکمل غذایی بهخصوص برای شیر خشک نوزادان دارد. علاوه بر این، LNB را می‌توان به صورت آنزیمی، شیمیایی و کوآنزیمی<sup>۲۰</sup> توسط میکروارگانیسم‌ها سنتز کرد. سنتز LNB به طور گسترده‌ای برای به دست آوردن بهره‌وری و کارایی بالا توسط محققین در حال انجام است. اگرچه برخی از روش‌ها نیازمند زمان پردازش طولانی با مرحله پیچیده هستند، اما می‌توان از سیستم پیوسته یا سیستم سنتز یکجا<sup>۲۱</sup> برای حل این مشکل استفاده کرد. در آینده تولید LNB در مقیاس بزرگ نیز باید تجاری‌سازی شود. علاوه بر این، به عنوان یک عامل پریوتویک، LNB به دلیل عملکرد ویژه خود ممکن است که به عنوان یک مکمل غذایی مورد استفاده قرار گیرد. این کاربرد آن به عنوان یک افزودنی غذایی در شیر خشک نوزاد مربوط می‌شود. بنابراین لازم است که پس از بررسی توسط نهادها و سازمان‌های مربوطه، مقررات و مجوزهای مربوط به مصرف LNB برای افزایش پتانسیل استفاده از آنها در مواد غذایی صادر شود.



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

<sup>۲۰</sup>Coenzyme

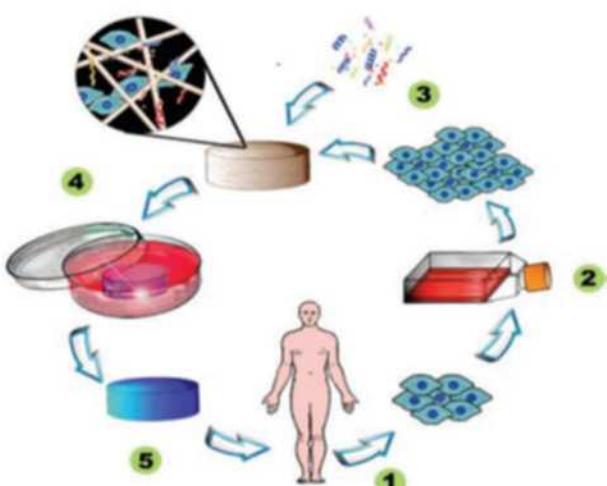
<sup>۲۱</sup>One-pot synthesis





## هیدروژل و مهندسی بافت

بازسازی بافت که از توانایی خودترمیمی بدن فراتر می‌رود، با ارائه انواع سلول‌های مرتبط با بازسازی بافت به ناحیه آسیب‌دیده مفید است؛ با این حال، تنها تأمین سلول‌ها کافی نیست و سلول‌ها باید با سایر سلول‌ها و ماتریکس خارج سلولی<sup>۱</sup> تعامل داشته باشند تا بتوانند زنده بمانند و به درستی کار کنند. بنابراین، مواد مهندسی بافت که



شکل ۱. شماتیک کلی استراتژی مهندسی بافت. (۱) سلول‌ها از بیمار جدا می‌شوند و (۲) در کشت دوبعدی گسترش می‌یابند. (۳) سپس سلول‌های منبسط شده با مولکول‌های مختلف زیست فعال طبیعی یا مهندسی شده (مانند فاکتورهای رشد، تانوژرات یا DNA) در داربست‌های زیست سازگار ترکیب می‌شوند و (۴) در شرایط آزمایشگاهی تحت شرایط کشت خاص برای ترویج تشكیل بافت کشت می‌شوند. (۵) در نهایت، سازه‌های مهندسی بافت عملکردی برای جایگزینی بافت آسیب‌دیده در اهداکننده کاشته می‌شود.<sup>[۱]</sup>

<sup>۱</sup>Extracellular Matrix (ECM)

### ۱. مقدمه

سالانه میلیون‌ها بیمار در اثر تصادف یا بیماری دچار از دست دادن یا نارسایی یک عضو یا بافت می‌شوند. پیوند بافت یا عضو، یک درمان پذیرفته شده برای درمان این بیماران است. با این حال، این رویکرد به دلیل کمبود اهداکنندگان بسیار محدود است. مهندسی اندام‌ها یا بافت‌های ساخته دست بشر یک استراتژی هیجان‌انگیز و انقلابی برای درمان بیمارانی که به اندام یا بافت جدید نیاز دارند، است. (شکل ۱)

در این روش، سلول‌های خاص بافت از یک نمونه بافت کوچک از بیمار جدا شده و در شرایط آزمایشگاهی برداشت می‌شوند. سلول‌ها متعاقباً در داربست‌های پلیمری سه‌بعدی قرار می‌گیرند که به عنوان آنالوگ ماتریس‌های خارج سلولی طبیعی موجود در بافت‌ها عمل می‌کنند. این داربست‌ها، سلول‌ها را به محل مورد نظر در بدن بیمار می‌رسانند، فضای را برای تشکیل بافت جدید فراهم می‌کنند و به طور بالقوه ساختار و عملکرد بافت مهندسی شده را کنترل می‌کنند.<sup>[۲, ۳]</sup>

از داربست‌های هیدروژل در کاربردهای مختلفی از جمله ترویج رگزایس و کپسوله‌سازی سلول‌های ترشحی تحويل داده می‌شوند. در نهایت، داربست‌های هیدروژلی برای پیوند سلول‌ها و مهندسی تقریباً تمام بافت‌های بدن، از جمله غضروف، استخوان و ماهیچه‌های صاف استفاده می‌شوند.<sup>[۵]</sup>

### ۲.۲. دسته‌بندی هیدروژل‌ها

هیدروژل‌ها که در حال حاضر یا با کاربردهای بالقوه در مهندسی بافت استفاده می‌شوند، بر اساس منشاء طبیعی یا مصنوعی به دو دسته تقسیم می‌شوند. هیدروژل‌های حاصل از پلیمرهای طبیعی به‌طور گسترده برای رویکردهای مهندسی بافت استفاده می‌شود. با این حال، محدودیت‌های ژلهای حاصل از پلیمرهای طبیعی، رویکردهایی را برای اصلاح این پلیمرها و همچنین استفاده از پلیمرهای مصنوعی مختلف ایجاد کرده است. طیف وسیعی از پلیمرهای مصنوعی ممکن است به طور بالقوه خواص شیمیایی و فیزیکی مناسبی برای این کاربردها داشته باشند.<sup>[۵]</sup>

### ۳. روش‌های ساخت

در مورد روش‌های ساخت، علاوه بر روش مرسوم ایجاد شکل با ژل‌کردن در قالب یا پس از تزریق در ناحیه بافت معیوب، فناوری چاپ سه‌بعدی به طور فعال برای ساخت ساختارهای پیچیده

محیط‌های اطراف شبیه به ماتریکس خارج سلولی را برای بازسازی بافت فراهم می‌کنند، برای بیان موفقیت‌آمیز عملکردهای بیولوژیکی سلول‌ها در بدن ضروری هستند.<sup>[۴]</sup>

