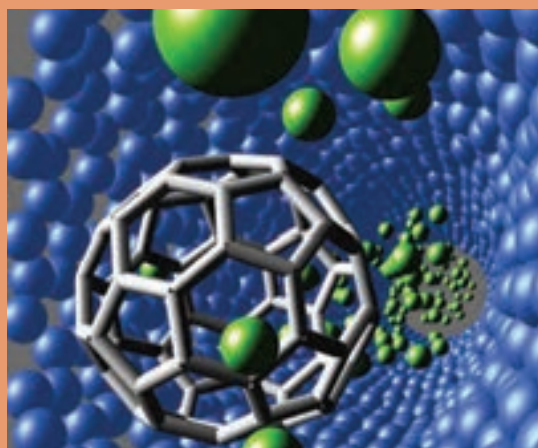


پودمان ۵

فناوری و نوآوری‌ها



در نیمه دوم قرن بیستم، فناوری‌های جدیدی پدید آمد که در علم و صنعت و همچنین در زندگی انسان تأثیر بسیار گذاشت. از جمله این فناوری‌ها می‌توان فناوری نانو (نانتکنولوژی)، فناوری زیستی (بیوتکنولوژی) و شیمی سبز را نام برد.

۱-۵- فناوری نانو

تاریخچه فناوری نانو

در سال ۱۹۵۹ ریچارد فینمن، دانشمند و تئوری پرداز، با ارائه نظریاتش اولین قدم را به سمت فناوری نانو برداشت. از آن روز تاکنون، این فناوری همواره چه از جهت مفهوم و چه از جهت کاربرد در علوم و صنایع، موضوع پژوهش بسیاری از محققان در سراسر جهان قرار گرفته است. نتایج کاربردی حاصل از این پژوهش‌ها، تحولات زیادی را در زمینه‌های مختلف نشان می‌دهد. خوشبختانه در سرزمین ما نیز ضرورت داشتن برنامه بلندمدت برای توسعه فناوری نانو مورد توجه مسئولان و متخصصان کشور واقع شده و «ستاد ویژه توسعه فناوری نانو» در پاییز ۱۳۸۲ با همین هدف تشکیل شده است. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو می‌کوشد تا از طریق ایجاد چشم‌انداز، ارائه تسهیلات، ایجاد بازار و رفع مشکلات، زمینه فعالیت تمام نهادها و تولید ثروت در جامعه را فراهم آورد.

www.nano.ir

● ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

www.nanoclub.ir

● باشگاه دانش‌آموزی

فناوری نانو چیست؟

در این بخش ابتدا با مفاهیم نانو، نانومتر و نانو ذرات آشنا شده؛ سپس تعریف «فناوری نانو» ارائه می‌شود.

جدول (۱-۵) اندازه متوسط چند نمونه

ماده	اندازه (nm)
قطر یک تار مو	۵۰۰۰۰
باکتری	۱۰۰۰
ویروس	۱۰۰
مولکول آسپرین	۱
۱۰ اتم هیدروژن در یک خط	۱

نانو، نانومتر: پیشوند نانو یک کلمه یونانی است. در بحث اندازه‌گیری به معنی یک میلیاردم (10^{-9}) است. بنابراین، یک نانومتر (۱nm)، یک میلیاردم متر (10^{-9} m) است. آیا این اندازه را می‌توانید تصور کنید؟ به جدول ۱-۵ نگاه کنید.



شکل (۱-۵) نسبت ابعاد یک نانومتر به یک توپ فوتبال مانند تناسب یک توپ فوتبال با کره زمین است.

نانو ذرات: نانو ذره و نانو فناوری نام‌های نسبتاً جدیدی هستند، اما مدّت‌ها قبل از اینکه نامی برای آنها انتخاب شود، نانو ذرات وجود داشته و توسط بشر مورد استفاده و آزمایش قرار گرفته است. برای مثال بسیاری از رنگ‌های زیبای شیشه‌های رنگی پنجره‌ها، ناشی از وجود ذرات ریز اکسیدهای فلزی است. ذرات با اندازه‌های متفاوت، طول موج‌های مختلفی از نور را پراکنده می‌کنند که موجب به وجود آمدن رنگ‌های متنوع در شیشه می‌شود. ذرات کلوییدی ریز نقره جزئی از فرایند تشکیل عکس در عکاسی است. آب در دمای محیط شامل خوشه‌هایی^۱ از مولکول‌های آب با پیوند هیدروژنی است. معمولاً نانو ذرات به تعدادی از اتم‌ها یا مولکول‌ها، که به هم متصل شده‌اند و شعاعی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند، اطلاق می‌شود.

تعریف فناوری نانو و اهمیت آن: تعریف‌های متعددی درباره فناوری نانو وجود دارد، که دو نمونه در ادامه بیان شده است:

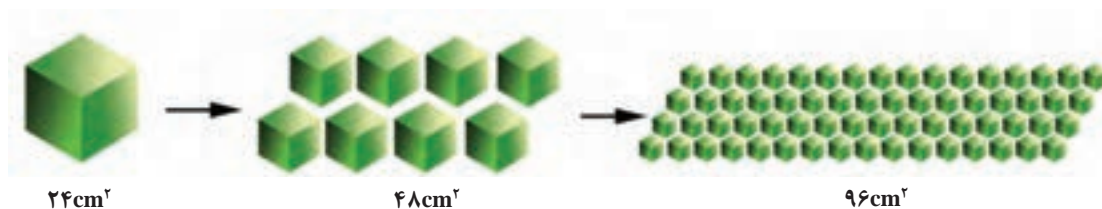
الف) فناوری نانو به معنای توسعه، ساخت، طراحی و استفاده از محصولاتی است که اندازه آنها بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر قرار دارد.

ب) فناوری نانو به معنای قابلیت تولید مواد، ابزارها و سامانه‌های جدید با کنترل ماده در سطوح مولکولی و اتمی و بهره‌برداری از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می‌شوند. از این تعریف چنین برمی‌آید که فناوری نانو یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌هاست. این فناوری می‌تواند در تمام صنایعی که بشر تاکنون به آنها دست یافته است، اثرگذار باشد. برای این فناوری کاربردهایی در زمینه‌های مختلف دارو، غذا، تشخیص پزشکی تا الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، انرژی، محیط‌زیست، مواد و هوا فضا برشمرده‌اند. از این رو، تحولات زیادی را در صنایع مختلف به وجود آورده و همچنین به وجود خواهد آورد.

تعریف فناوری نانو با توجه به ماهیت و زمینه‌های گسترده فعالیت آن، درعین سادگی بسیار دشوار است. شاید بتوان گفت هنوز تعریف جامعی، که بیان‌کننده تمام خصوصیات این پدیده باشد، ارائه نشده است.

۲-۵- ویژگی‌های نانو ذرات

با کاهش اندازه ذرات از میکرو به نانو، تعدادی از خواص فیزیکی، شیمیایی و الکتریکی آن به دلایلی تغییر می‌کند. یکی از این تغییرات، افزایش مساحت کل سطح ذرات نسبت به حجم آنهاست. وقتی یک قطعه را چند قسمت کنید حجم کل ثابت می‌ماند یعنی حجم قطعه اولیه دقیقاً برابر با جمع حجم همه تکه‌هاست اما در طی این فرایند مجموع سطح بیرونی تکه‌ها چند برابر سطح بیرونی قطعه اولیه خواهد شد.



۱- Cluster

مکعبی به ضلع ۲ سانتی‌متر در نظر بگیرید. اگر آن را به مکعب‌هایی به ضلع ۱ سانتی‌متر تقسیم کنید ۸ مکعب کوچک‌تر به دست می‌آید:

$$S = 6 \times 2^2 = 24 \text{ سانتی‌متر مربع کل مساحت کل قطعه بزرگ‌تر}$$

$$S' = 6 \times 1^2 = 6 \text{ سانتی‌متر مربع کل مساحت کل یک قطعه کوچک‌تر}$$

$$\text{سانتی‌متر مربع کل هشت قطعه کوچک‌تر} = 8 \times 6 = 48$$

مشاهده می‌کنید که با تبدیل یک مکعب به طول ۲cm به هشت مکعب به طول ۱cm مساحت کل دو برابر شده است.

پرسش

اگر ابعاد یک مکعب به طول ضلع n به مکعب‌های کوچک‌تری با ابعاد $\frac{1}{n}$ تبدیل شود، سطح کلی آن چقدر تغییر می‌کند؟



از آنجا که بسیاری از تبدلات مهم شیمیایی و فیزیکی از طریق سطح انجام می‌گیرد، این ویژگی، واکنش‌پذیری نانو ذرات را به شدت افزایش می‌دهد. مثلاً نانو ذرات فلزی به محض قرار گرفتن در هوا به سرعت اکسید می‌شوند. علاوه بر این ازدیاد در سطح خارجی ذرات مواد، عامل مهمی است و در کارکرد کاتالیزورها و ساختارهایی همچون الکترودها یا در افزایش کارایی فناوری‌هایی همچون باتری‌ها نقش اساسی دارد. برخی از نانو ذراتی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند، عبارت‌اند از آهن (III) اکسید (Fe_2O_3)، سیلیسیم دی‌اکسید (SiO_2)، تیتانیم دی‌اکسید (TiO_2)، روی (II) اکسید (ZnO) و فلز نقره (Ag). نانو ذرات نقره به داشتن خصوصیت ضد میکروبی مشهور است. نانو نقره کاتالیز است و می‌تواند بر میکروب‌ها (باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها) اثر کند و آنها را از بین ببرد. در عین حال، حساسیت و آلرژی ایجاد نمی‌کند، ضدالکتریسیته ساکن است و برای انسان و محیط‌زیست ضرری ندارد. به همین دلیل کاربردهای گسترده‌ای در بخش پزشکی، مواد بهداشتی و آرایشی، نساجی، رنگ، کاشی، سرامیک و غیره برای آن وجود دارد.



پلیمر نایلون ۶ نانو ذرات نقره

شکل (۵-۲) برخی از موارد گسترده کاربرد نانو ذره نقره

۱- کاتالیزگر ماده‌ای است که اگر به مخلوط واکنشی اضافه شود، سرعت واکنش را بدون آنکه خود دستخوش تغییر شیمیایی شود، تغییر می‌دهد.

نانوساختارهای کربن

در بخش‌های قبلی با نقش مهم پیوندهای کربن-کربن در مولکول‌های آلی و ماهیت منحصر به فرد خود پیوند کربن، آشنا شدید. در واقع ماهیت متنوع این پیوند است که به کربن امکان می‌دهد نانو ساختارهایی به نام فولرن^۱‌ها و نانو لوله کربنی^۲ داشته باشد.



