

زیست فناوری محیطی

مقدمه

زیست فناوری محیطی با استفاده از ابزارهای زیست فناوری به حفاظت از محیط زیست می پردازد. دو زمینه مهم زیست فناوری محیطی، بازیافت ضایعات و تولید انرژی زیستی است. افزایش قابل پیش بینی جمعیت انسان با گذشت زمان به افزایش ذخایر انرژی نیاز دارد. ذخایر نفتی دنیا با سرعت زیاد کاهش می یابد و هزینه های تولید ناشی از سوخت های فسیلی در حال افزایش است. بازیافت و بهره برداری از ضایعات کشاورزی و جانوری در یک دهه و نیم گذشته، بهبود یافته و گذشته از افزایش تولید غذا، در تولید مجموعه ای از اجناس ارزشمند و انرژی نیز نقش داشته است. می توان از ضایعات برای تولید انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست استفاده کرد.

۱-۱۰- بازیافت ضایعات

از نظر حجم، بازیافت ضایعات و هرزآب^۱ منابع خانگی و صنعتی، بزرگ ترین صنعت زیست فناوری است. فناوری بازیافت ضایعات به نسبت جدید است، اما زهکشی فاضلاب قدمت چند هزار ساله دارد. مشهورترین سیستم های فاضلابی کهن عبارتند از: (۱) شهر آکادین اشنونا^۲ در نزدیکی بغداد کنونی، (۲) شهر مهنجودارو^۳ در پاکستان، (۳) تمدن دریای اژه مینوز مجهز به توالت های سیفون دار در جزیره کرت^۴. در ابتدا بازیافت ضایعات با هدف بهبود محیط زیست و استفاده از ارزش کودی فاضلاب در زمین انجام می گرفت. بازیافت از طریق فیلتراسیون با استفاده از فیلترها (فیلترهای brush wood، upflow و فیلترهای زیستی) و سیستم های هوادهی مکانیکی انجام می گرفت.

ضایعات و فراورده های جانبی فعالیت های کشاورزی، جنگلداری و صنایع غذایی برای اهداف مختلف به ویژه تولید انرژی کاربرد دارند. همچنین می توان آنها را به کمک میکروارگانیسم ها به ترکیبات تخمیری تبدیل کرد یا به روشی مشابه هیدروکربن های آفاتیک اشباع شده، این-پارافین ها (فراورده های جانبی پالایش نفت)، متان یا متانول به پروتئین تغییر داد.

کشت جلبک بر روی هرزآب که به طور محسوسی پیشرفت داشته است، در خالص سازی این آب نقش دارد و بیومسی سرشار از پروتئین ها و عناصر کمیاب را فراهم می آورد.

۱-۱-۱- سیستم‌های بازیافت

انواع بسیاری از زباله‌ها برای بازیافت بیولوژیکی مناسبند و برخی از آنها فراورده‌های مفیدی نیز ایجاد می‌کنند. برای مثال، می‌توان در شرایط غیرهوازی از تخمیر فضولات دامی برای تولید متان به‌عنوان سوخت استفاده کرد. SCP با هدف تغذیه حیوان، از ضایعات کارخانه‌های فراوری غذا و کاغذ حاصل می‌شود. سایر زباله‌ها ممکن است مشکل بیشتری داشته باشند؛ مثلاً تخلیه آب آلوده به نفت حاصل از صنایع پتروشیمی و ضایعات کارخانه‌های مشروب‌سازی با COD زیاد و غلظت زیاد املاحی نظیر مس و گوگرد به بازیافت ویژه‌ای نیاز دارد که مورد دوم غالباً روی زمین تخلیه می‌شود. ضایعاتی که سمی هستند یا COD بسیار زیادی دارند، غالباً در کارخانه‌های تخصصی که آنها را تولید می‌کنند و ضایعاتی با سمیت کمتر و COD متوسط در کارخانه‌های بازیافت شهری بازیافت می‌شوند. برخی مواد شیمیایی ممکن است در برابر تجزیه زیستی مقاوم باشند که این مسئله به‌خصوص در مورد محصولات ساخت بشر (زنوبیوتیک)^۱ صدق می‌کند.