### ۲. هیدروژل

هیدروژل یک اصطلاح عمومی برای ساختار شبکه سه‌بعدی است که عمدتاً از پلیمرهای حاوی آب به عنوان حلal تشکیل شده است. این ساختار شبکه از طریق پیوندهای متقابل پلیمرها از طریق برهمنش‌های کووالانسی و غیرکووالانسی تشکیل می‌شود. بنابراین، پلیمرهای مصنوعی زیست‌سازگار و زیست تخریب‌پذیر و اغلب پلیمرهای طبیعی، به عنوان مواد اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند.<sup>[۴]</sup>

### ۱.۲. کاربرد هیدروژل

هیدروژل‌ها در زمینه مهندسی بافت عملکردهای متفاوتی دارند. آن‌ها به عنوان عوامل پرکننده فضای، وسایل نقلیه تحويل برای مولکول‌های زیست‌فعال و ساختارهای سه‌بعدی که سلول‌ها را سازماندهی می‌کنند و محرك‌هایی را برای هدایت تشکیل بافت مورد نظر ارائه می‌دهند، استفاده می‌شوند. مواد پرکننده فضای ساده‌ترین گروه داربست‌ها هستند و در کاربردهای مختلفی از جمله حجمیم‌سازی، جلوگیری از چسبندگی و به عنوان «چسب» بیولوژیکی استفاده می‌شوند. علاوه بر این، مولکول‌های فعال زیستی از

بافت مناسب می‌کند.

محصولات پزشکی احیا کننده، به ویژه آن‌هایی که در رابطه‌ای بیولوژیکی استفاده می‌شوند که با اجزای بیولوژیکی مانند بافت زنده یا مایعات بدن (به عنوان مثال، مواد داریست) در تماس هستند، باید به دقت از نظر زیست‌سازگاری اجزا و محصولات آن‌ها ارزیابی شوند. زیست‌سازگار بودن یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های آن‌ها باید باشد، یعنی عدم شناسایی ماده به عنوان یک ماده خارجی توسط بدن ضروری است و بر اساس عملکرد آن انتخاب می‌شود. به عبارت دیگر، علاوه بر شکل مناسب، خواص مکانیکی و آب دوستی برای حمایت از بازسازی بافت، توانایی زیست‌تخربی‌پذیری با توجه به بافت هدف یا استراتژی بازسازی مهم است. زیست‌سازگاری ذاتی و فعالیت بیولوژیکی پلیمرهای طبیعی آنها را به کاندیدهای امیدوارکننده‌ای برای بیومواد تبدیل می‌کند که از نظر عملکردی ترکیب و ساختار ماتریکس‌های خارج سلولی ایده‌آل را تقلید می‌کنند. علاوه بر این، درجه سازگاری و مکانیسم بیان، اغلب تجربی و به دلیل تنوع محیط زیستی حل نشده است. در پلیمرهای طبیعی مشتق شده از سایر گونه‌های جانوری، گاهی اوقات اجتناب از سمیت یا کاهش سمیت ناشی از

استفاده می‌شود. به عنوان مثال، در هیدروژلهای نه تنها می‌توان سلول‌ها یا مواد فعال زیستی را اضافه کرد و آنها را چاپ کرد، بلکه می‌توان محلول‌های پلیمری مختلف را برای اهداف تخریب یا رفتار رهایش پایدار ترکیب کرد. رسوب دقیق لایه‌ها در مقیاس میکرو، توسط ماشین همچنین می‌تواند برای ساخت اشکال پیچیده با بعد دقيق طبق يك نقشه استفاده شود[۶].

چاپ سه‌بعدی معمولی، معمولاً شامل نوشتن جوهر مستقیم<sup>۲</sup>(DIW) یا مدل‌سازی رسوب ذوب شده<sup>۳</sup>(FDM) است که در آن جوهر اکسیترود می‌شود. پرینت چهار بعدی، توسط دانشمندان در سال ۲۰۱۳ به عنوان بعد چهارم پیشنهاد شد. طراحی همه چیز از ساختارهای مواد گرفته تا مکانیسم‌های برهمنکنش، متناسب با هدف به دست می‌آید تا ساختار چاپی وقتی در معرض حرکت‌های خارجی برای مدت زمان مناسب قرار می‌گیرد، مورفو‌لوزی، خواص و عملکرد خود را تغییر دهد[۴].

## ۱.۳.۲. هیدروژلهای طبیعی

پلیمرهای طبیعی اغلب زیست‌تخربی‌پذیر هستند و طیف وسیعی از خواص التهابی و غیر سمی‌بودن را نشان می‌دهند که مواد و محصولات تخریب آنها را برای القای بازسازی

<sup>۲</sup>Thcos Direct Ink Writing

<sup>۳</sup>Fused deposition modeling

پلیمرهای مصنوعی در خواص مکانیکی و فیزیکی خود قابل پیش‌بینی و تکرار هستند زیرا در شرایط کنترل شده سنتز می‌شوند. از آنجایی که آن‌ها مصنوعی هستند، هیچ خطر ایمنی ندارند. پلی استرهای آلیفاتیک متداول‌ترین پلیمرهای مصنوعی مورد استفاده برای مهندسی بافت استخوان هستند و شامل پلی‌کاپرولاتون (PCL)، پلی‌لاکتید (PLA)، اسید پلی‌گلیکولیک (PGA) و کوپلیمرهای آن‌ها می‌باشند.<sup>[۷]</sup>