فولرن C_{۶۰}: در این مولکول ۶۰ اتم کربن در ساختاری شبیه توپ فوتبال گرد هم آمده‌اند. قطر آن کمتر از یک نانومتر است و کاربردهای فراوانی به‌ویژه در مصارف پزشکی، ابرساناها و به عنوان بخشی از سلول‌های تبدیل نور خورشید به الکتریسیته دارد.

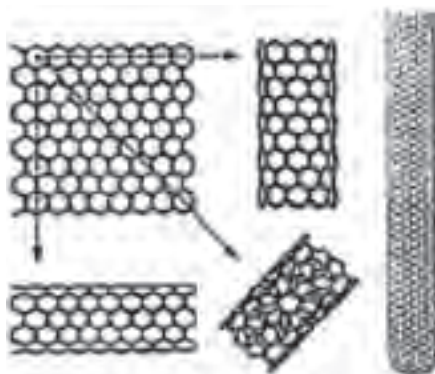
شکل (۵-۳) فولرن (C_{۶۰}) ساختاری شبیه توپ فوتبال دارد

نانو لوله‌های کربنی و خواص آنها: ساختار نانو لوله کربنی مانند یک صفحه گرافیت است که به شکل یک لوله درآمده و دو طرف آن توسط پیوندهای موجود در انتهای صفحه بسته شده است (در واقع، نانو لوله‌های کربنی از صفحات گرافیت پیچیده شده ساخته نشده‌اند اما این روشی است که برای توصیف ساختارهای مختلف آن به کار می‌رود).

نانو لوله کاغذی بسازید:

- ۱ بر روی یک صفحه با رسم شش ضلعی‌های منظم در کنار یکدیگر، یک صفحه گرافیتی بسازید.
- ۲ این صفحه را می‌توانید به سه شکل متفاوت به یکدیگر وصل کنید (با توجه به شکل ۴-۵) و هر شکل از این نانو لوله‌ها خواص متفاوتی نیز دارند.

فعالیت



شکل (۵-۴) نانو لوله‌های کربنی تک دیواره

نانو لوله‌های کربنی به صورت نانو لوله‌های تک دیواره^۳ و چنددیواره^۴ نیز وجود دارند. یک نانو لوله تک دیواره، قطری حدود چند نانومتر و طولی هزاران برابر بیشتر دارد (به طور مثال قطر ۲nm و طول ۱۰ μm) و می‌تواند به یک ساختار تک بعدی تبدیل گردد، که به آن نانوسیم^۵ می‌گویند. نانو لوله‌های چنددیواره، استوانه‌های هم محور کربنی با قطرهای حدود (۱۰-۱۰۰ nm) را تشکیل می‌دهند.

۱- Fulleren

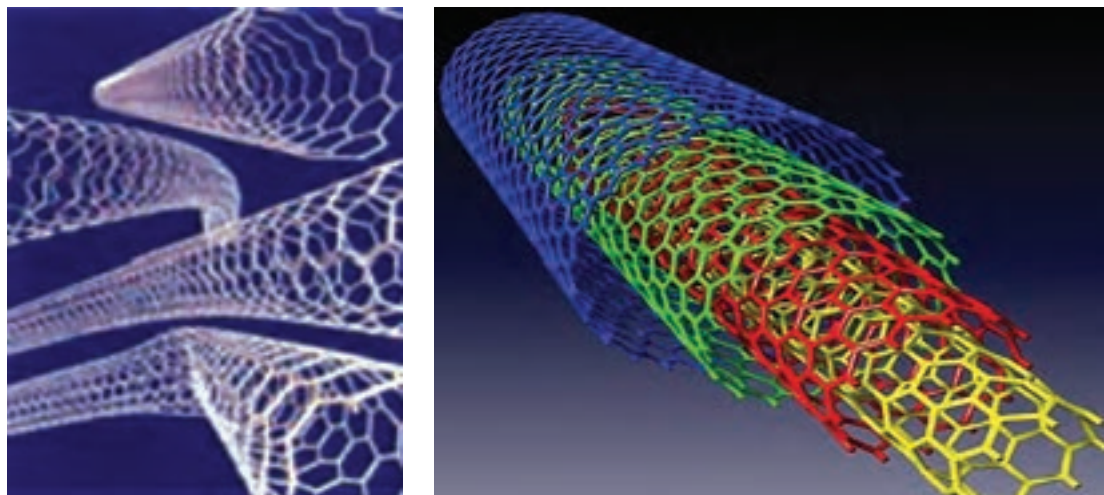
۲- Carbon nanotube

۳- SWNT: Single Wall Nano Tube

۴- MWNT: Multy Wall Nano Tube

۵- Nano Wire

این ساختارهای متعدّد (شکل ۵-۵) خواص متفاوتی نیز دارند. ولی به طور کلی این لوله‌های بسیار بلند و نازک ساختارهایی پایدار و مقاوم و انعطاف‌پذیر دارند. آنها مانند کاه هستند، کج می‌شوند اما نمی‌شکنند و می‌توانند بدون هرگونه آسیبی به حالت اول برگردند. استحکام (کششی و خمشی) نانو لوله‌های تک‌دیواره در حدود ۱۰۰ برابر فولاد است، در حالی که حدود ۶ برابر سبک‌ترند. رسانایی حرارتی آنها از الماس که بهترین هدایت‌گر حرارتی شناخته شده است، بیشتر است. ویژگی مهم دیگر نانو لوله‌ها خاصیت فلزی یا نیمه‌رسانا بودن آنهاست.



شکل (۵-۵) نانو لوله‌های چنددیواره و خمیده

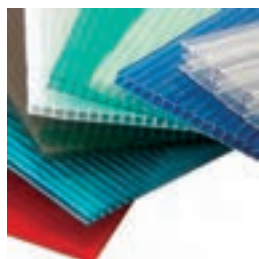
خواص شگفت‌انگیز نانو لوله‌های کربنی آنها را از کاربردهای گوناگونی برخوردار کرده است. برای مثال از آنها می‌توان در باتری‌ها، سلول‌های ذخیره‌کننده انرژی، الیاف و کابل‌ها و مصارف دارویی و پزشکی استفاده کرد.

چرا به فولرن و نانو لوله‌های کربن، نانو ذره گفته می‌شود اما به الماس و گرافیت این عنوان تعلق نمی‌گیرد؟

تحقیق کنید



کامپوزیت‌ها



به منظور بهبود یا به دست آوردن خصوصیات جدید یک کالا، محصولی از ترکیب یا امتزاج دو یا چند جزء جدا از هم (مثل آلیاژ فلزات، سرامیک‌ها، بسپارها (پلیمرها) و مواد زیستی) به دست می‌آید، که به آن کامپوزیت^۱ گویند. اگر یک یا چند جزء از آن دارای اندازه متوسط کمتر از ۱۰۰ nm باشد نانو کامپوزیت نامیده می‌شود.

۱- Composite

گذشته از تمام خصوصیات ذاتی اجزا، نانو کامپوزیت‌ها می‌توانند از تک‌تک اجزای خود بهتر عمل کنند. با افزودن مقدار کمی نانو ساختار مناسب به محصول مورد نظر، می‌توان خواص مکانیکی، الکتریکی، نوری و حل‌پذیری را در محصول جدید به دلخواه تغییر داد. نانو کامپوزیت‌های تشکیل شده از نشاسته سیب‌زمینی و نانو ذرات کلسیم کربنات، مثالی در این خصوص است. این فوم نسبت به حرارت مقاومت خوبی دارد و سبک و زیست‌تخریب‌پذیر است و می‌تواند، در بسته‌بندی مواد غذایی به کار رود.

بسپارهای تقویت شده با نانو ذرات (نانو کامپوزیت‌ها) می‌توانند از نظر اقتصادی برای فلزات جایگزین مناسبی باشند. این محصولات، محکم‌تر، استوارتر، سفت‌تر و شکل‌پذیرتر از فلزات‌اند، حال آنکه وزنشان کمتر از فلزات است و در برابر خوردگی مقاومت بیشتری دارند.

یک نمونه کاربردی: نانورس‌ها پُرکننده‌هایی هستند که در مواد کامپوزیتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ویژگی نانو کامپوزیت حاصل کاهش وزن آن (حدود ۱۰ الی ۲۰ درصد) است. علاوه بر این در برابر نفوذ گازها مقاومت بیشتری پیدا می‌کنند. مثلاً نایلون ۶ با ۲ درصد نانو ذرات رس، در برابر نشت بنزین، پنج برابر بیشتر از نایلون ۶ معمولی مقاومت می‌کند. این فناوری برای ساخت باک بنزین و مخازن شیمیایی کاربرد دارد و قیمت مخازن را پایین می‌آورد.

اکثر شرکت‌های بزرگ بسپار در حال تحقیق روی فناوری‌های نانو کامپوزیت هستند تا به خواص جدیدی برای مصنوعات آینده برسند.

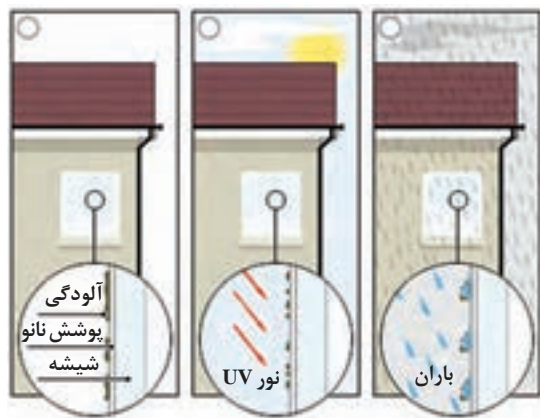
۳-۵- نانو فناوری و برخی کاربردهای آن



تا اینجا با چند نمونه از کاربردهای نانوفناوری آشنا شدید و دریافتید که دامنه تأثیر آن فقط به چند صنعت محدود نمی‌شود و حوزه گسترده‌ای از دانش‌ها و فناوری‌ها، مانند پزشکی، داروسازی، صنایع غذایی، مواد شیمیایی، انرژی، نساجی، الکترونیک، خودرو، لوازم بهداشتی و آرایشی و غیر آنها را در برمی‌گیرد. هم‌اکنون کالاهای مختلفی که در زندگی روزمره کاربرد دارند، با استفاده از فناوری نانو با کیفیت بهتر و با خواص متفاوت تولید می‌شوند. در ادامه به برخی دیگر از نمونه‌های کاربردی اشاره می‌شود.

