

# ● مروری بر کاربرد بیوتکنولوژی در صنعت، کشاورزی و

## محیط زیست

مریم صابریان ثانی\*، رحمان اکبری\*\*، محمد طلائیان عراقی\*\*\*

\*-محقق پژوهشکده فناوری سلامت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران

\*\*-کارشناس ارشد عمران محیط زیست، دانشگاه محیط زیست کرج، ایران

\*\*\*-استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه محیط زیست کرج

واژه بیوتکنولوژی نخستین بار در سال ۱۹۱۹ از سوی «کارل ارکی» به مفهوم کاربرد علوم زیستی و اثر متقابل آن‌ها در فناوری‌های ساخت بشر به‌کار برده شده است. اساس و پایه بیوتکنولوژی جدید را می‌توان انتقال ژن‌های یک موجود به موجود دیگر و فعال ساختن آن‌ها در موجود جدید دانست. این فناوری رو به گسترش بوده و امروزه به سرعت در صنایع و کشاورزی ورود نموده است؛ همچنین در جهت پاکسازی محیط‌های آبی، خاکی و هوا به محیط زیست خدمت رسانی می‌کند. هدف این مقاله، مروری بر کاربردهای بیوتکنولوژی و شرح مفاهیم اساسی این علم است.

کلمات کلیدی: بیوتکنولوژی، توسعه پایدار، زیست‌تخریب پذیری، فناوری سبز.

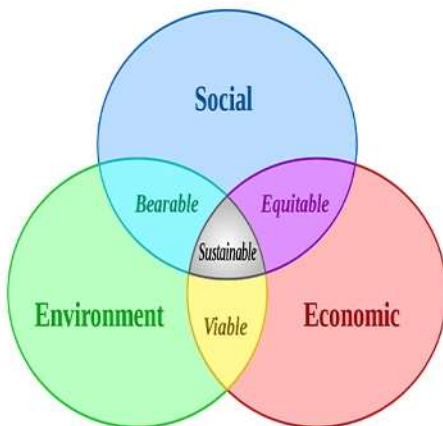
### مقدمه

یکی از بهترین راه کارهای حذف آلودگی‌های محیط زیست، تجزیه زیستی با استفاده از میکروارگانیسم‌ها و گیاهان می‌باشد. بیوتکنولوژی علم و فناوری کلیدی است که در حوزه‌های مختلف محیط زیست با سرعت زیادی در حال تحقیق و توسعه است. بیوتکنولوژی محیط زیست در واقع این امکان را به ما می‌دهد که با کارگیری توانمندی زیست کاتالیزورهای گیاهی و میکروارگانیسم‌های (مخمرها، قارچ‌ها و باکتری‌ها) طبیعی و نوترکیب، به حفظ و ارتقای محیط زیست کمک کنیم. در این راستا بیوتکنولوژی با استفاده از فناوری مهندسی ژنتیک و DNA نو ترکیب کمک به توسعه میکروارگانیسم‌ها و گیاهانی کرده است که در پالایش آلودگی زیست محیطی از قبیل آلاینده‌های خاک و آب و حذف هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین بسیار مؤثر بوده و توانسته است موجودات دست‌ورزی شده ژنتیکی با راندمان و کارایی بالایی تولید کند. همچنین با ایجاد فناوری‌های پیشرفته مربوط به تولید سوخت‌های زیستی و بیوپلاستیک‌ها، کمک قابل توجهی جهت حفظ سلامت و جلوگیری از آلودگی محیط زیست نموده است. کشور ایران به‌عنوان یک کشور در حال توسعه به عوامل آلاینده متعدد و بحران‌های زیست‌محیطی مختلفی درگیر می‌باشد و لذا ضرورت دارد که در خصوص تحقیق و توسعه علم و فناوری زیستی (یا بیوتکنولوژی) محیطی در کشور برنامه ریزی و اقدامات لازم صورت گیرد. در این خصوص نکته مهم و کلیدی جهت رسیدن به نتایج مطلوب آن است که تحقیق و توسعه این علم و فناوری در راستای اولویت‌ها و بحران‌های اصلی زیست‌محیطی کشور باشد. بعلاوه آنکه بومی‌سازی این فناوری مبتنی بر ذخایر ژنتیکی بومی و سازگار با اقلیم کشور صورت گیرد و در گام اول باید اقدام به جمع‌آوری و حفظ ذخایر ژنتیکی مؤثر در جذب و تجزیه زیستی آلاینده‌ها نمود و سپس به تناسب نیازهای زیست‌محیطی اقدام به ارزیابی و بهره‌بردارای از آن‌ها نمود. در این مقاله، مروری کلی بر مهم‌ترین کاربردهای بیوتکنولوژی محیطی جهت حذف آلودگی‌های مختلف محیط زیست صورت گرفته است و به تشریح مفاهیم اساسی این علم می‌پردازد.