### ۳. مهندسی بافت

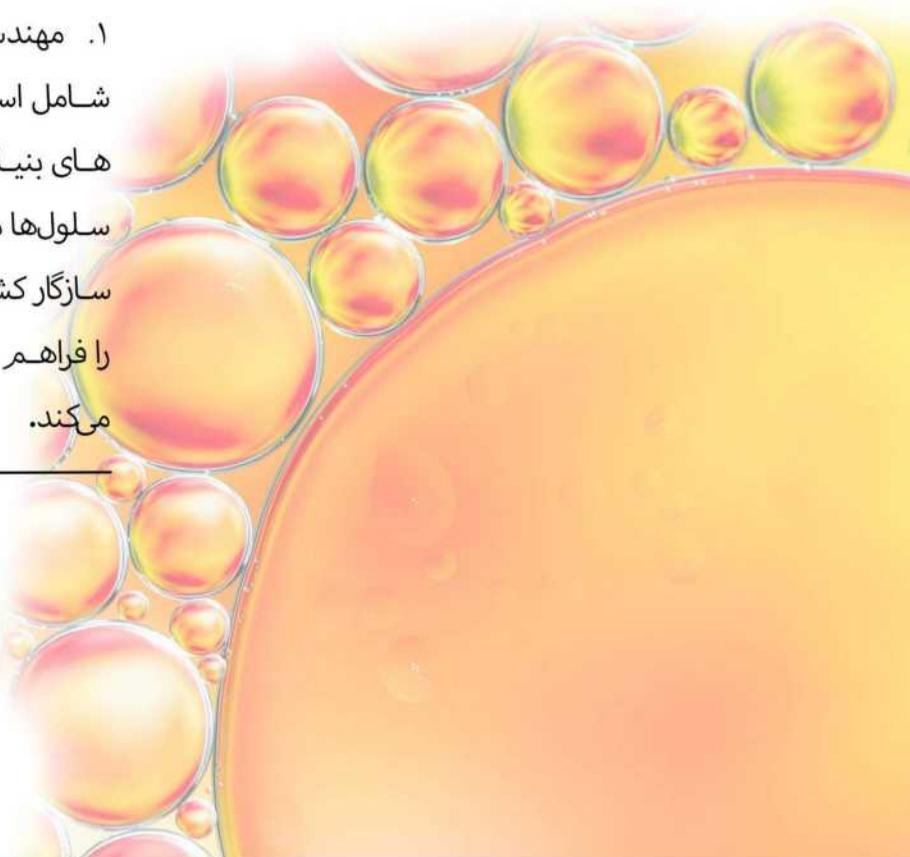
مهندسی بافت یک رشته چند رشته‌ای است که شامل استفاده از سلول‌های زنده، مهندسی و علم مواد برای توسعه بافت‌ها و اندام‌های عملکردی به منظور جایگزینی یا ترمیم بافت‌ها و اندام‌های آسیب‌دیده یا بیمار در بدن انسان است. انواع مختلف از مهندسی بافت وجود دارد، از جمله:

۱. مهندسی بافت مبتنی بر سلول: این رویکرد شامل استفاده از سلول‌های زنده مانند سلول‌های بنیادی برای تولید بافت‌های جدید است. سلول‌ها معمولاً در داریست یا ماتریکس زیست سازگار کشت داده می‌شوند که پشتیبانی ساختاری را فراهم می‌کند و رشد و تمایز سلول را تقویت می‌کند.

واکنش‌های جسم خارجی ناشی از منشاء ماده مهم است. با این حال، آنها به دلیل سیتووفیلیسیتی<sup>۴</sup> فراوان، غیرسمی‌بودن، آبدوستی و دردسترس‌بودن، هنوز در تعداد فزاینده‌ای در حال مطالعه هستند و بسیاری از آن‌ها در حال حاضر به صورت تجاری در دسترس هستند [۴].

### ۲.۲.۲. هیدروژل‌های مصنوعی

هیدروژل‌های ساخته شده از پلیمرهای مصنوعی مختلف برای کاربردهای مختلف مهندسی بافت توسعه داده شدند. هیدروژل‌های مبتنی بر پلیمرهای طبیعی کاستی‌های بسیاری از جمله دشواری خالص‌سازی، ایمنی‌زایی و انتقال بیماری زارانشان داده‌اند. اگرچه می‌توان بر برخی از این کاستی‌ها غلبه کرد، اما کنترل بیشتر بر ویژگی‌های مواد و پاسخ‌های بافتی در هنگام استفاده از هیدروژل‌های مبتنی بر پلیمرهای مصنوعی قابل دستیابی است.



<sup>۴</sup>Cytophilicity

۵. مهندسی بافت با استفاده از بیومواد: بیومواد موادی هستند که می‌توانند برای حمایت و هدایت رشد سلول‌ها و بافت‌ها مورد استفاده قرار گیرند. می‌توان از آن‌ها برای ایجاد داریست، ماتریس یا پوشش برای وسایل پزشکی مانند ایمپلنت یا پروتز استفاده کرد.<sup>[۸]</sup>

بافت‌ها یا اندام‌ها می‌توانند به طور بالقوه از طریق تعدادی رویکرد توسعه یابند. متداول‌ترین رویکرد (شکل ۲) شامل جداسازی سلول‌های خاص بافت از نمونه بافت کوچک بیمار و برداشت در شرایط آزمایشگاهی است. سلول‌های جدا شده سپس گسترش یافته و در داریست‌های سه‌بعدی کاشته می‌شوند که ماتریس‌های خارج سلولی طبیعی هدف را تقلید می‌کنند.

عملکردهای کلیدی این داریست‌ها عبارتند از (الف) رساندن سلول‌های بذر به محل مورد نظر در بدن بیمار، (ب) تحریک فعل و انفعالات مواد زیستی، (ج) افزایش چسبندگی سلول، (د) اجازه انتقال کافی گازها، مواد مغذی و فاکتورهای رشد برای اطمینان از بقا، تکثیر و تمایز سلول، (۵) ایجاد میزان التهاب یا سمیت ناچیز در داخل بدن، و (۶) کنترل کردن ساختار و عملکرد بافت مهندسی شده<sup>[۹]</sup>.

۲. مهندسی بافت مبتنی بر داریست: در این رویکرد از داریست یا ماتریس زیست‌سازگار برای ارائه پشتیبانی ساختاری برای سلول‌ها استفاده می‌شود. داریست را می‌توان از مواد مختلفی از جمله پلیمرهای مصنوعی، پلیمرهای طبیعی یا ترکیبی از هر دو ساخته شود. داریست طوری طراحی شده است که در طول زمان با رشد بافت جدید تخریب می‌شود و به بافت اجازه می‌دهد تا تکیه‌گاه ساختاری را به دست بگیرد.

۳. مهندسی بافت با استفاده از پرینت سه‌بعدی: از فناوری چاپ سه‌بعدی می‌توان برای ایجاد داریست‌ها و ساختارهای پیچیده برای مهندسی بافت استفاده کرد. داریست‌ها را می‌توان با ویژگی‌های خاصی مانند تخلخل و استحکام مکانیکی برای حمایت از رشد و تمایز سلول‌ها طراحی کرد.

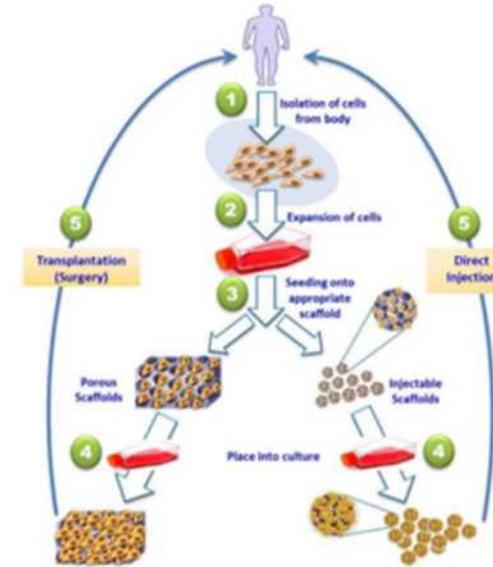
۴. مهندسی بافت با استفاده از سلول‌های بنیادی: سلول‌های بنیادی سلول‌های تمایز نیافته‌ای هستند که توانایی تمایز به انواع سلول‌ها را دارند. می‌توان از آن‌ها برای تولید بافت‌ها و اندام‌های جدید استفاده کرد، زیرا می‌توانند برای تمایز به انواع سلول‌های خاص مانند استخوان، غضروف یا سلول‌های عصبی برنامه‌ریزی شوند.