● **کاتالیزگرها:** با اضافه نمودن ماده‌ای به نام کاتالیزگر می‌توان سرعت انجام واکنش شیمیایی را افزایش داد. هرگاه دو یا چند واکنش شیمیایی به صورت متوالی یا هم‌زمان پیش روند، کاتالیزگر یکی از واکنش‌ها را به طور انتخابی نسبت به دیگری شتاب می‌دهد. ذکر این نکته ضروری است که خود کاتالیزگر در طی واکنش مصرف نمی‌شود. فعالیت یک کاتالیزگر با افزایش سطح کل در واحد حجم متناسب است. بنابراین، افزایش سطح نانو ذرات باعث می‌گردد تا عملکرد کاتالیزگری آنها به طور مؤثری بهبود یابد و سبب افزایش بازده واکنش شود. افزایش بازده نیز باعث می‌شود از راکتورهای کوچک‌تر و در نتیجه ارزان‌تری استفاده شود. کاتالیزگرها در بسیاری از صنایع از جمله داروسازی و صنعت نفت و پتروشیمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

● **نانو روکش‌ها:** در اکثر صنایع، «پوشش‌دهی» آخرین مرحله تولید محصول است و این مرحله جهت ارتقای کیفیت محصول انجام می‌پذیرد. با افزودن افزودنی‌هایی در ابعاد نانو به مواد روکش‌ها، می‌توان نانو روکش‌هایی با ویژگی‌های جدید و جالب به دست آورد، مانند:



شکل (۵-۶) طرز کار شیشه خود تمیز شونده

● **شیشه‌های خود تمیز شونده:** پوشش شیشه با نوعی نانو روکش حساس به نور موجب می‌شود تا سطح آن به نحو مؤثری تمیز شود. به این ترتیب که تابش نور خورشید به آن باعث می‌شود ذرات آلی چسبندگی خود را به سطح شیشه از دست بدهند (خاصیت کاتالیزگری) و به این ترتیب به دلیل خاصیت آب دوستی از سطح شیشه شسته شوند.

● کاربردهای نانو ذره در نساجی



شکل (۵-۷) پارچه و پیراهن ضد لک و ضد چروک

این کاربردها را در سه بخش می‌توان خلاصه کرد: **لباس‌های ضد لک:** با اضافه نمودن ساختارهای مولکولی به الیاف پارچه، لباس‌های ضد لک، ضد آب و خود تمیز شونده تهیه می‌شود. این پارچه‌ها هیچ‌گونه آلودگی را جذب نمی‌کنند، مایعات بر روی آنها حرکت می‌کنند و جذب نمی‌شوند (مثل حرکت قطرات آب بر روی پرهای غاز). لباس‌های دوخته شده با این پارچه‌ها چروک نمی‌شوند. در ایران نیز چند شرکت در این زمینه فعال هستند و محصول آنها تجاری شده است.

منسوجات هوشمند: تهیه منسوجات هوشمند مراحل آزمایشی را می‌گذرانند. قابلیت الیاف آن به نحوی است که با حرارت یا برودت هوا تغییر ساختار می‌دهند و متناسب با تغییرات دمای هوا فشرده‌تر یا بازتر می‌شوند و پارچه را ضخیم‌تر یا نازک‌تر می‌کنند.

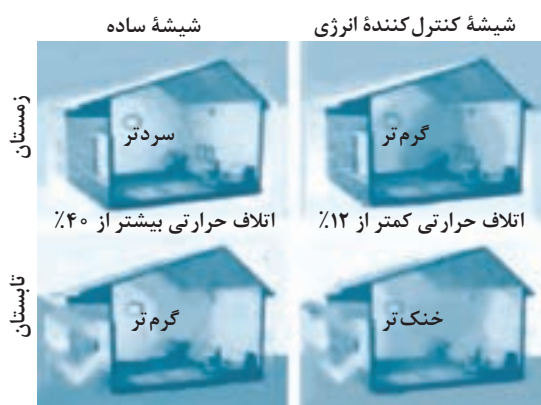


شکل (۸-۵) جوراب‌های حاوی نانو ذرات نقره، جهت جلوگیری از بوی بد پا و جلوگیری از عفونت پای افراد ورزشکار و دیابتی

خاصیت ضد میکروبی: اضافه نمودن نانو ذرات نقره به الیاف منسوجات آنها را از خاصیت ضد میکروبی مطلوبی برخوردار می‌کند. این منسوجات کاربری‌های مختلفی مانند منسوجات پزشکی و پوشاک عمومی دارند.

● انرژی

در باتری‌ها، استفاده از نانو لوله‌های کربن به جای گرافیت در الکترودها ظرفیت آن را تا چند برابر افزایش می‌دهد. وجود روکش‌های نانویی بر روی شیشه‌های ساختمان در زمستان، از هدر رفتن انرژی جلوگیری می‌کند و نیز باعث می‌شود از ورود حرارت در تابستان به داخل ساختمان کاسته شود. در نتیجه هزینه سامانه گرمایشی در زمستان و سرمایشی در تابستان کاهش می‌یابد. هرچه خودرو سنگین‌تر باشد سوخت بیشتری مصرف می‌کند. به همین جهت، استفاده از نانو کامپوزیت‌ها به جای فولاد (در ساخت خودرو) از وزن آن می‌کاهد و باعث می‌شود در مصرف سوخت خودروها صرفه جویی شود.



شکل (۹-۵) شیشه‌های کنترل کننده انرژی

با ترکیب برخی نانو ذرات و فولرن با روغن‌های موتور معمول، خواص روان کاری روغن‌ها بیشتر می‌شود و در نتیجه بازده انرژی افزایش می‌یابد.

● فناوری نانو در پزشکی و داروسازی

فناوری نانو قابلیت زیادی در تشخیص بهتر بیماری‌های موجود در بدن، به همراه درمان مؤثرتر دارد. همچنین، در ساخت دارو و رساندن آن به سلول‌های بیمار بسیار مؤثر است. برخی از کاربردهای نانو ذرات در پزشکی به شرح زیر می‌باشد:

- ✓ جهت درمان مؤثرتر سرطان، می‌توان از نانو ذراتی که حامل داروهای ضدسرطانی هستند استفاده کرد. یک تزریق ساده می‌تواند هزاران یا میلیون‌ها نانو ذره (نانو کپسول حامل دارو) را وارد جریان خون کند. این نانو ذرات درون سلول‌های سرطانی تجمع می‌کنند و داروی بیشتری در سلول بیمار قرار می‌دهند. در حالی که بر سلول‌های سالم اثری ندارند. به این ترتیب بازده درمانی آنها بسیار بالا می‌رود.
- ✓ اسپری‌ها و مواد ضد عفونی کننده مبتنی بر نانو ذرات نقره در زخم بندی و انواع پانسمان‌ها (به منظور جلوگیری از عفونت) و امور پزشکی و بهداشتی کاربرد وسیعی دارند.
- ✓ داروهای جدید با ساختار نانو، تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی بر روی یک تراشه، نانو مولکول‌هایی برای رشد و ترمیم استخوان و بازسازی آنها، نمونه‌های دیگری از این فناوری است.



- ۱ دو مورد از فناوری‌های نوین که امروزه در دنیای علم بسیار مورد توجه هستند، نام ببرید.
- ۲ فناوری نانو را تعریف کنید.
- ۳ اهمیت فناوری نانو در چیست؟
- ۴ نانو ذره چیست؟ مثال بزنید.
- ۵ ساختارهای کربنی را که می‌شناسید، نام ببرید.
- ۶ ویژگی اصلی نانو ذرات چیست؟ این ویژگی چه تأثیر منحصر به فردی در خواص نانو ذرات دارد؟
- ۷ چند مورد از خواص نانو لوله‌های کربنی را بیان کنید.
- ۸ نانو کامپوزیت چیست؟
- ۹ چند نمونه از کاربردهای نانو فناوری که امروزه تجاری‌سازی شده‌اند را شرح دهید.
- ۱۰ یکی از علوم و صناعی را، که مورد علاقه شماست انتخاب نمایید و سپس:
الف) در مورد کاربردهای فناوری نانو تحقیق کنید.
ب) همچنین، چه طرح‌هایی به نظرتان می‌رسد که در آینده ممکن است به انجام رسد؟ نتایج را در کلاس ارائه دهید.

۴-۵- فناوری زیستی

واژه «بیوتکنولوژی^۱» یا «فناوری زیستی» ترکیبی از دو کلمه «بیو» به معنای «زیست» و «تکنولوژی» به معنای «فناوری» است. قسمت اول واژه دلالت بر فرایندهای حیاتی و استفاده از عوامل زنده دارد و قسمت دوم آن به طیفی از ابزار و فنون و اصول مهندسی اشاره می‌کند. برای بیوتکنولوژی تعاریف متعددی ارائه شده است که به دلیل گستردگی دامنه فعالیت و کاربردهای آن هیچ‌کدام از این تعاریف کامل و جامع نیست. از جمله این تعاریف‌ها می‌توان به دو تعریف زیر که توسط مراجع و سازمان‌های بین‌المللی ارائه شده است اشاره کرد.

بیوتکنولوژی یعنی «استفاده از موجودات زنده برای ساخت فراورده‌های تجاری».

بیوتکنولوژی یعنی «کاربرد زیست‌شناسی، بیوشیمی، میکروبی‌شناسی و مهندسی شیمی در فرایندها، تولید فراورده‌های صنعتی و حذف آلودگی‌های محیط‌زیست».

همان‌طور که از این دو تعریف مشخص است بیوتکنولوژی یک علم مستقل نیست بلکه مجموعه‌ای منسجم و هماهنگ از علوم مختلف است. به عبارت دیگر بیوتکنولوژی علمی است چند پایه، به طوری که می‌توان آن را به تنه درختی شبیه کرد که ریشه‌های آن علوم مختلفی چون میکروبی‌شناسی، بیوشیمی، ژنتیک، شیمی، مهندسی شیمی، کامپیوتر، الکترونیک و ریاضیات است. شاخه‌ها و میوه‌های آن کاربردهای متعدد این علم در زمینه‌های مختلف زندگی بشر است، از قبیل پزشکی، داروسازی، صنایع غذایی، صنایع شیمیایی، محیط‌زیست، کشاورزی، دام و آبزیان و معدن.