دفع خشک زباله‌ها شامل فشردن مواد در لایه‌های متناوبی از خاک و زباله و در نهایت خاک است، اما برای دفن زباله محل‌های مناسب محدودی وجود دارد. این کار را شهرداری‌ها در حد گسترده‌ای انجام می‌دهند. در این جریان، تجزیه به‌کندی اتفاق می‌افتد و در شرایط غیرهوازی متان تولید می‌شود. در مورد اکثر زباله‌ها به‌منظور حذف ذرات بزرگ و ته‌نشین کردن مواد جامد معلق، بازیافت اولیه ضرورت دارد.

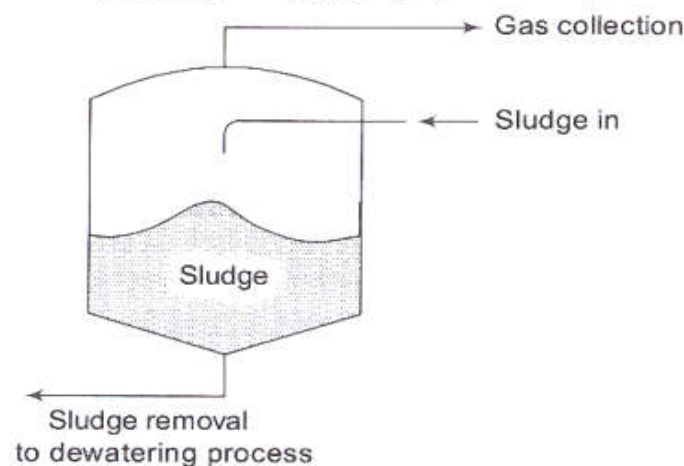
۱-۱-۲- بازیافت غیرهوازی ضایعات

بسیاری از تجزیه‌کننده‌های غیرهوازی، شامل ظروف در بسته‌ای هستند که در آنها امکان تجمع گاز و مخلوط شدن وجود داشته باشد (شکل ۱-۱۰). ابداعات اخیر شامل راکتورهای فیلمی^۲ با بهره‌گیری از میکروارگانیسم‌های تثبیت‌شده است. گاز زیستی از فراورده‌های تجزیه غیرهوازی مواد آلی است و مهم‌ترین جزء تولیدشده آن متان است. متان بسیار نامحلول است و به‌راحتی از سیستم تخمیر جدا و جمع‌آوری شده و برای ذخیره‌سازی، فشرده یا مایع می‌شود؛ به‌علاوه، احتراق‌پذیر است و منبع انرژی ارزشمندی محسوب می‌شود. اجزای گاز زیستی بسته به ماهیت و غلظت سوبسترا و درجه حرارت انکوباسیون متفاوت است که معمولاً حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد متان، ۲۵ تا ۳۰ درصد CO_2 و مابقی H_2 و N_2 خواهد بود.

تولید متان از زباله‌های آلی، تخمیر پیچیده‌ای متشکل از برخی انواع میکروارگانیسم‌ها است که بسته به اجزای انتشاریافته و سایر پارامترهای محیطی، در تعداد و ترکیب با هم فرق دارند. رشد آهسته است، اما بر اساس نتایج هفت تا چهارده روزه، تجزیه‌کنندگان غیرهوازی COD را تا حدود ۷۵ درصد کاهش می‌دهند. مرحله

اولیه شامل شکستن پلیمرها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و... است. این کار را موجودات غیرهوازی و غیرهوازی اختیاری انجام می‌دهند و فراورده‌های نهایی مانند اتانول و اسیدهای چرب (اسیدهای استیک، پروپیونیک و بوتیریک)، همراه با H_2 و CO_2 تولید می‌کنند. این فرایند، وزن مولکولی زباله‌ها را کاهش می‌دهد و در بازیافت ضایعات عموماً مایع‌سازی گل‌ولای^۳ نامیده می‌شود.

باکتری‌های تولیدکنندهٔ متان (متانوژن) از خانوادهٔ باکتری‌های قدیمی هستند و به محیط بسیار غیرهوازی نظیر شکمبه احشام و رسوبات غنی از مواد آلی محدودند. آنها برای تولید متان، تنها از گروه کوچکی از مواد شامل H_2 و CO_2 ، استات، متانول و فرمات استفاده می‌کنند. متانوژن‌ها از جنس *Methanococcus*، *Methanobacterium* و *Methanospirillum* از گیاهان بازیافت غیرهوازی به‌دست آمده‌اند.