### توسعه پایدار (Sustainable Development)

تأمین نیازهای نسل‌های حاضر بدون به خطر انداختن توانایی تامین نیازهای نسل‌های آینده تعریفی از توسعه پایدار است که اولین بار در سال ۱۹۸۷ توسط «گروه‌های براندتلند» نخست وزیر وقت نروژ در کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه (موسوم به گزارش براندتلند) مطرح شد. مؤلفه‌های توسعه پایدار در سال ۱۹۹۲ در نشست بین‌المللی ریو بررسی شد و اقدامات جهانی، ملی و منطقه‌ای لازم برای دستیابی به آن‌ها به تصویب رسید (شکل ۱) که شامل موارد زیر است:

- رشد اقتصادی: کاهش دادن ارتباط بین استخراج منابع و رشد اقتصادی و یافتن راه‌هایی برای رسیدن پیشرفت اقتصادی بدون تخریب محیط زیست.
- حفاظت از محیط زیست: استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های سبز.
- برابری اجتماعی: قاعده انصاف و برابری اجتماعی، پایه‌ای‌ترین تمرکز توسعه پایدار در رفاه اجتماعی مردم است.



شکل ۱- نمایی از توسعه پایدار



شکل ۲- پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر

#### پلی لاکتیک اسید (PLA)

پلی لاکتیک اسید یکی از سازگارترین بیوپلاستیک‌ها با محیط زیست است که امروزه وجود دارند. خصوصیات PLA شبیه پلی اتیلن و پلی پروپیلن است. این پلیمر توسط تخمیر باکتریایی کربوهیدرات‌ها عمدتاً به وسیله لاکتوباسیلوس‌ها تولید می‌شود.

#### پلی هیدروکسی استرهای ۳، ۴، ۵، ۶- هیدروکسی آلکانوئیک اسیدها

پلی استرهای زیست تخریب پذیر بسیار شبیه پلی پروپیلن هستند که تحت شرایط استرس و منبع اضافی کربن توسط آنزیم PHA synthase در بعضی گونه‌های باکتریایی از جمله *Bacillus megaterium* و *Ralstonia eutrophus* تولید می‌شوند و کاربردهای وسیعی در بخش‌های صنعتی (فیلم، کاغذهای چندلایه، کیف و ...)، زیست پزشکی و کشاورزی دارند.

#### سوخت‌های زیستی (Biofuel)

سوخت گاز، مایع یا جامد است که محتوای انرژی آن از منابع زیستی به دست آمده است. مواد آلی که بدن موجودات زنده را می‌سازند، منبعی بالقوه از انرژی ذخیره شده هستند که می‌توان از آن‌ها به عنوان سوخت زیستی استفاده کرد. به طور کلی منابع اولیه سوخت‌های زیستی در ضایعات چوبی، تفاله‌های محصولات کشاورزی، نیشکر، غلات، روغن گیاهان و سبزیجات، پسماندهای روغن (مانند چربی مرغ و روغن آشپزی استفاده شده در رستوران‌ها)، روغن گیاهان تازه (مانند روغن دانه سویا) و محصولات غیرخوراکی (همچون روغن جلبک‌ها) اشاره کرد. سوخت‌هایی که از محصولات پس مانده مثل روغن آشپزخانه و یا اتانول گرفته شده از علف و یا تراشه‌های چوب تولید می‌شوند، بیشترین سازگاری را روی محیط زیست دارند (شکل ۳).



شکل ۳- نمایی از تولید سوخت زیستی

#### فناوری‌های سبز (سازگار با محیط زیست)

کالا‌های سازگار با محیط زیست به خدمات، قوانین، راهبردها و سیاست‌هایی گفته می‌شود که آسیب آن‌ها برای اکوسیستم‌ها یا محیط زیست کاهش یافته، حداقل و یا صفر شده است. معمولاً محصولات سازگار با محیط زیست بخشی از چرخه ذاتی زمین بوده و قابل تجزیه به عناصر طبیعی خود می‌باشند؛ یعنی با زیست تخریب پذیری ارتباط پیدا می‌کنند.