بیوتکنولوژی علم استفاده از *ریز/ندامکان* در راستای منافع انسان است و به عبارتی کاربرد فنون مهندسی ژنتیک در تولید محصولات کشاورزی، صنعتی، درمانی و تشخیصی با کیفیت بالاتر، قیمت ارزان‌تر، محصول بیشتر و خطر کمتر است. این رشته حوزه مشترکی از رشته‌های بیوشیمی، ژنتیک، سلولی مولکولی، میکروبیولوژی، داروسازی و کامپیوتر را دربرمی‌گیرد.



شکل (۱۰-۵) درخت بیوتکنولوژی

تاریخچه

بیوتکنولوژی قدمتی همپای بشر دارد. انسان از هزاران سال پیش تاکنون، بدون اینکه خود متوجه باشد از فرایندهای بیوتکنولوژی بهره برده است. تهیهٔ ماست، پنیر و خمیر نان نمونه‌هایی از آن است. سپس با استفاده از روش‌های تخمیر و کشت ریزند/مکان و تولید آنتی‌بیوتیک‌ها پیشرفت کرد و امروزه بیوتکنولوژیست‌ها با انتقال ژن‌هایی از یک ریزند/مک به ریزند/مک دیگر و ایجاد صفات جدید و مطلوب در آن که به نفع انسان و یا محیط زیست می‌باشد، این علم را به اوج رسانده‌اند. از جمله تولیدات بیوتکنولوژی در ایران عبارت‌اند از: سرم و واکسن، کشت بافت گیاهی، کود و سموم بیولوژیک، آنتی‌بیوتیک‌ها، هورمون‌ها، الکل، اوره، استون و اسیداستیک.

تاریخچهٔ تکامل بیوتکنولوژی را براساس وقایع مهمی که در سیر تکاملی آن رخ داده است می‌توان به پنج دوره تقسیم کرد:

بیشتر بدانید



الف) دورهٔ قبل از پاستور: این دوره سال‌های قبل از ۱۸۶۵ میلادی را دربرمی‌گیرد. در این دوره انسان بدون اینکه از نقش ریزند/مکان و عوامل زیستی آگاهی داشته باشد از آنها استفاده می‌کرده است. از محصولات تخمیری این دوره می‌توان به تولید نوشابه‌های الکلی توسط بابلیان و سومریان (از ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد)، استفاده از مخمر نان در میان مصریان (۴۰۰۰ سال قبل از میلاد) و تولید محصولات لبنی مانند ماست و پنیر و تولید سرکه، در همه جوامع، اشاره کرد.

ب) **دوره پاستور (۱۹۴۰-۱۸۶۵):** هر چند قبل از سال ۱۸۶۵ به وجود *ریزند/مکان* پی برده شده بود ولی نقش آنها در فرایندهای تخمیری مشخص نبود تا اینکه در این سال با تلاش‌های لویی پاستور دانشمند مکتشف فرانسوی، نقش *ریزند/مکان* در فرایندهای تخمیری به اثبات رسید و از آن پس انسان با آگاهی یافتن از نقش *ریزند/مکان* و همچنین آگاهی از توانایی آنها، به استفاده آگاهانه از این عوامل همت گماشت. از فرایندهای تخمیری این دوره می‌توان به فرایند تولید گلیسرول در آلمان و تولید استون و بوتانول در انگلستان در خلال جنگ جهانی اول و نیز تولید میکروبی سیتریک اسید پس از جنگ جهانی اول اشاره کرد.

پ) **دوره آنتی‌بیوتیک‌ها (۱۹۶۴-۱۹۴۰):** آنتی‌بیوتیک‌ها موادی ضد میکروبی هستند که منشأ بیولوژیکی دارند. پنی‌سیلین که توسط کپک پنی‌سیلیوم تولید می‌شود اولین آنتی‌بیوتیکی است که خاصیت ضد میکروبی آن توسط الکساندر فلمینگ^۱ شناخته شد. در خلال جنگ جهانی دوم به دلیل نیاز شدید به تولید پنی‌سیلین تحقیقات گسترده‌ای برای تولید انبوه آن صورت گرفت و در نهایت منجر به توسعه بیوراکتورهای مخزنی همزن دار^۲ و کشت در شرایط سترون^۳ (استریل) شد. از خصوصیات مهم دوره آنتی‌بیوتیک‌ها استفاده از علوم مهندسی در طراحی و ساخت مخازن کشت میکروبی (بیوراکتورها)، توسعه تخمیرهای سترون و افزایش مقیاس تولید می‌باشد. از موفقیت‌های دیگر این دوره می‌توان به توسعه و گسترش کشت سلول‌های حیوانی و گیاهی و تولید واکسن‌ها اشاره کرد که این امر به دنبال توسعه تکنیک‌های کشت سترون امکان‌پذیر شد.

ت) **دوره تولید پروتئین تک‌یاخته‌ای (۱۹۷۵-۱۹۶۴):** در اواخر دهه ۱۹۶۰، به واسطه چشم‌انداز استفاده از توده سلولی^۴ *ریزند/مکان* به‌عنوان منبع پروتئینی که در اصطلاح پروتئین تک‌یاخته^۵ نامیده می‌شود، هیجان و تحرک قابل توجهی ایجاد شد. فرایندهای مختلفی در این زمینه، به‌ویژه با استفاده از منابع هیدروکربنی (به دلیل قیمت پایین نفت خام در آن زمان) توسعه داده شد. در این دوره تکامل تجهیزات کشت میکروبی و بیوراکتورها که از دوره قبل آغاز شده بود با توسعه انواع بیوراکتورها به اوج خود رسید.

ث) **دوره بیوتکنولوژی مولکولی^۶ یا مدرن:** این دوره از سال ۱۹۷۵ با ابداع روش‌های دست‌کاری ژنتیکی موجودات که در اصطلاح مهندسی ژنتیک خوانده می‌شود، آغاز گردید. با ابداع این روش، انسان قادر شد تغییرات آگاهانه‌ای در اطلاعات ژنتیکی موجودات زنده ایجاد کند و از این طریق ویژگی‌ها و صفات جدیدی را در آنها به وجود بیاورد و یا صفاتی را از یک موجود به موجود دیگر منتقل سازد. یکی از ویژگی‌های این دوره تولید محصولاتی است که *ریزند/مکان* به‌طور طبیعی قادر به تولید آنها نیستند. از آن جمله می‌توان به تولید هورمون‌ها و پروتئین‌های انسانی توسط باکتری‌ها و مخمرها اشاره کرد.

۱- Alexandre Fleming

۲- Stirred Tank Bioreactor

۳- محیط سترون محیطی است که عاری از هرگونه میکروب باشد. کشت سترون نیز به کشتی اطلاق می‌شود که فقط میکروب مورد نظر را داشته باشد.

۴- Bio Mass

۵- Single Cell Protein (SCP)

۶- Molecular Biotechnology

عوامل زیستی در فرایندهای تخمیری

عوامل زیستی، پایه و اساس تمام فرایندهای تخمیری را تشکیل می‌دهند. عوامل زیستی مورد استفاده در فرایندهای تخمیری شامل *ریز/ند/مکان*، سلول‌های جانوری و گیاهی و اجزای سلولی است. در این قسمت هرکدام از این عوامل به طور خیلی مختصر شرح داده می‌شود.

ریز/ند/مکان: *ریز/ند/مکان*، موجودات بسیار ریز و زنده‌ای هستند که با چشم غیرمسلح دیده نمی‌شوند. از این رو وجود آنها تا قبل از اختراع میکروسکوپ برای انسان معلوم نبود. انواع *ریز/ند/مکان* عبارت‌اند از ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و تک‌یاختگان. برخلاف تصور عمومی که *ریز/ند/مکان* را موجوداتی زیان‌بار می‌داند و میکروب را مساوی با عامل بیماری تلقی می‌کند که در واقع چنین نیست، تنها تعداد بسیار اندکی از میکروب‌ها بیماری‌زا هستند و اکثر آنها، برعکس، برای بقای حیات بر روی کره زمین ضروری و مفیدند و در فرایندهای حیاتی نقش اساسی ایفا می‌کنند؛ به طوری که بدون وجود آنها حیات بر روی کره زمین میسر نخواهد بود. ویروس‌ها ساده‌ترین و کوچک‌ترین میکروب‌ها هستند که در مرز بین موجودات زنده و غیرزنده قرار دارند. ویروس‌ها به تنهایی قادر به انجام فعالیت‌های حیاتی نیستند و فقط در داخل یک سلول میزبان قادر به تکثیرند.

باکتری‌ها: ساده‌ترین موجودات زنده مستقل هستند و چنان کوچک‌اند که فقط با میکروسکوپ می‌توان آنها را دید. تکثیر باکتری‌ها به طور ساده با رشد آنها و سپس تقسیمشان به دو باکتری صورت می‌گیرد. **قارچ‌ها:** گروه دیگری از *ریز/ند/مکان* هستند که پیچیده‌تر از باکتری‌ها می‌باشند. از نظر شکل و اندازه متنوع بوده، به طوری که برخی از آنها مانند قارچ‌های چتری با چشم غیرمسلح دیده می‌شوند. **جلبک‌ها:** گروه دیگری از *ریز/ند/مکان* هستند که با استفاده از انرژی نورانی خورشید و CO_2 و سایر مواد معدنی، مواد مصرفی خود را می‌سازند.

تک‌یاختگان^۱

ریز/ند/مکان تک‌سلولی و متحرکی هستند که اغلب در محیط‌های آبی یافت می‌شوند.

همه انواع *ریز/ند/مکان* دارای کاربردهایی در زیست‌فناوری هستند، با این حال کاربرد باکتری‌ها و قارچ‌ها در صنایع تخمیری بیشتر از دو گروه دیگر است. *ریز/ند/مکان* به دلیل سرعت رشد بسیار بالا، در مقایسه با سایر موجودات، از نظر کاربردهای صنعتی مناسب‌ترند. علاوه بر این نیازهای غذایی پیچیده‌ای ندارند و می‌توانند در محیط کشت‌های ساده رشد و تکثیر یابند.