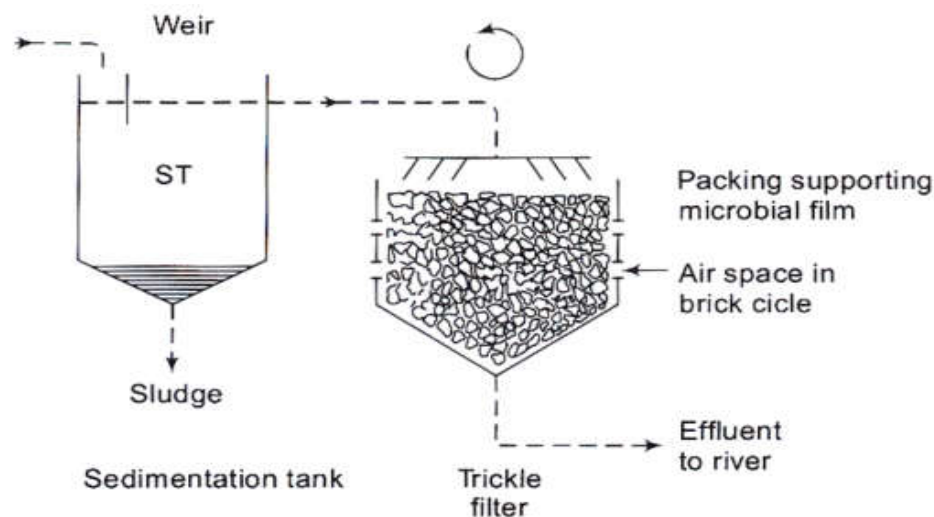


شکل ۱-۱۰ تصویر ساده‌ای از Sludged digester

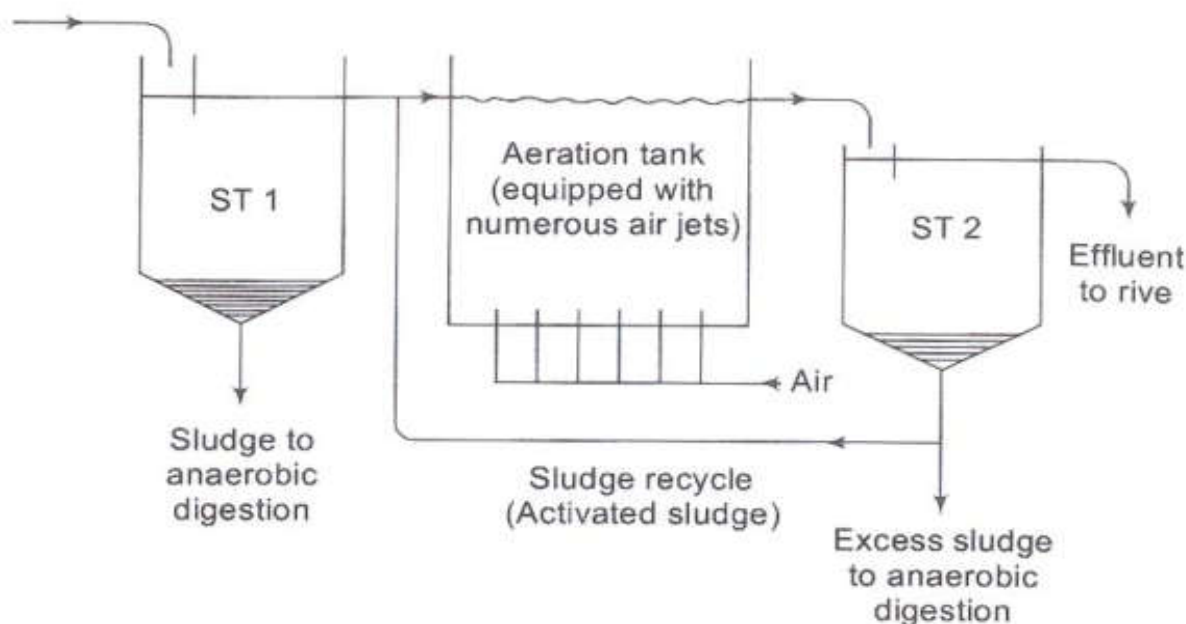
۱۰-۱-۳ بازیافت هوازی ضایعات

سیستم‌های هوازی معمول‌ترین سیستم‌ها هستند و از نظر پیچیدگی از فیلترهای تراوشی به‌وسیلهٔ انواع مختلف دستگاه‌های لجن فعال‌شده تا مدرن‌ترین ابداعات متغیرند و غالباً از اکسیژن برای افزایش فعالیت میکروبی استفاده می‌کنند (لجن فعال‌شده فرایندی در بازیافت زباله و ضایعات صنعتی است که با استفاده از هوا و میکروارگانیسم‌ها انجام می‌گیرد).