#### زیست تخریب پذیری (Biodegradability)

به ماده‌ای زیست تخریب پذیر گفته می‌شود که بتواند توسط باکتری‌ها یا عوامل زیستی دیگر تجزیه شود. در این میان، بیشترین توجه به چند نوع بیوپلیمر در جهان معطوف شده است مانند: پلیمرهای بر پایه نشاسته و پلی لاکتیک اسید (PLA).

#### اقتصاد زیستی

یک موضوع بین رشته‌ای است که ارتباط زیست‌شناسی، انسان و اقتصاد را مطالعه می‌کند. در این علم، تولید منابع زیستی تجدیدپذیر و تبدیل آن‌ها به غذای انسان، دام و طیور، محصولات زیستی و انرژی زیستی از طریق فناوری‌های مبتکرانه و کارآمد به وجود آمده که توسط زیست‌فناوری بررسی می‌شود.

#### ظرفیت‌های زیست فناوری برای تولید مواد زیست

##### تخریب‌پذیر

##### بیوتکنولوژی در صنعت

پلیمرهایی طبیعی هستند که به عنوان مواد سخت (پوششی، حمایتی) در بسیاری از ارگانیزم‌های آبی، حشرات و قارچ‌ها وجود دارند. پلیمرهای کیتین و کیتوسان را امروزه به صورت تجاری از پوسته‌های میگو، خرچنگ و صفحه‌های استخوانی سرپایان و یا از راه تولید توسط ریزجلبک‌هایی مثل کلورا و اسپیرولینا تهیه کرده و به شکل پودر، محلول، هیدروژل، غشا و غیره عرضه می‌کنند. کیتوسان دارای کاربردهای مختلفی از عامل آنتی اکسیدان و پوششی گرفته تا محافظت کننده چوب در برابر قارچ‌ها می‌باشد.

#### پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر

پلاستیک‌ها که از مشتقات نفتی به حساب می‌آیند به علت عدم تجزیه‌پذیری در طبیعت، به محیط زیست آسیب می‌رسانند و تلاش برای حذف کردن آن‌ها و یافتن جایگزین مناسب برای آن‌ها سال‌هاست که ادامه دارد. استفاده از نشاسته و ضایعات کارخانه‌های فرآوری سیب‌زمینی یا ذرت، برای تولید بیوپلاستیک‌ها که کاربردهای بسیار وسیعی دارند به تولید تجاری رسیده‌اند (شکل ۲).

## مزیت‌های نسبی سوخت‌های زیستی

چنانچه متناسب با نیازهای هر کشور طبقه‌بندی‌های لازم صورت گیرد راندمان و بهره‌وری افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال در مورد بیواتانول که همان اتانول یا الکل معمولی است، که به جهت سازگاری با محیط زیست، بیواتانول نامیده می‌شود؛ مشتمل بر کربوهیدرات‌های پیچیده در نباتات است و پتانسیل یک سوخت را دارد، دارای مزیت‌های زیر می‌باشد:

- تولید بیواتانول از نیشکر و محصولات دیگر (غلات، ذرت و چغندر قند) صورت می‌گیرد.
- اتومبیلی که با سوخت اتانول کار می‌کند دارای انتشارات دی‌اکسیدکربن نیز هست ولی میزان آن برابر میزان دی‌اکسیدکربنی است که گیاهان در طی مدت زمان رشدشان جذب می‌کنند و از این‌رو انتشار این میزان دی‌اکسیدکربن بی‌اثر است.
- بیواتانول در مقایسه با بنزین معمولی، ۶۵-۳۰ درصد گاز دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد اما این میزان کاهش بستگی به چگونگی تولید اتانول و همچنین نحوه کاربرد آن را دارد.
- اتانول تولیدی از غلات و ذرت باعث کاهش ۴۰-۲۰ درصدی گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود.
- اتانول تولیدی از نیشکر باعث کاهش ۵۰-۳۰ درصدی گاز دی‌اکسید کربن می‌شود.
- بنابراین تولید و استفاده از بنزین اتانول‌دار در خودروها، آلودگی‌های زیست محیطی را کاهش خواهد داد و تولید این نوع از بنزین یک حرکت زیست محیطی به‌شمار می‌رود.