قسمت اعظم وزن خشک *ریز/ند/مکان* از پروتئین تشکیل شده است، لذا با توجه به کمبود منابع غذایی می‌توانند به عنوان یک منبع غذایی بالقوه مورد توجه قرار گیرند. همچنین در طی فرایند رشد هوازی، *ریز/ند/مکان* قادر به تبدیل مواد آلی به دی‌اکسیدکربن و آب هستند که از این توانایی آنها می‌توان در جذب مواد آلی زاید بهره برد. در صنایع شیمیایی، به خصوص صنایع پتروشیمی، نفت خام و مشتقات آن به عنوان مواد اولیه استفاده می‌شوند که از دسته مواد اولیه تجدیدناپذیرند، درحالی که *ریز/ند/مکان* از منابع تجدیدپذیر از قبیل ضایعات کشاورزی به عنوان ماده اولیه برای تولید محصولات مفید استفاده می‌کنند. این امر مزیت مهمی در استفاده از فرایندهای تخمیری نسبت به فرایندهای شیمیایی مرسوم به شمار می‌رود. در نهایت باید گفت که فرایندهای تخمیری و زیستی از نظر سازگاری با محیط زیست مناسب‌تر از سایر روش‌ها هستند و اثرات نامطلوب کمتری در محیط زیست ایجاد می‌کنند.

۱- Protozoa

سلول‌های جانوری و گیاهی: اساس تعدادی از فرایندهای تخمیری استفاده از سلول‌های جانوری و گیاهی است. برخی از فراورده‌های شیمیایی تنها با استفاده از سلول‌های جانوری و گیاهی قابل تولیدند. کشت سلول‌های جانوری و گیاهی در مقایسه با کشت ریزند/مکان دارای دشواری‌های بیشتری است که از آن جمله می‌توان به نیازمندی‌های غذایی پیچیده و حساسیت در برابر آلودگی‌ها اشاره کرد.

کشت سلول‌های جانوری برای تولید واکنش‌های ویروسی مدت‌های طولانی رایج ولی محدود به ظروف کوچک آزمایشگاهی بود؛ اما پس از آنکه اصول عملیات سترون‌سازی و فرایندهای سترون در جریان تولید پنی‌سیلین توسعه یافت امکان کشت سلول‌های جانوری در مقیاس‌های بزرگ هم فراهم شد. امروزه از کشت سلول‌های جانوری در بیوراکتورها، علاوه بر تولید واکنش‌ها، در تولید پروتئین‌های دارویی استفاده می‌شود. کشت سلول‌های گیاهی نیز دارای کاربردهای مختص به خود می‌باشد که از آن جمله می‌توان به تولید برخی ترکیبات شیمیایی، تولید گیاهان عاری از عوامل بیماری‌زا و تکثیر گیاهان در مقیاس بزرگ اشاره کرد.

آنزیم‌ها: آنزیم‌ها از مهم‌ترین اجزای سلولی هستند که در فرایندهای تخمیری استفاده وسیعی دارند. آنزیم‌ها، در واقع، مولکول‌های بزرگ پروتئینی‌اند که وظیفه کاتالیز واکنش‌های بیوشیمیایی را بر عهده دارند. به عبارت دیگر، تمام واکنش‌های بیوشیمیایی که توسط سلول‌ها به‌وقوع می‌پیوندد به کمک آنزیم‌ها صورت می‌گیرد. آنزیم‌ها قادرند سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی را تا ده میلیون برابر افزایش دهند. به همین دلیل است که موجودات زنده می‌توانند تعداد زیادی واکنش شیمیایی را در داخل خود در دما و فشار معتدل انجام دهند. آنزیم‌ها که آنها را باید بیوکاتالیزگر به‌شمار آورد، دارای ویژگی‌هایی هستند که آنها را از کاتالیزگرهای شیمیایی متمایز می‌سازد.

یکی از خصوصیات مهم آنزیم‌ها این است که این عوامل به‌صورت اختصاصی عمل می‌کنند، به عبارت دیگر تنها انجام واکنش خاصی را بر روی یک ماده اولیه خاص امکان‌پذیر می‌کنند. درحالی‌که کاتالیزگرهای شیمیایی انجام طیفی از واکنش‌ها را میسر می‌سازند. خصوصیت قابل توجه دیگر آنزیم، فعالیت در دما و فشار معمولی است درحالی‌که کاتالیزگرهای شیمیایی معمولاً در دما و یا فشارهای بسیار بالا عمل می‌کنند. آنزیم‌ها در خارج از سلول نیز قادرند نقش اختصاصی خود را ایفا کنند. در نتیجه می‌توان از آنها در صنایع مختلف برای تسریع واکنش‌های شیمیایی نیز استفاده کرد.

سلول، راکتوری با هزاران واکنش

یک میکروب ساده، مانند باکتری اشرشیاکلی^۱، با استفاده از مواد اولیه بسیار ساده‌ای از قبیل یک قند ساده (مانند گلوکز)، یک منبع نیتروژن (آمونوم) و مواد معدنی ساده، قادر است ترکیبات شیمیایی متعددی را تولید کند. تعدادی از این ترکیبات از مواد شیمیایی مهم در صنایع مختلف هستند. در واقع یک سلول مانند یک مجتمع شیمیایی عظیم می‌تواند مواد شیمیایی متعددی را تولید کند. برای مثال، در قارچ پنی‌سیلیوم طبیعی، میزان تولید آنتی‌بیوتیک پنی‌سیلین بسیار کم است درحالی‌که میزان تولید قارچ پنی‌سیلیوم صنعتی که در اثر انجام اصلاحات ژنتیکی، طی چهل سال به‌دست آمده است بیش از ده هزار برابر قارچ طبیعی است.

۱- واکنشگاه: ظرفی که در آن دست‌کم یک واکنش شیمیایی انجام شود. بیوراکتور: واکنش‌هایی که در آن واکنش‌های زیست‌فناوری توسط ریزندامکان صورت می‌گیرد.

۲- Escherichia Coli

انواع فراورده‌های تخمیری

محصولات تخمیری دارای تنوع گسترده‌ای هستند و آنها را می‌توان به چهار گروه اصلی زیر تقسیم کرد: **الف) توده سلولی کامل**^۱؛ در برخی موارد، سلول‌های میکروبی خود به‌عنوان فراورده نهایی یک فرایند تخمیری محسوب می‌شوند. توده سلولی **ریزاند/مکان** مختلف دارای کاربردهای متعددی هستند که به برخی از آنها در جدول ۲-۵ اشاره شده است.

جدول ۲-۵- برخی از کاربردهای سلول‌های کامل میکروبی

کاربرد	ارگانسیم
حشره‌کش میکروبی	باسیلوس تورینجسیس ^۲ و میکروب‌های مربوط به آن
مایه میکروبی برای تولید محصولات لبنی	گونه‌های لاکتوباسیلوس ^۳ و استرپتوکوکوس ^۴
خمیر مایه در نانوائی‌ها	ساکارومیسس سرویزیه ^۵
آغشته‌سازی بذر حبوبات برای تسهیل تثبیت نیتروژن	گونه‌های ریزوبیوم ^۶
پروتئین تک‌یاخته‌ای (SCP) برای تغذیه دام و طیور	ارگانسیم‌های مختلف

توجه

نیازی به حفظ کردن اسامی **ریزاند/مکان** نیست.



ب) ترکیبات با جرم مولکولی کم: در درون یک سلول هزاران واکنش بیوشیمیایی صورت می‌گیرد و مواد متعددی در این واکنش‌ها تولید و مصرف می‌شوند. به مجموع واکنش‌های درون یک سلول، متابولیسم^۷ و به مواد حاصل از این واکنش‌ها متابولیت^۸ گفته می‌شود.

پ) ترکیبات با جرم مولکولی زیاد: **ریزاند/مکان** برای تولید سه گروه از ترکیبات با جرم مولکولی زیاد (ماکرومولکول‌ها) به کار می‌روند. این ترکیبات شامل پلی‌ساکاریدها، لیپیدها و پروتئین‌ها هستند.

۱- Biomass

۲- Bacillus Thuringiensis

۳- Lactobacillus SP.

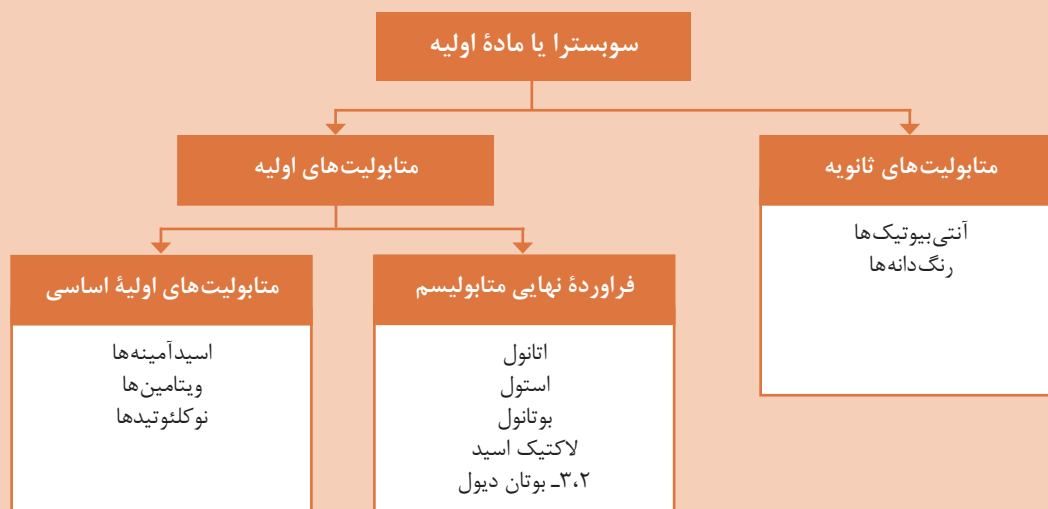
۴- Streptococcus SP.

۵- Saccharomyces Cerevisia

۶- Rhizobium SP.

۷- کلمه لاتین Metabolism

۸- کلمه لاتین Metabolite



گروه های مختلف ترکیبات با وزن مولکولی کم

پلی ساکاریدها در صنایع مختلفی مانند صنایع غذایی، تولید مواد بهداشتی-آرایشی، تولید پلاستیک های قابل تجزیه بیولوژیک^۱، صنایع دارویی و صنعت نفت کاربرد دارند. به برخی از این ترکیبات و کاربردها در جدول ۳-۵ اشاره شده است.

جدول ۳-۵- مصرف تجاری پلی ساکاریدهایی که توسط ریزاندامکان تعبیه شده اند.

پلی ساکارید	مصارف
صمغ گزانتان ^۲	صنایع غذایی، تولید خمیردندان، افزایش بازیافت نفت
ژلان ^۳	جامد کردن فرآورده های غذایی
امولسان ^۴	افزایش بازیافت نفت
دکستران ^۵	صنایع دارویی، تولید پلاسمای مصنوعی

متابولیت های سلولی به دو دسته متابولیت های اولیه و ثانویه تقسیم می شوند. متابولیت های اولیه: تولیدشان همراه با رشد سلول صورت می گیرد. متابولیت ثانویه: تولید آن در پایان مرحله رشد میکروارگانیسم صورت می گیرد.