توجه یا ایجاد پاسخی که از عملکرد مطلوب آن می‌کاهد، مربوط می‌شود. این ممکن است به ویژه مشکل‌ساز باشد؛ زیرا پاسخ التهابی به یک هیدروژل می‌تواند بر پاسخ ایمنی به سلول‌های پیوند شده و بالعکس تأثیر بگذارد.

خواص هیدروژل‌ها پارامترهای طراحی مهم در مهندسی بافت هستند، زیرا ژل باید فضایی را برای رشد بافت ایجاد و حفظ کند. علاوه بر این، چسبندگی و بیان ژن سلول‌ها ارتباط تنگاتنگی با خواص مکانیکی داریست پلیمری دارد. خواص مکانیکی هیدروژل‌ها عمداً به سفتی اصلی زنجیره‌های پلیمری، انواع مولکول‌های اتصال عرضی و چگالی اتصال متقابل بستگی دارد. تخریب کنترل شده هیدروژل‌ها نیز در مهندسی بافت بسیار مهم است، چه ژل‌ها از منابع طبیعی منشا گرفته شوند یا به صورت مصنوعی ایجاد شده باشند. به طور معمول، بدن بیمار مایل است که سرعت تخریب داریست را با توسعه بافت هماهنگ کند و این زمان به نوع بافتی که باید مهندسی شود بستگی دارد.<sup>[۴]</sup>

## ۵. کاربرد هیدروژل‌ها در مهندسی بافت

اخیراً تعداد قابل توجهی از تحقیقات بر روی استفاده از هیدروژل‌ها برای کاربردهای مختلف در مهندسی بافت متمرکز شده است. به عنوان مثال، هیدروژل‌ها به عنوان داریستهایی استفاده شده‌اند که ماتریکس‌های خارج سلولی را تقلید



شکل ۲. تصویر شماتیک از رایج‌ترین رویکردهای مهندسی بافت، سلول‌های بافتی از یک نمونه‌برداری کوچک از بیمار جدا می‌شوند، در شرایط آزمایشگاهی گسترش می‌یابند، در یک داریست با طراحی خوب کاشته می‌شوند و از طریق تزریق یا از طریق کاشت در محل مورد نظر با استفاده از جراحی به بیمار پیوند داده می‌شوند. [۹]

## ۴. اهمیت هیدروژل‌ها در مهندسی بافت

هیدروژل‌ها در مهندسی بافت باید تعدادی از معیارهای طراحی را برآورده کنند تا عملکرد مناسبی داشته باشند و تشکیل بافت جدید را تقویت کنند. این معیارها شامل پارامترهای فیزیکی کلاسیک (به عنوان مثال، تخریب و مکانیک) و همچنین پارامترهای عملکرد بیولوژیکی (به عنوان مثال، چسبندگی سلول) است. یک پارامتر کاملاً حیاتی، زیست‌سازگاری هیدروژل‌ها است. زیست‌سازگاری به توانایی ماده برای وجود در بدن بدون آسیب رساندن به سلول‌های مجاور یا منجر به زخم‌های قابل

## ۲.۵. داریست به عنوان حامل سلولی

داریستهای هیدروژلی برای تحویل سلول و توسعه بافت جذاب هستند؛ زیرا شبکه‌های سه بعدی پلیمری بسیار هیدراته هستند که مکانی مناسب را برای چسبیدن، تکثیر و تمایز سلول‌ها به شمار می‌آید. آن‌ها همچنین می‌توانند سیگنال‌های شیمیایی را از طریق ترکیب فاکتورهای رشد و سیگنال‌های مکانیکی با دستکاری خواص مکانیکی مواد به سلول‌ها ارائه دهند. در حال حاضر داریستهای هیدروژلی در تلاش برای مهندسی طیف وسیعی از بافت‌ها از جمله غضروف، استخوان، ماهیچه، چربی، کبد و نورون‌ها استفاده می‌شود.<sup>[۱۰]</sup>

## ۳.۵. داریست

هیدروژل‌ها را می‌توان در مهندسی بافت مستقیماً پس از آماده‌سازی (با یا بدون گیر افتادن سلولی) و یا پس از فرمولاسیون به عنوان داریست استفاده کرد. داریستهای مبتنی بر هیدروژل دسته بسیار مهمی از داریست‌ها هستند، زیرا می‌توانند ویژگی‌های مکانیکی خود را برای تنظیم کنند. داریستهای هیدروژلی به طور خاص برای ایجاد ساختارهای حجیم و مکانیکی برای ساختار بافت استفاده می‌شوند، چه سلول‌ها در چارچوب هیدروژل سه‌بعدی معلق باشند و یا به آن چسبیده باشند.<sup>[۹]</sup>

می‌کنند، تا یکپارچگی ساختاری برای سازماندهی سلولی ایجاد کنند، برای محصورسازی و تحویل سلول‌ها، به عنوان موائع بافتی و چسبهای زیستی عمل کنند، به عنوان مخازن برای داروها، و برای تحویل مواد فعال زیستی که فرآیند ترمیم طبیعی را تسريع می‌کنند.<sup>[۹]</sup>

## ۱.۵. تحویل دارو

یکی از رایج‌ترین کاربردهای هیدروژل‌ها استفاده از آن‌ها به عنوان انبارهای دارویی موضعی است. این امر به ماهیت بسیار آبدوست، زیست سازگاری و توانایی کنترل و تحریک آزادسازی دارو از طریق تعامل با محرک‌های زیست‌مولکولی نسبت داده می‌شود. علاوه بر این، سینتیک تحویل را می‌توان با توجه به برنامه آزادسازی دارو مورد نظر از طریق کنترل درجه تورم، میزان اتصال عرضی و نرخ تجزیه زیستی هیدروژل‌ها مدیریت کرد. هیدروژل‌های قابل پلیمریزاسیون عکس به دلیل توانایی آن‌ها در چسبیدن و انطباق با بافت هدف در هنگام تشکیل در محل، به ویژه برای دارورسانی موضعی جذاب هستند. علاوه بر این، توانایی دارورسانی هیدروژل‌ها می‌تواند همزمان با عملکرد آنها به عنوان لایه مانع، همانطور که قبلًا توضیح داده شد، برای تحویل داروها به صورت موضعی و در عین حال مهار هرگونه چسبندگی پس از عمل استفاده شود.<sup>[۹]</sup>

## ۶. چالش‌ها و جهت‌گیری‌های آینده

هیدروژل‌ها به دلیل خواص منحصر به فرد خود، نقش مهمی در پیشرفت مهندسی بافت ایفا می‌کنند. از آنجا که هیدروژل‌ها می‌توانند به عنوان داربست‌های سه‌بعدی عمل کنند که سلول‌ها را سازماندهی و رشد می‌دهند، آن‌ها امکان ترمیم و بازسازی بافت‌های آسیب‌دیده را فراهم می‌آورند. همچنین، توانایی ترکیب پلیمرهای طبیعی و مصنوعی برای ایجاد هیدروژل‌هایی با خواص مطلوب، این مواد را برای کاربردهای متنوع در مهندسی بافت مناسب می‌سازد. فناوری‌های نوین مانند چاپ سه‌بعدی و پرینت چهار بعدی نیز امکان ساخت ساختارهای پیچیده‌تر و دقیق‌تر را می‌دهند که می‌توانند به طور خاص برای بافت‌های هدف طراحی شوند. در نهایت، توسعه هیدروژل‌ها و استراتژی‌های مهندسی بافت می‌تواند به بهبود قابل توجهی در درمان‌های پزشکی و کیفیت زندگی بیماران منجر شود.