شکل ۴- سوخت پاک

## بیوتکنولوژی در کشاورزی

هدف بیوتکنولوژی کشاورزی، افزایش میزان و کیفیت تولید، کاهش هزینه تمام شده و نیز کاهش مشکلات زیست‌محیطی است. ظرفیت‌های زیست فناوری در کشاورزی وسیع بوده و باعث جایگزینی بسیاری از کودهای شیمیایی و سموم و آفت‌کش‌ها می‌شود (شکل ۵).

## مزایای گیاهان اصلاح شده مقاوم به حشرات

- افزایش بازده
- کاهش ریسک تولید (هر سال ۲۵ درصد محصولات غذایی کشت شده در اثر آسیب آفات از بین می‌روند).

- کاهش استفاده از حشره کش‌ها

• سم Bt که از باکتری *Bacillus thuringiensis* گرفته می‌شود عملکرد بسیار خوبی علیه حشرات آفت دارد.

• با قرار دادن ژن تولیدکننده سم Bt در گیاهان به کمک مهندسی ژنتیک، گیاهان تولیدکننده این سم و مقاوم به آفات تولید شده‌اند (شکل ۵).

اصلاح ژنتیکی گیاهان موجب کاهش قابل توجه آثار زیست محیطی ناشی از استفاده از حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها شده است؛ که بیشترین نقش مثبت را گیاهان تراریخته مقاوم به حشرات ایفا کرده‌اند، از جمله تأثیر بر تولید گازهای گلخانه‌ای، کاهش مصرف سوخت به‌علت کاهش دفعات استفاده از علف‌کش‌ها یا حشره‌کش‌ها و کاهش استفاده از انرژی در کشاورزی استفاده از سیستم‌های کشت بدون شخم یا کم شخم.



شکل ۵- انتقال ژن تولیدکننده سم Bt در گیاهان به کمک مهندسی ژنتیک

## بیوتکنولوژی در محیط‌زیست

زیست‌فناوری محیط‌زیست، سیستمی از علوم پایه و دانش مهندسی است که به استفاده از میکروارگانیسم‌ها و محصولات آن‌ها در جلوگیری، تیمار و نظارت در حوزه آلودگی‌های زیست محیطی مربوط می‌شود؛ این اقدامات از طریق تصفیه زیستی ضایعات جامد، مایع و گازی و نیز تصفیه زیستی محیط‌های مختلف و نظارت بیولوژیکی فرآیندهای زیست محیطی و تصفیه انجام می‌پذیرند. میکروارگانیسم‌های مناسب برای تصفیه زیستی مواد مضر را می‌توان از محیط طبیعی جدا کرد. اما توانایی تجزیه زیستی را می‌توان به کمک تغییرات مصنوعی خصوصیات ژنتیکی تغییر یا افزایش داد. نو ترکیب یا مهندسی ژنتیک می‌تواند با ایجاد DNA تکنیک‌های نو ترکیبی مصنوعی، تعداد ژن‌های دلخواه ما را افزایش دهند. تجزیه زیستی مواد آلی فاضلاب شهری و تجزیه زیستی سم‌زدایی مواد مضر در فاضلاب صنعتی اصلی ترین کاربرد زیست‌فناوری محیطی است. از دیگر کاربردهای آن جلوگیری از آلودگی و بازیابی کیفیت آب در مخازن، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و نواحی ساحلی، و تصفیه آب قابل حمل، تست‌های سمیت و آسیب‌زایی، بیوسنسورها و بیوجیپ‌ها برای نظارت بر کیفیت محیط زیست می‌باشد.

## زیست پالایی

برخی موجودات زنده و یا سیستم‌های ساخته شده حاوی مواد زیستی (Biomaterial) می‌توانند به پالایش و حذف آلاینده‌ها یا جلوگیری از انتشار آن‌ها کمک کنند، مانند:

### تیمار هوازی مایعات

فاضلاب می‌تواند به صورت هوازی در بیوراکتورهای مختلف تصفیه شود. کومتابولیسم به تجزیه زیستی همزمان مواد آلی مضر (که به عنوان منبع انرژی استفاده نمی‌شوند) و مواد دارای شباهت شیمی فضا، که به عنوان منبع کربن و انرژی برای سلول‌های میکروبی عمل می‌کنند گفته می‌شود.