۱- Biodegradable

۲- Xanthan gum

۳- Gellan

۴- Emulsan

۵- Dextran

برخی از لیپیدهایی که توسط ریز/ند/مکان تهیه می‌شوند (مانند پلی ۳- هیدروکسی توبرات) و سایر مواد مشابه در تولید ظروف یک‌بار مصرف کاربرد دارد. این ظروف قابل تجزیه بیولوژیکی هستند و انتظار می‌رود که در آینده جانشین مناسبی برای ظروف پلاستیکی که یکی از آلاینده‌های مهم محیط‌زیست هستند باشند. پروتئین‌های حاصل از ریز/ند/مکان اغلب نقش آنزیمی دارند.

برخی از آنزیم‌ها به صورت انبوه تولید می‌شوند و دارای کاربردهای مختلفی هستند (جدول ۴-۵) و بعضی دیگر در مقادیر اندک تولید شده و کاربردهای تشخیصی و دارویی دارند.

جدول ۴-۵- برخی از آنزیم‌های مهم صنعتی و کاربرد آنها

کاربرد	آنزیم
تهیه شربت گلوکز	آلفا - آمیلاز
هیدرولیز نشاسته	گلوکز آمیلاز
تهیه شربت فروکتوز	گلوکز ایزومراز
صاف کردن آب‌میوه‌ها	پکتیناز
حذف لاکتوز از آب پنیر	لاکتاز
مواد شوینده	پروتئاز قلیایی

تعدادی از پروتئین‌ها نیز وجود دارند که در حالت طبیعی توسط میکروب تولید نمی‌شوند بلکه توان تولید آنها توسط روش‌های مهندسی ژنتیک به میکروب انتقال داده می‌شود. به این دسته، پروتئین‌های نو ترکیب^۱ می‌گویند.

ت ترکیبات حاصل از تغییر و تبدیل زیست‌فناوری^۲ (بیولوژیکی): تغییر و تبدیل‌های بیولوژیکی فرایندهایی هستند که در آنها، یک میکروب ماده‌ای را به ماده دیگری، که از نظر ساختاری نزدیک به ماده اول است، تبدیل می‌کند. این فرایندها فقط شامل یک یا تعداد اندکی واکنش آنزیمی هستند. اگرچه تاکنون صدها تغییر و تبدیل بیولوژیکی متفاوت معرفی شده است اما این واکنش‌ها فقط در مواردی کاربرد صنعتی یافته‌اند که روش‌های شیمیایی معمول بسیار گران‌قیمت یا دشوار هستند. بهترین نمونه این فرایندها تولید کورتیزون است. برای تولید کورتیزون که باید ۳۷ مرحله واکنش شیمیایی انجام شود درحالی‌که با استفاده از واکنش‌های میکروبی تعداد آنها به ۱۱ مرحله کاهش می‌یابد.

۱- Recombinant Proteins

۲- Biotransformation

تولید فراورده‌های تخمیری در مقیاس صنعتی

هدف اصلی در فرایندهای تخمیری، کشت میکروپها در حجمی بزرگ (از چند لیتر تا چند صد مترمکعب) به منظور به دست آوردن توده سلولی و یا تولید فراورده مطلوب است. برای رسیدن به این هدف فعالیت‌های لازم را به سه بخش می‌توان تقسیم کرد.

فرایندهای بالادستی^۱: اولین و مهم‌ترین فعالیت این بخش **انتخاب ریزاندامک مناسب و اصلاح آن** تا رسیدن به توان تولید یا تبدیل مطلوب است. به این‌گونه **ریزاندامکان، ریزاندامکان صنعتی** می‌گویند. برای مثال میزان تولید پنی‌سیلین توسط قارچ طبیعی حدود ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر است در حالی که میزان پنی‌سیلین تولید قارچ صنعتی بیش از ۷۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. چنان‌که خواندید برای به دست آوردن روش تولید چنین ریزاندامکی نزدیک به چهل سال وقت صرف شده است. بنابراین حفظ و نگهداری **ریزاندامکان صنعتی** از اهمیت زیادی برخوردار است.

قدم بعدی، **انتخاب محیط کشت مناسب برای ریزاندامک** است، به طوری که این محیط بتواند نیازهای غذایی ریزاندامک را تأمین کند و شرایط مناسب را برای تولید محصول موردنظر فراهم سازد و همچنین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.

فعالیت بعدی **سترون‌سازی^۲ محیط کشت، هوا و تجهیزات** است. آنچه در فرایندهای تخمیری از اهمیت بالایی برخوردار است خالص بودن کشت (یعنی عاری از هرگونه ریزاندامک به غیر از ریزاندامک مطلوب بودن) و حفظ و نگهداری تخمیر در حالت سترون تا پایان عملیات تولید است. خروج سیستم تخمیری از حالت سترون، به عبارت دیگر آلوده شدن فرایند تخمیر، موجب حرکت فرایند به سمت تولید محصولات ناخواسته و کاهش بازده تولید می‌شود. به همین دلیل سترون‌سازی بیوراکتور^۳ یا فرمنتور^۴ و کلیه تجهیزات که به نوعی با سیستم تخمیری در ارتباطند از یک سو، و سترون‌سازی محیط کشت (عاری از هر نوع ریزاندامک) و هوای ورودی و مواد افزودنی به بیوراکتور از سوی دیگر، بسیار حائز اهمیت است. برای سترون کردن بیوراکتور، تجهیزات و محیط کشت، از بخار آب استفاده می‌شود. زمان و دمای سترون‌سازی دو عامل کلیدی در این عمل هستند. زمان زیاد سترون‌سازی، ارزش غذایی محیط کشت را کاهش داده و موجب عوامل سمی در آن می‌شود. از این رو در سترون‌سازی محیط کشت استفاده از دمای بالا و زمان کم، مناسب‌ترین روش است. هوای ورودی به فرمنتور نیز با عبور از فیلترهای خاص سترون می‌شود.

فعالیت دیگری که در مرحله فرایندهای بالادستی انجام می‌شود **تهیه مقدار کافی بذر^۵ یا مایه تلقیح^۶** است. بذر یا مایه تلقیح فرم زنده و مناسبی از ریزاندامک (سلول‌های رویشی یا اسپوری) است که برای شروع عملیات تخمیر به بیوراکتور اصلی اضافه می‌شود. معمولاً حجم مایه تلقیح بین ۳ تا ۱۰ درصد حجم کل محیط کشت است. بنابراین در عملیات صنعتی به تعدادی بیوراکتور یا فرمنتورهای کوچک‌تر نیاز است تا با انتقال متوالی مایه تلقیح، حجم آن را به حد مطلوب برسانیم. به این عمل توسعه تلقیح گفته می‌شود.

۱- Up Stream Processing

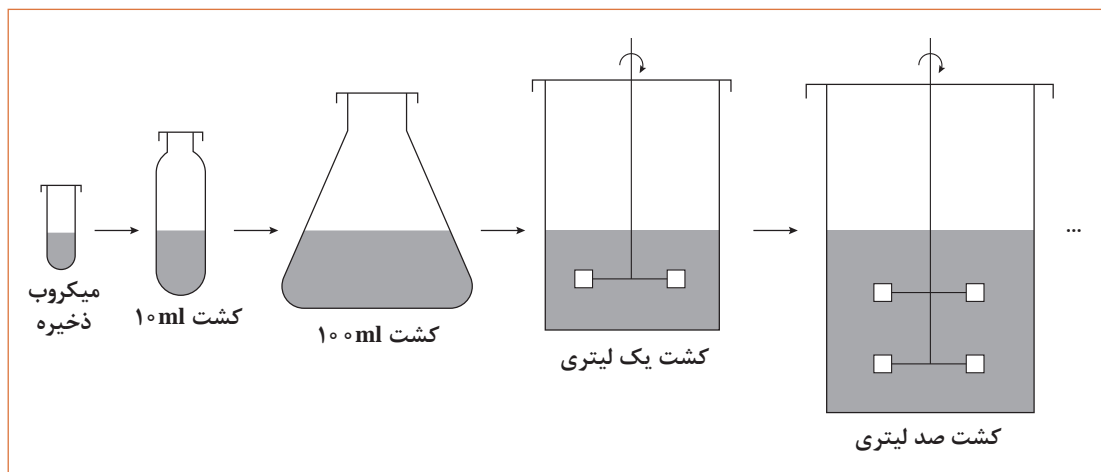
۲- Sterilization

۳- Bioreactor

۴- Fermentor

۵- Inoculum

۶- Seed



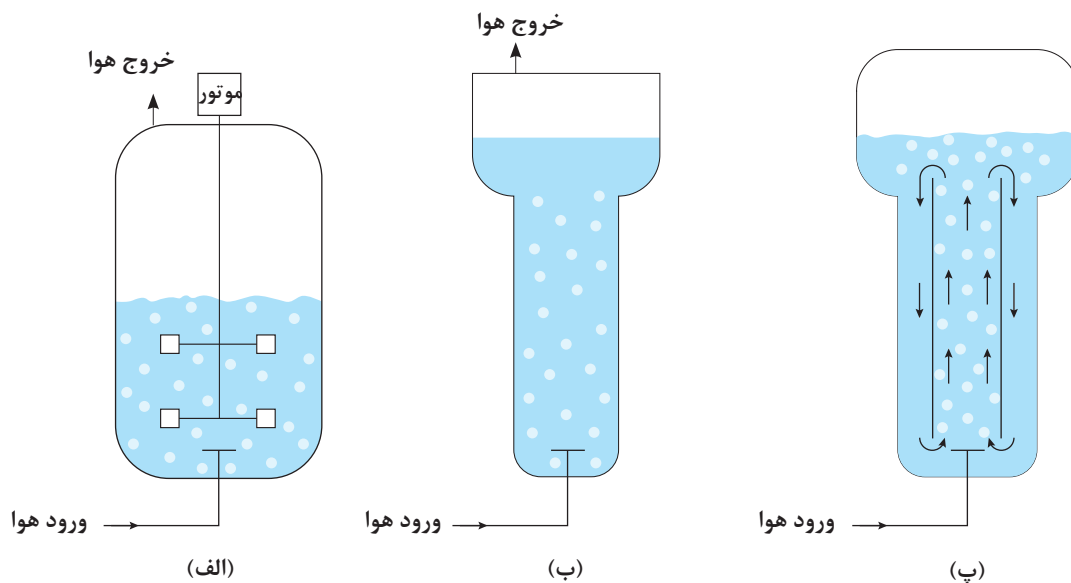
شکل ۱۱-۵- مراحل توسعه تلقیح برای تهیه حجم مناسبی مایه تلقیح

فرایند تخمیر^۱: فرایند تخمیر با افزودن حجم مناسبی از مایه تلقیح به یک فرمنتور تمیز و سترون که حاوی محیط کشت سترون است شروع می‌شود. تأمین اکسیژن مورد نیاز در حین عملیات تخمیر یکی از مهم‌ترین مسایل فرایندهای هوازی است. ریزند/مکان هوازی، برای رشد خود نیاز به اکسیژن دارند و هرگونه محدودیت اکسیژن موجب توقف یا کندی رشد آنها می‌شود. گاز اکسیژن باید در محیط کشت به صورت محلول درآید تا بتواند مورد استفاده ریزند/مک قرار بگیرد. مشکل اصلی در تأمین اکسیژن محلول، این است که حلالیت این گاز در سیستم‌های آبی بسیار کم است.