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.



## رویدهای بیوانفورماتیک و بیوهیدروژن

### ۱. مقدمه

باشد؛ زیرا در طبیعت غیرآلینده است و با سوختن خود، آبی تشکیل می‌دهد که می‌تواند بیشتر مورد استفاده مجدد قرار گیرد. علاقه به  $H_2$  برای استفاده از آن فقط به عنوان منبع انرژی محدود نمی‌شود، زیرا  $H_2$  به طور گستردۀ برای تولید مواد شیمیایی، هیدروژنه‌کردن چربی‌ها، تجارت مواد غذایی برای تولید مارگارین و برای گوگرد زدایی و فرمولاسیون مجدد بنزین در پالایشگاه‌ها استفاده می‌شود [۲].

تولید بیوهیدروژن (BHP)<sup>۱</sup> نقش مهمی را در این قضیه ایفا می‌کند، زیرا به عنوان پاک‌ترین سوخت بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای در هنگام احتراق در نظر گرفته می‌شود. این روش تولید باعث استفاده از میکرو ارگانیسم‌های می‌شود که تمایل به تولید  $H_2$  از زیست‌توده لیگنوسلولزی<sup>۲</sup> و مواد زائد دارند. این مواد منبع عالی قندهای قابل تخمیر هستند و به شکلی پیچیده و به سختی قابل هضم هستند [۳,۴]. روش‌های بیوفوتولیز<sup>۳</sup> مستقیم یا غیرمستقیم، فتوفرمتاسیون و تخمیر تاریک برای BHP

بیش از ۹۵ درصد از انرژی مورد نیاز جهان متکی به سوخت‌های فسیلی نظیر زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی است. در اثر انتشار آلینده‌ها استفاده گستردۀ از آن‌ها باعث ایجاد تغییرات چشمگیری در جو شده است. احتراق سوخت‌های فسیلی باعث آلودگی هوا، باران‌های اسیدی، افزایش سطح ازن تروپوسفر، کاهش ازن استراتوسفر، اثر گلخانه‌ای و در نتیجه گرمایش جهانی می‌شود. متأسفانه این سوخت‌ها محدود و به طور نابرابر در سراسر جهان توزیع شده‌اند. در حال حاضر، نرخ مصرف جهانی انرژی در محدود  $16/3$  تریلیون وات است که ایالات متحده آمریکا و اتحادیه اروپا هر کدام حدود ۴۰ درصد از این میزان را تشکیل می‌دهند [۱]. صنعتی‌شدن کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه، همراه با افزایش جمعیت جهان، تقاضای انرژی در سراسر جهان را به صورت چشمگیری افزایش داده است. در حال حاضر مجموعه‌ای از منابع سوختی وجود دارد که منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان جایگزینی برای غلبه بر اکثر چالش‌ها پیشنهاد می‌شوند. تصور می‌شود که  $H_2$  امیدوارکننده‌ترین سوخت آینده

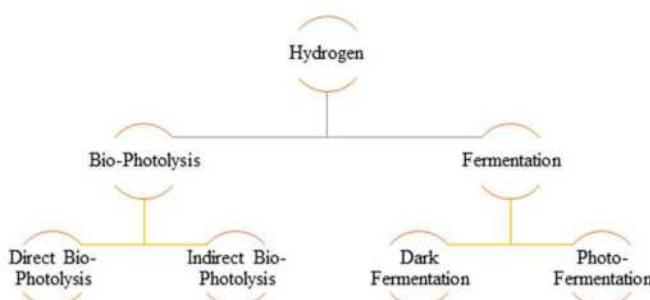
<sup>۱</sup> Biohydrogen production

<sup>۲</sup> Lignocellulose

<sup>۳</sup> Biophotolysis

## ۲. روش‌های تولید بیوهیدروژن

دسته‌بندی انواع روش‌های تولید هیدروژن در شکل ۱ نشان داده شده است. روش‌های بیوفوتولیز<sup>۴</sup> مستقیم یا غیرمستقیم، فتوفرمتاسیون و تخمیر تاریکی برای BHP قابل استفاده هستند.



شکل ۱. انواع روش‌های تولید بیوهیدروژن [۸]

### ۱.۲. بیوفوتولیز

روش بیوفوتولیز از میکروارگانیسم‌های فوتواتوتروف<sup>۵</sup> مانند سیانوبکتری‌ها یا ریزجلبک‌های سبز که دارای کلروفیل a و رنگدانه‌های دیگر هستند استفاده می‌کند و دارای ظرفیت طبیعی برای جذب نور خورشید و تقسیم آب برای ساخت H<sub>2</sub> است. رنگدانه‌ها در سیستم‌های فتوستنتزی (فتوسیستم I) می‌توانند آب را به پروتون‌ها (H<sup>+</sup>)، الکترون‌ها (e<sup>-</sup>) و O<sub>2</sub> تقسیم کنند و الکترون‌ها بیشتر برای کاهش یک فرودوکسین برای تولید H<sub>2</sub> توسط آنزیم هیدروژتاز<sup>۶</sup> استفاده می‌شوند [۹]. یکی از مزایای مهم بیوفوتولیز

مورد استفاده قرار می‌گیرند. بازده پایین H<sub>2</sub> توسط روش‌های BHP یکی از چالش‌های اصلی است که قبل از صنعتی‌شدن باید به آن پرداخته شود. جدای از آزمایشات آزمایشگاهی مرتبط، در رویکردهای سیلیکونی مانند ژنومیک عملکردی، مهندسی متابولیک مقیاس ژنوم و تجزیه و تحلیل تعادل شار می‌توان برای بهبود قابلیت‌های تولید H<sub>2</sub> استفاده کرد [۵].

سطح ژنوم در مدل‌های سیلیکو منبع قدرتمندی برای مهندسی منطقی سیستم‌های بیولوژیکی برای افزایش در BHP فراهم می‌کند. یک مدل دقیق در مقیاس ژنوم یک ارگانیسم به ما کمک می‌کند تا تأثیر آشفتگی‌های ژنتیکی و محیطی روی آن را مطالعه کنیم و از این رو این اطلاعات آزمایش‌هایی را در زمینه مهندسی متابولیک انجام می‌دهد. از زمان توسعه اولین مدل مقیاس ژنومی در هموفیلوس آنفولانزا، داده‌های بیولوژیکی با کارایی بالا به‌طور موثر برای رویکردهای مدل‌سازی سطح سیستم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مدل‌سازی و ساخت اجزای بیولوژیکی، عملکردها و موجودات موجود در طبیعت یا طراحی مجدد سیستم‌های بیولوژیکی موجود برای انجام عملکردهای جدید به عنوان زیست‌شناسی مصنوعی در نظر گرفته می‌شود [۶, ۷].