### تیمار هوازی گازها

کاربردهای اصلی زیست فناوری برای تیمار مواد زائد گازی شامل حذف زیستی حلال‌های آلی زیست‌تخریب‌پذیر، بوها و گازهای سمی مانند هیدروژن سولفید و گازهای حاوی گوگرد از هوای تهویه خروجی در صنعت و غیره است.

### تیمار بی هوازی به کمک زیست فناوری

تیمار تصفیه بی‌هوازی به کمک میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی، بی‌هوازی اختیاری و هوازی اجباری انجام می‌شود.

## منابع

Freemont, P. S. (2019). Synthetic biology industry: data-driven design is creating new opportunities in biotechnology. *Emerging Topics in Life Sciences*, 3(5): 651-657.

Gaur, N. (2018). Recent advances in the bio-remediation of persistent organic pollutants and its effect on environment. *Journal of cleaner production*, 198: 1602-1631.

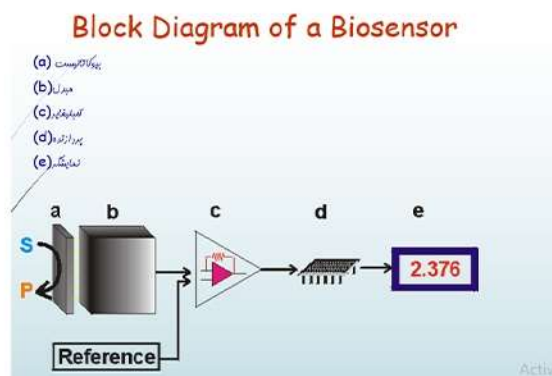
Kasaeian, A. (2018). Applications of eco-friendly refrigerants and Nano refrigerants: A review *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96: 91-99.

Kaur, J. (2017). Application of nanotechnology in the environment biotechnology. *Advances in Environmental Biotechnology*, Springer, 155-165.

Mao, J. (2018). Circular economy and sustainable development enterprises, Springer.

## بیوسنسورها

در حقیقت زیست‌حسگرها ابزارهای آنالیتیکی هستند که می‌توانند با بهره‌گیری از هوشمندی مواد بیولوژیکی، ترکیب یا ترکیباتی را شناسایی نموده و با آن‌ها واکنش دهند. محصول این واکنش می‌تواند یک پیغام شیمیایی، نوری و یا الکتریکی باشد. بیشترین کاربرد زیست‌حسگرها در تشخیص‌های پزشکی و علوم آزمایشگاهی است. در حال حاضر بیوسنسورهای گلوکز از موفق‌ترین بیوسنسورهای موجود در بازار هستند که به اندازه‌گیری غلظت گلوکز خون می‌پردازند. در یک بیوسنسور، عنصر حسگر که به ماده‌ای بیولوژیکی پاسخ می‌دهد، دارای طبیعت بیولوژیکی است. این عنصر باید به نوعی مبدل متصل شود تا یک پاسخ قابل مشاهده با چشم را تولید کند. بیوسنسور به طور کلی به احساس و اندازه‌گیری مواد شیمیایی خاصی که ممکن است فیزیولوژیکی نیز باشد، مربوط می‌شوند. معمولاً این مواد را آنالیت می‌نامند. یک بیوسنسور را می‌توان به عنوان ابزاری که از تلفیق یک حسگر بیولوژیکی متصل به یک مبدل حاصل می‌شود، تعریف نمود (شکل ۶).



شکل ۶- اجزای بیوسنسور در قالب طرحی ساده

## بیوچیپ‌ها

ابزاری است که برای اندازه‌گیری مستقیم ترکیب آزمایشی (آنالیت) در نمونه به کار می‌رود. در حالت مطلوب، چنین ابزاری قادر به پاسخگویی پیوسته و برگشت‌پذیر است و نباید به نمونه آسیب برساند. در این آرایه‌ها هر آرایه برای تشخیص یکی از آنالیت‌های چندگانه موجود در نمونه، دارای یک بیورسپتور جداگانه بوده و مجموع این آرایه‌ها از منبع تهییج و پروسه اندازه‌گیری یکسان برای همه گونه‌های مورد آنالیز استفاده می‌کنند (شکل ۷).



شکل ۷- نمونه‌ای از بیوچیپ‌ها