برای بهبود اکسیژن‌رسانی در فرمنتورها از هم‌زدن شدید محیط کشت توسط یک هم‌زن استفاده می‌شود که این عمل علاوه بر کاهش اندازه حباب‌های هوا، سه مزیت دیگر نیز دارد؛ یکی آنکه مدت زمان اقامت حباب‌ها در محیط کشت را افزایش می‌دهد؛ زیرا در این حالت حباب‌ها در محیط کشت به جای عبور از یک مسیر مستقیم، مسیری پریچ و خم را طی خواهند کرد. دوم آن که هم‌زدن باعث تسهیل انتقال اکسیژن محلول از مایع به سطوح سلول‌ها می‌شود و سوم آن که هم‌زدن باعث یک‌نواخت شدن محیط کشت و جلوگیری از رسوب سلول‌ها می‌شود.

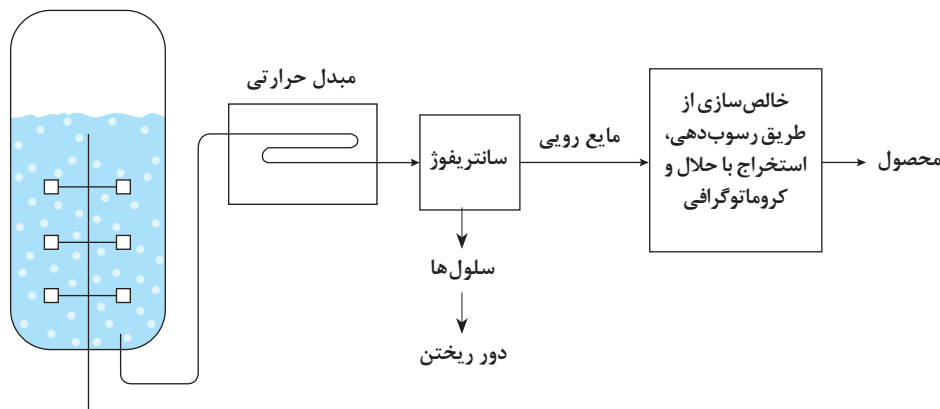
ابزار کلیدی در انجام عملیات تخمیر، فرمنتور یا بیوراکتور می‌باشد. بیوراکتور ظرف ویژه‌ای است که اولاً امکان انجام فرایندهای تخمیری را به صورت سترون فراهم می‌سازد و ثانیاً امکان کنترل عوامل مؤثر بر رشد ریزند/مکان را فراهم می‌کند. انواع مهم بیوراکتورهای مورد استفاده در صنایع تخمیری که از محیط کشت مایع استفاده می‌کنند شامل بیوراکتورهای مخزنی هم‌زن دار^۲، بیوراکتورهای ستونی حباب‌دار^۳ و بیوراکتورهای هواگرد^۴ می‌باشند (شکل ۱۲-۵).

۱- Fermentation Processing
 ۲- Stirred Tank Bioreactors
 ۳- Bubble Column Bioreactors
 ۴- Airlift Bioreactors



شکل ۵-۱۲- سه شکل ساده‌ای از انواع بیوراکتورها. الف) بیوراکتور مخزنی همزن دار ب) بیوراکتور ستونی حباب دار پ) بیوراکتور هواگرد

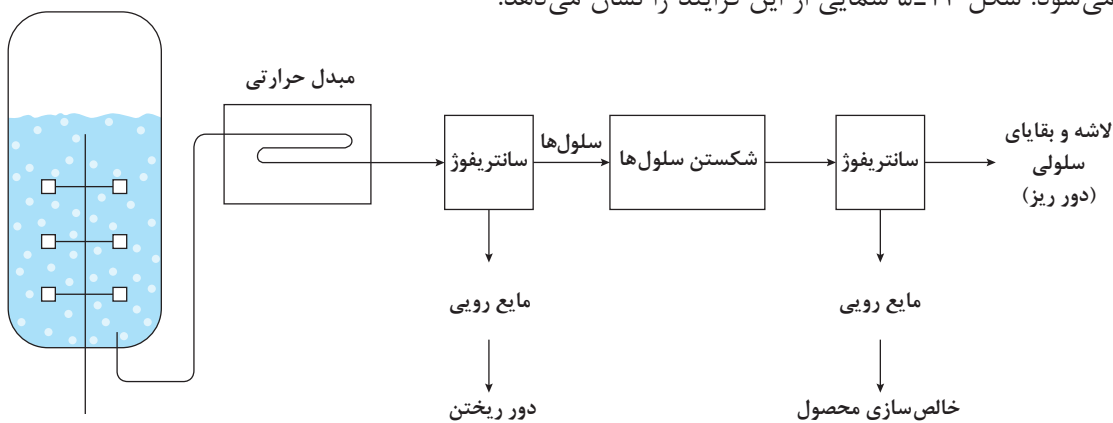
فرایندهای پایین دستی^۱: پس از عملیات تخمیر، اقدام بعدی جداسازی و بازیافت محصول موردنظر است. این مرحله شامل جداسازی سلول‌ها از محیط کشت و خالص‌سازی متابولیت موردنظر با شکستن سلول (در مورد متابولیت‌های درون سلولی^۲) و یا بدون آن (در مورد متابولیت‌های خارج سلولی^۳) می‌باشد. برخی از سلول‌های میکروبی، پس از توقف هوادهی و هم‌زدن، به سرعت ته‌نشین می‌شوند. این عمل را می‌توان با افزودن مواد منعقدکننده تسریع کرد. چنانچه ته‌نشین کردن سلول‌ها، با این روش امکان‌پذیر نباشد، برای جدا کردن آنها از سانتریفوژ یا فیلتر کردن استفاده می‌شود. مایع صاف شده حاصل از تخمیر حاوی متابولیت‌های میکروبی و آنزیم‌های خارج سلولی است و برای بازیافت آنها روش‌های متعددی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش‌های رسوب‌دهی، استخراج با حلال و انواع روش‌های کروماتوگرافی اشاره کرد (شکل ۵-۱۳).



شکل ۵-۱۳- طرح ساده‌ای از فعالیت‌هایی که پس از فرایند تخمیر برای جداسازی آنزیم‌های برون سلولی انجام می‌شود.

۱- Downstream Processing
 ۲- Intracellular
 ۳- Extracellular

اگر فرآورده موردنظر درون سلولی باشد، برای آزاد کردن آن، شکستن سلول‌ها ضروری است. در آزمایشگاه از روش‌های فیزیکی و شیمیایی متعددی می‌توان برای این کار استفاده کرد ولی اکثر این روش‌ها در مقیاس بزرگ و صنعتی قابل استفاده نیست. همگن‌سازی با فشار بالا^۱ و آسیاب‌های ساچمه‌ای با سرعت زیاد^۲ دو روشی هستند که در مقیاس‌های بزرگ استفاده می‌شوند. در روش شکستن سلول‌ها با استفاده از فشار بالا، سوسپانسیون میکروبی را، از محیطی با فشار بالا، از طریق منفذ ریزی وارد محیطی با فشار کم می‌کنند، در نتیجه سلول‌ها در اثر کاهش فشار می‌شکنند. پس از شکستن سلول‌ها، اجساد سلولی را باید از محیط خارج کرد که برای انجام این عمل نیز از سانتریفوژ و یا فیلتر کردن استفاده می‌شود. پس از این عمل محصول درون سلولی با روش‌های ذکر شده برای محصولات برون سلولی خالص‌سازی می‌شود. فعالیت‌های پس از خالص‌سازی محصول، شامل تبدیل محصول به فرم مطلوب، بسته‌بندی آن، انبارداری و بازاریابی و فروش است که به مجموعه این عملیات و همچنین تصفیهٔ پساب‌های حاصل مجموعاً فرایندهای پایین دستی گفته می‌شود. شکل ۱۴-۵ شمایی از این فرایند را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴-۵- طرح ساده‌ای از فعالیت‌هایی که پس از فرایند تخمیر برای جداسازی آنزیم‌های درون سلولی انجام می‌شود.