<sup>۴</sup> Biophotolysis

<sup>۵</sup> Phototroph

<sup>۶</sup> hydrogenase

۲) مخلوط گازی تشکیل شده در طول فرآیند انفجاری است.

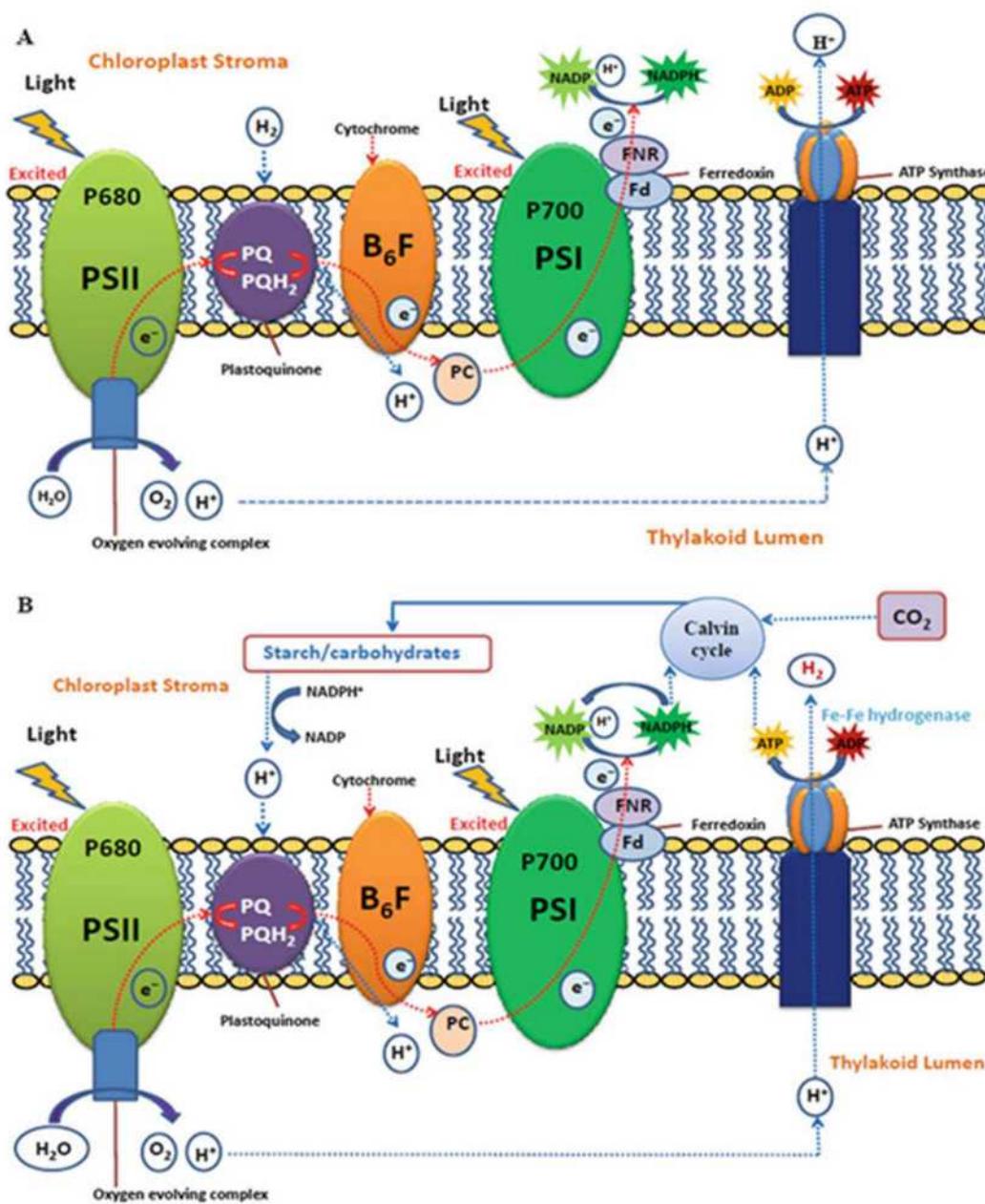
۳) راندمان تبدیل فتوستنتزی پایین و نیاز به مساحت سطح بالا دارد.

شکل ۲ نمایش شماتیک از تکامل بیوهیدروژن از طریق (الف) بیوفوتولیز مستقیم و (ب) بیوفوتولیز غیرمستقیم را نشان می‌دهد.

تبدیل بسیار کارآمد انرژی خورشیدی به  $H_2$  است.

در این فرآیند، همراه با تولید  $H_2$ ، آلودگی نیز کاهش می‌یابد. با این وجود مزایا و معایب زیادی نیز دارد که مانع از کاربرد عملی این تکنیک می‌شود. برخی از موانع اصلی به شرح زیر است:

(۱) اکسیژن تولید شده در طی این روش، کاتالیزور در حال تکامل  $H_2$  را غیرفعال می‌کند.



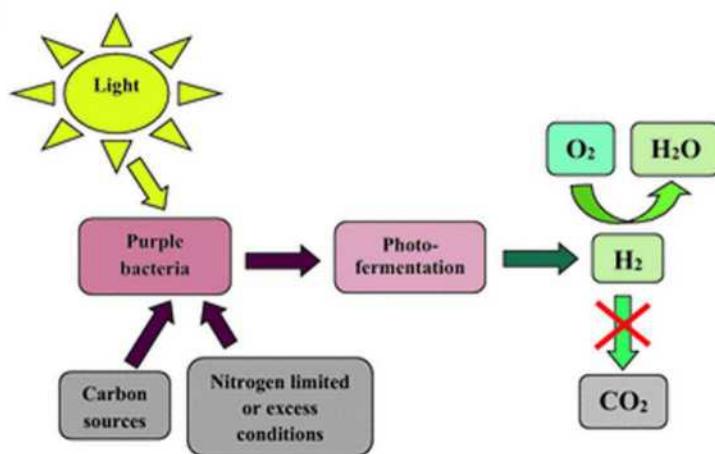
شکل ۲. نمایش شماتیک تکامل بیوهیدروژن از طریق (الف) بیوفوتولیز مستقیم و (ب) بیوفوتولیز غیرمستقیم [۱۰].