زیست فناوری برای توسعه پایدار

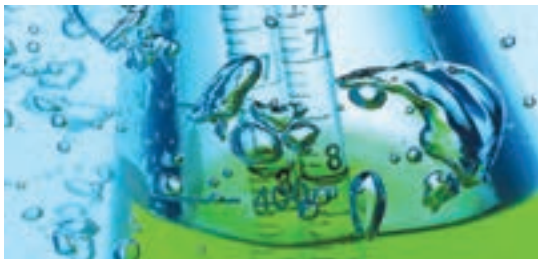
با توجه به اینکه منابع زیستی بخشی از کره زمین می‌باشد، حفاظت و حمایت از منابع طبیعی کشور و اشاعه فرهنگ زیست‌محیطی وظیفه ملی و دینی هر ایرانی است. یکی از ابزارهای کاربردی جهت رسیدن به توسعه پایدار، استفاده از فناوری‌های نوین بخصوص بیوتکنولوژی می‌باشد. از آنجا که کاربردهای بیوتکنولوژی در کلیه شئون زندگی بشر نقش آفرین شده است، بنابراین بیوتکنولوژی علاوه بر اینکه می‌تواند ابزار مناسب و قدرتمندی برای دستیابی به توسعه پایدار به‌شمار آید، کاربرد وسیع آن در بخش‌های مختلف نشانگر گستره وسیع این علم می‌باشد. برخی از کاربردهای آن عبارت‌اند از:

- تولید فراورده‌های غذایی
- تولید آنزیم‌های گوناگون با کاربرد در صنایع غذایی و دارویی
- تولید انرژی
- تولید فراورده‌های ویژه دارویی (آنتی‌بیوتیک‌ها و پروتئین‌ها) که از طرق عادی امکان تولید آنها میسر نیست.
- تصفیه بیولوژیکی آب‌های آلوده و پساب‌ها



- ۱ مفهوم واژه بیوتکنولوژی چیست؟
- ۲ دلایل استفاده از ریزاندا/مکان در صنایع تخمیری چیست؟
- ۳ کدام گروه از ریزاندا/مکان کاربرد بیشتری در صنایع تخمیری دارند؟
- ۴ دو مورد از کاربردهای سلول‌های جانوری در صنایع تخمیری را نام ببرید.
- ۵ تفاوت آنزیم‌ها با کاتالیزگرهای شیمیایی چیست؟
- ۶ منظور از متابولیت چیست؟
- ۷ چهار فعالیت اصلی را در فرایندهای بالادستی نام ببرید.
- ۸ مزایای هم‌زدن محیط کشت در بیوراکتورها چیست؟
- ۹ نقش بیوراکتور در فرایند تخمیر چیست؟
- ۱۰ تفاوت محصولات درون سلولی و برون سلولی در مرحله خالص‌سازی چیست؟
- ۱۱ دو مورد از روش‌های بازیافت محصول را نام ببرید.

۵-۵- شیمی سبز چیست؟



بارها از آسیب‌های مواد شیمیایی به بدن آدمی و محیط زیست شنیده و خوانده‌اید. آیا دوری و پرهیز از به‌کارگیری مواد شیمیایی می‌تواند به ما کمک کند، تا چه اندازه‌ای می‌توانید از آنها دوری کنید؟ کدام یک از فراورده‌های شیمیایی را می‌توان یافت که با آسیب به سلامت آدمی یا محیط زیست همراه

نباشد؟ داروهایی که سلامتی ما به آنها بستگی زیادی دارد، با آسیب‌هایی به بدن ما نیز همراهند. آیا می‌توان آنها را به کار نبرد؟ آیا می‌توان آب تصفیه شده با مواد شیمیایی را استفاده نکرد؟

بی‌گمان هر اندازه که بتوان از به‌کارگیری مواد شیمیایی در زندگی خود پرهیز کرد یا از رها شدن این‌گونه مواد در طبیعت جلوگیری شود، به سلامت خود و محیط زیست کمک کرده‌ایم. اما به نظر می‌رسد که در این راهکارهای پیشگیرانه، که تاکنون کارآمد چشمگیری از خود نشان نداده‌اند، باید به راه‌هایی کارآمدتر نیز اندیشید که دگرگونی در شیوه ساختن مواد شیمیایی در راستای کاهش آسیب‌های آنها به آدمی و محیط زیست یکی از این راه‌ها است. امروزه، از این رویکرد نوین با عنوان شیمی سبز یاد می‌شود که عبارت است از: طراحی فراورده‌ها و فرایندهای شیمیایی که به‌کارگیری و تولید مواد آسیب‌رسان به سلامت آدمی و محیط زیست را کاهش می‌دهند، یا از بین می‌برند.

در علم شیمی انقلابی سبز در حال شکل‌گیری است که نه تنها پایداری محیط و سودبخشی را به ارمغان می‌آورد بلکه از خطرات فاجعه‌های صنعتی نیز می‌کاهد.

شیمی سبز عبارت است از تولید محصولات جدید با استفاده از روش‌های جدیدی که متناسب با هدف‌های سه‌گانه «محیط زیست پایدار - اقتصاد پایدار - و جامعه پایدار» است.

استفاده از شیمی سبز به طور کلی با کاستن مخارج همراه است که کاهش یا حذف کلی مخارج از بین بردن پسماندهای شیمی جزئی از آن است و نیز پیامدها و اثرات منفی زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند این دو عامل، رقابت‌پذیری بیشتری برای شرکت‌ها ایجاد می‌نماید. شیمی سبز کره زمین را تمیزتر، ایمن‌تر و بهره‌ورتر می‌نماید. شیمی سبز وجدان علم شیمی و راه آینده است.

معرفی اصول شیمی سبز

شیمی دان‌ها می‌توانند با یافتن راه‌هایی برای کاهش مصرف و حذف تولید یا کاربرد مواد سمی (در فرایندهای شیمیایی) به حفظ سلامت بشر و استانداردهای زیست‌محیطی کمک کنند. شیمی سبز از دوازده اصل تشکیل می‌شود که هشت اصل آن عبارت است از:

اصل اول - پیشگیری از آلودگی: بهتر است به جای رفع آلودگی صنعتی پس از تشکیل در جریان یک فرایند صنعتی فرایندهای شیمیایی را چنان طراحی کرد که به‌طور کلی آلاینده نباشند.

اصل دوم - کارایی بهینه اتم‌ها: روش‌های سنتزی باید طوری طراحی شوند که حداکثر تعداد اتم‌های واکنش‌دهنده در یک واکنش مورد مصرف قرار گیرند.

اصل سوم - واکنش با آلاینده‌گی کمتر: تا آنجا که ممکن است باید روش‌های تولید طوری انتخاب شوند که در آنها کمترین استفاده از مواد شیمیایی سمی به‌عمل آید و همچنین محصول واکنش‌ها سمی نباشد.

اصل چهارم - تولید فراورده‌های شیمیایی غیرسمی: محصولات شیمیایی باید در صورت امکان کمترین اثرات سمی را به همراه داشته باشند.

اصل پنجم - استفاده از حلال‌ها و مواد کمکی با سمیت کمتر: باید در فرایندهای جانبی مربوط به یک واکنش شیمیایی صنعتی مانند انحلال و استخراج تا حد ممکن از مواد غیرسمی استفاده شود.

اصل ششم - کارایی بیشتر انرژی: ملاحظات مربوط به انرژی باید برای کلیه بخش‌های یک فرایند مورد توجه قرار گیرد تا آن فرایند با صرف حداقل میزان انرژی و ایجاد کمترین اثرات منفی زیست‌محیطی انجام شود. در یک فرایند شیمیایی کاربردهای انرژی به شکل‌های مختلف مشاهده می‌شود که برخی از آنها عبارت‌اند از: حرارت دادن، سرد کردن، ایجاد سر و صدا، افزایش فشار، ایجاد خلأ و نیز انرژی مورد نیاز برای جداسازی و خالص‌سازی محصولات واکنش.

اصل هفتم - کاتالیز واکنش‌ها: کاتالیزگرها به دلیل نقشی که در سرعت بخشیدن به واکنش‌ها دارند مورد استفاده فراوان هستند. همچنین در بسیاری از موارد، افزایش گزینش‌پذیری واکنش‌ها سبب کاهش تشکیل محصولات جانبی و افزایش درجه خلوص محصول می‌شود.

اصل هشتم - تجزیه‌پذیری محصولات: فرایندهای شیمیایی باید چنان طراحی شوند که محصولات نهایی آنها در طبیعت موادی تجزیه‌پذیر باشند.

۱ به نظر شما تفاوت اصول شیمی سبز با ملاحظات زیست‌محیطی چیست؟

۲ برخی از کاربردهای شیمی سبز را نام ببرید؟

پرسش



تحقیق کنید



چهار اصل باقیمانده شیمی سبز را بنویسید و برای هر یک از اصول شیمی سبز یک مثال واقعی بیاورید.

جدول ارزشیابی پودمان فناوری‌ها و نوآوری‌ها

نمره	شاخص تحقیق	نتایج مورد انتظار	استاندارد عملکرد (کیفیت)	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	عنوان پودمان
۳	بررسی ویژگی و ساختار و کاربرد نانو در اتم فناوری زیستی، بیان ۱۲ اصل شیمی سبز	بالاتر از حد انتظار	بررسی ویژگی نانو ذرات و ساختار آن - دسته‌بندی کاربردهای نانو - بررسی فناوری زیستی - بررسی شیمی سبز و اصول شیمی سبز	۱- بررسی فناوری نانو ۲- فناوری زیستی ۳- بررسی شیمی سبز	پودمان ۵: فناوری‌ها و نوآوری‌ها
۲	بررسی ویژگی و ساختار و کاربرد نانو در اتم، بررسی فناوری زیستی بیان ۸ اصل شیمی سبز	در حد انتظار			
۱	بررسی ویژگی نانو در اتم - بررسی ناقص فناوری زیستی	پایین تر از حد انتظار			
			نمره مستمر از ۵		
			نمره شایستگی پودمان		
			نمره پودمان از ۲۰		

منابع

- ۱ برنامه درسی درس دانش فنی پایه رشته صنایع شیمیایی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۴.
- ۲ سیلبربرگ مارتین، اصول شیمی عمومی، جلد اول و دوم، ترجمه میرمحمد صادقی مجید، پارسا فر غلام‌عباس، سعیدی محمدرضا، مرکز نشر نوپردازان، ۱۳۹۳.
- ۳ پارسا فر غلام‌عباس، شفیع افشین، جلالی هروی مهدی، و... شیمی با نگرش تحلیلی، جلد اول و دوم، مؤسسه فرهنگی فاطمی، ۱۳۸۸.
- ۴ اسمیت اسموت پرایس، شیمی عمومی با نگرش کاربردی جلد اول، دوم و سوم، ترجمه خواجه نصیری احمد، سیدی علی، عابدینی منصور، مؤسسه فرهنگی فاطمی، ۱۳۸۳.
- ۵ مورتیمر چارلز، شیمی عمومی، ترجمه خواجه نصیر طوسی احمد، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۳.
- ۶ جوستن ملوین، جانستن دیوید، ترجمه خواجه نصیر طوسی احمد، انتشارات فاطمی.
- ۷ شیمی عمومی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۸ شیمی آلی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۹ شناخت صنایع شیمیایی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۱۰ شیمی معدنی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۱۱ فرایندهای شیمی عمومی، رشته صنایع شیمیایی، سال دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۱۲ کنشلو، طیبه و همکاران، راهنمای انتخاب رشته، انتشارات مدرسه، ۱۳۸۸.
- ۱۳ دیوید ویلیام، آرتور شارپ، فرهنگ شیمی، ترجمه یآوری عیسی، انتشارات فاطمی، ۱۳۷۵.