### ۳.۲. تخمیر تاریک

روش مهم دیگر برای BHP تخمیر تاریک است. در این فرآیند از موجودات میکروبی مختلف برای هیدرولیز انواع کربوهیدرات‌های پلیمری برای تشکیل  $H_2$  و سایر محصولات مانند اسیدهای لاكتیک، استیک، بوتیریک و غیره استفاده می‌شود. از نظر تئوری، حداقل ۱۲ مول  $H_2$  را می‌توان از اکسیداسیون کامل یک مول گلوكز به دست آورد. با این حال، تنها ۴ مول  $H_2$  در هر مول گلوكز از طریق فرآیند تخمیر تاریک با استات و  $CO_2$  به عنوان سایر محصولات نهایی تخمیر به دست می‌آید و این بازده زمانی به دست می‌آید که فشار جزئی  $H_2$  به اندازه کافی پایین نگه داشته شود [۱۳، ۱۴]. شکل ۴ تکامل هیدروژن از طریق تخمیر تاریک را نمایش می‌دهد.

### ۲.۲. فتوفرمتاتاسیون<sup>۷</sup>

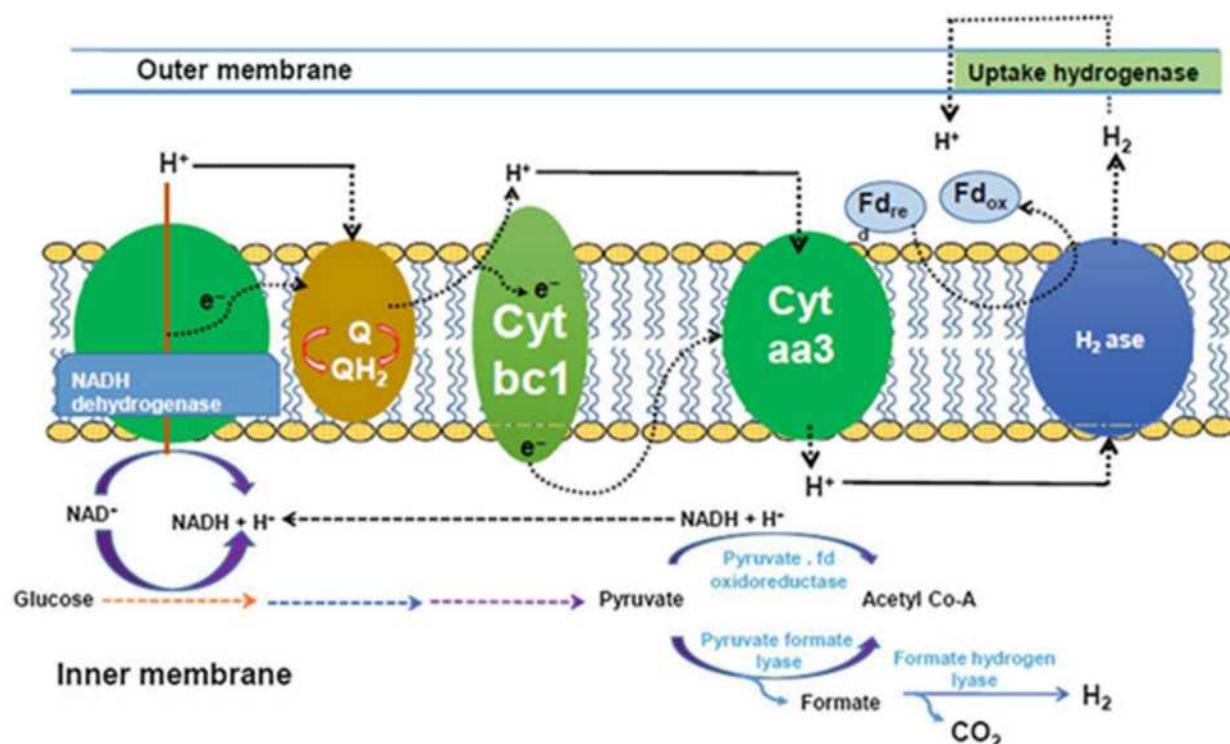
در فتوفرمتاتاسیون، یک باکتری فتوسنتزی ارغوانی غیر گوگردی از انرژی خورشیدی جذب شده برای تولید<sup>۸</sup> ATP و الکترون‌های پرانرژی (که فرودوکسین را کاهش می‌دهد) از ترکیبات آلی معمولاً اسیدهای آلی، به عنوان بستر استفاده می‌کند. ATP و کاهش فرودوکسین باعث کاهش پروتون به  $H_2$  در حضور آنزیم نیتروژناز می‌شود. به وضوح مشهود است که قبل از این که به توان از آن برای کاربردهای صنعتی استفاده کرد، نرخ تولید و بازده باید بهبود یابد [۱۱]. در شکل ۳ روند کلی فتوفرمتاتاسیون قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۳. روند کل فتوفرمتاتاسیون [۱۲]

<sup>۷</sup>Photo fermentation

<sup>۸</sup>Adenosine Triphosphate



شکل ۴. نمایش شماتیک تکامل هیدروژن از طریق تخمیر تاریک [۱۰].

حذف انتخابی  $H_2$  از سیستم بیولوژیکی مورد نیاز است. فناوری غشاء و فرآیندهای غشایی یک گزینه خیره‌کننده برای انجام این هدف است. بسیاری از انواع غشاهای و برخی با پتانسیل ویژه برای تصفیه بیوهیدروژن مانند غشاهای غیر متخلخل، پلیمری و مایع یونی در دسترس هستند. یکی از ویژگی‌های مهم این غشاهای این است که می‌توان آنها را تقریباً تحت شرایطی که تشکیل بیوهیدروژن در آن صورت می‌گیرد، به کار گرفت. از این رو، آنها به عنوان گزینه مناسبی برای ترکیب با بیوراکتورهای تولیدکننده  $H_2$  نشان داده می‌شوند که فرصتی برای تصفیه بیوهیدروژن فراهم می‌کنند [۱۵].

علیرغم کارآمدی فتوفرماتاتاسیون، به دلیل هزینه فتوبیوراکتورها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه

طرایی راکتور یکی از جنبه‌های حیاتی تولید  $H_2$  تخمیر تاریک است، زیرا افزایش غلظت (فشار جزئی)  $H_2$  در فرآیند تخمیر بر عملکرد فرآیند تأثیر می‌گذارد. استراتژی‌های متنوعی برای کاهش فشار جزئی  $H_2$  گزارش شده است که در میان آن ها تخلیه گاز و به کار بردن خلاء بیشترین استفاده را دارند. یکی از اشکالات عمدی این روش‌ها این است که یا مقدار قابل توجهی انرژی مصرف می‌کنند یا محصول رقیق شده‌ای در خروجی‌های سیستم تولید می‌کنند. پس از آن، نیاز به راهاندازی یک واحد تولید  $H_2$  تخمیری کارآمد و به دست آوردن انرژی الکتریکی از طریق پیلهای سوختی وجود دارد. برای دستیابی به این هدف، یک فناوری جداسازی مناسب برای جداسازی مخلوط گازی  $H_2/CO_2$  و در عین حال قادر به

ترمولیز که در آن گرمای تولید شده توسط خورشید برای تولید چرخه شیمیایی  $H_2$  یا فتولیز در دمای بالا استفاده می‌شود، که در آن فوتون‌های خورشیدی در سیستمهای بیولوژیکی یا الکتروشیمیایی برای تولید مستقیم  $H_2$  استفاده می‌شوند [۱۷].

در مناطق دورافتاده، دستهای از نیروگاه‌های هیدرولیک کوچک و متوسط یا برای تامین تقاضای منطقه‌ای و برای تامین پیک تقاضا به شبکه متصل می‌شوند. توان اضافی در این ایستگاه‌ها ممکن است برای تامین یک کارخانه تولید  $H_2$  با استفاده از فرآیند الکترولیز استفاده شود [۱۸].

انرژی باد در حال حاضر به عنوان یک فناوری انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. با ترکیب این الکتریسیته با الکترولیز آب و با انتشار اندک و مصرف بسیار کم نفت، باد می‌تواند  $H_2$  را تامین کند. انرژی باد برای تولید مقادیر قابل توجهی انرژی نیاز به پوشش منطقه وسیعی دارد [۱۸].

## ۴. محدودیت‌ها و موانع مهم تولید هیدروژن و بیوهیدروژن

محدودیت یا موانع مهمی که تولید  $H_2$  به طور کلی با آن مواجه است شامل موانع اقتصادی و تکنولوژیکی است. موانع اقتصادی شامل هزینه تولید و توزیع هیدروژن، هزینه مواد و اجزا و

نیست. علاوه بر این، به نور خورشید وابسته است و بنابراین فقط می‌تواند به طور متنابع کار کند و کم و بیش ۱۲ ساعت در روز کار می‌کند. اما روش تخمیر تاریک با وجود سیستم بیوشیمیایی ناکارآمد ترمودینامیکی به دلیل هزینه کم راکتور و کارکرد ۲۴ ساعته از نظر اقتصادی مقرن به صرفه است [۱۶].

## ۳. تولید هیدروژن از سایر منابع انرژی تجدیدپذیر

در سال ۲۰۰۴ در مورد طراحی و تجزیه و تحلیل سیستم تولید انرژی  $H_2$  مستقل با سه منبع مختلف تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی هیدرولیک و انرژی باد گزارش شده است. انرژی خورشیدی به طور خاص پایان ناپذیرین دارایی انرژی تجدیدپذیر است که در دسترس ما است و تولید  $H_2$  از انرژی خورشیدی به عنوان راه حل نهایی برای انرژی پایدار در نظر گرفته می‌شود. فناوری تقسیم آب با استفاده از انرژی خورشیدی را می‌توان به چهار دسته اصلی تقسیم کرد:

- ۱) سیستم‌های فتوشیمیایی
- ۲) سیستم‌های نیمه هادی
- ۳) سیستم‌های فوتوبیولوژیک
- ۴) سیستم‌های ترکیبی.

انرژی خورشیدی را می‌توان برای تولید  $H_2$  با استفاده از دو روش برای مثال استفاده کرد.

تکنیکهای جدید برای رشد، برداشت، حمل و نقل و پیش تصفیه محصولات انرژی یا محصولات زائد زیست توده وجود دارد. چندین موضوع دیگر باید مورد توجه قرار گیرد که شامل میکروارگانیسم‌های صنعتی با قابلیت مهندسی می‌شود که می‌توانند از نظر متابولیک برای تولید  $H_2$  بیشتر، طراحی بیوراکتور مناسب، جلوگیری از انتقال بین گونه‌های  $H_2$  در شرایط غیر استریل و جداسازی  $H_2$  مهندسی شوند. اگر پتانسیل تکنولوژیکی  $H_2$  به رسمیت شناخته شود، با تسهیل تامین پایدار انرژی و کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن در آینده، به توسعه اقتصادی جهانی می‌افزاید [۱۱].

## ۵. نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، تحقیقات قابل توجه بر روی ارگانیسم‌های تولیدکننده بیوهیدروژن، بینش‌هایی را در مورد فیزیولوژی و متابولیسم آنها ارائه کرده است. چالش‌های زیادی وجود دارد که باید قبل از استفاده از یک ارگانیسم برای فرآیند تولید تجاری  $H_2$  بر آنها غالبه کرد. بررسی حاضر نشان می‌دهد که اکثر چالش‌های کنونی را می‌توان با ترکیبی از رویکردهای مختلف در بیوتکنولوژی و بیوانفورماتیک از طراحی راکتور تا زیست‌شناسی مصنوعی غالبه کرد. با این حال، تحقیقات بیشتری برای ادغام این رویکردها به

رقابت با بازار کنونی ایجاد شده انرژیهای فسیلی است در حالی که موانع تکنولوژیکی شامل مواردی مانند ذخیره‌سازی  $H_2$ ، شبکه‌های کمپرسور و توزیع، فقدان فناوری‌های پیل سوختی بادوام و ادغام با زیرساخت موجود است [۱۹].

روش BHP از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند زیست توده برای تولید  $H_2$  استفاده می‌کند، اما هنوز موانع بزرگی وجود دارد که باید قبل از استفاده برای اهداف تجاری در نظر گرفته شود. موانع مهمی که فرآیند تولید بیوهیدروژن به‌طور کلی با آن مواجه است، عملکرد کم  $H_2$  در تاریکی و هزینه انرژی بالا در صورت فتوفرمانتاسیون است و تقریباً تمام آنژیم‌هایی که  $H_2$  را از آب تولید می‌کنند، در تولید  $H_2$  خود با حضور اکسیژن مهار می‌شوند. فرآیندهای بیوفوتولیز مستقیم، اگرچه جذاب هستند، اما به نظر می‌رسد محدودیت‌های ذاتی در بازده تبدیل نور و شرایط اقتصادی دارند. در بیوفوتولیز غیرمستقیم، استفاده از آنژیم نیتروژن با تقاضای بالای انرژی ذاتی و راندمان پایین آن برای تبدیل انرژی خورشیدی از اجزای نامطلوب است. هزینه فراوری برحی از ذخایر خوراک زیست توده بسیار زیاد محدودیت دیگری است و نیاز به توسعه



برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

عنوان یک استراتژی ضروری برای توسعه سویه های میکروبی برای کاربردهای صنعتی مورد نیاز است. با این حال، مقیاس ژنوم در مهندسی متابولیک سیلیکو و زیست‌شناسی مصنوعی، به طور خاص، در خط مقدم این پیشرفت‌ها قرار دارند. بنابراین می‌توان حدود ۱۰ مول  $H_2$  در هر مول گلوكز را برای تجاری‌سازی با استفاده از روش‌های بیوانفورماتیک همه‌کاره و به دنبال آن اعتبارسنجی آزمایشگاهی مرتبط در آینده نزدیک به دست آورد.



پادکست

ارتباط با ما

ارسال مقالات



[mimsj.ut.ac.ir](http://mimsj.ut.ac.ir)



<https://t.me/mim-scientificjournal>



<https://www.linkedin.com/company/mim-scientific-journal>

خبر روز دنیا

عضویت در نشریه