تجزیهٔ هوازی به جمعیت بزرگی از میکروارگانیسم‌ها نیاز دارد که قادر به تجزیه مواد آلی کلوئیدی و محلول باشند و با نرخ زیادی CO_2 را به آب تبدیل کنند. معمول‌ترین سیستم‌های هوازی، فیلترهای تراوش‌کننده (شکل ۱۰-۲) و فرمانتورهای لجن فعال (شکل ۱۰-۳) هستند که دومی به رشد میکروارگانیسم‌ها در توده^۲ وابسته است و با تکان‌های ملایم مکانیکی و هوای فشرده، در وضعیت سوسپانسیون نگهداری می‌شود. توده حاوی تعدادی زیادی باکتری شامل *Zoogloea ramigera* (احتمالاً مسئول تولید پلیمرهای خارج‌سلولی هستند که مشخصه توده‌ها است) و گونه‌های *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Achromobacter* و *Brevibacterium* است. پروتوزوآهای مژه‌داری نظیر گونه‌های *Vorticella* نیز موجودند و ظاهراً با شکار باکتری‌ها در کنترل تعداد آنها نقش دارند و از این‌رو به ثبات توده‌ها کمک می‌کنند.



شکل ۱۰-۲ سیستم ساده بازیافت جریان فاضلاب در فیلتر تراوشی. در نقطه ورود جریان فاضلاب به سدی نیاز است تا شرایط سکون در



شکل ۱۰-۳ بازیافت جریان فاضلاب هوادهی شده (فرایند لجن فعال). ST1 و ST2 مخازن رسوبگذاری هستند.

دستگاه‌های لجن فعال بزرگ‌ترین کاربرد تخمیر پیوسته یا نیمه پیوسته هستند که در آنها جریانی از فاضلاب تازه افزوده شده و مقداری لجن به منظور حفظ جمعیت (نسبتاً) ثابت موجود زنده برداشته می‌شود. لجن برداشته شده قبل از دور ریختن، از بعضی سیستم‌های تصفیه‌ای و آبگیری عبور داده می‌شود. فرایند لجن فعال علاوه بر مرحله حذف لجن، از نظر نیاز به تکان دادن ملایم و هوادهی نیز پرهزینه است. معمولاً حلالیت‌پذیری کم اکسیژن، اندازه جمعیت میکروب و از این رو مقدار کلی اکسیداسیون را محدود می‌کند. این کارایی کم انتقال اکسیژن در سیستم‌های لجن فعال مرسوم و مساحت بزرگ زمین مورد نیاز برای نصب آنها به پیشرفت در سیستم‌های جدید تخمیر منجر شده است.

با اینکه کاهش COD از اهداف اولیه بازیافت زباله است، برخی فاضلاب‌ها حاوی غلظت‌های بالای نیتروژن و فسفر نیز هستند و در صورتی که دوره‌های آبی برقرار شود، یوتروفیکاسیون^۱ افزایش خواهد یافت. حذف هر دو عنصر با تغییر راهکارهای بازیافت هوازی و غیرهوازی تحقق‌پذیر است. با تجزیه ترکیبات حاوی نیتروژن، آمونیاک به عنوان یک فراورده نهایی تولید می‌شود. آمونیاک از طریق باکتری‌های کمولیتوتروپیک^۲ در یک راکتور هوازی به نیترات اکسیده می‌شود. مرحله بعدی غیرهوازی است و مبتنی بر عمل باکتری‌های دنیتراته‌کننده است، به این ترتیب نیترات و نیتريت به عنوان پذیرنده‌های الکترون به کار می‌روند و به گاز نیتروژن تبدیل می‌شوند. حذف فسفر در یک مرحله غیرهوازی با رهاسازی در زباله مایع و به دنبال آن جذب با باکتری‌های هوازی انجام می‌گیرد. این جذب شامل *Acinetobacter* sp. است که پلی‌فسفات را به شکل گرانول‌های درون سلولی جمع می‌کنند. توده باکتریایی به عنوان بخشی از لجن حذف می‌شود.

۴-۱-۱۰- تجزیه زیستی

تجزیه زیستی فرایندی است که در جریان آن موادی نظیر لکه‌های نفتی، علفکش‌ها، آفت‌کش‌ها و... از طریق عمل سیستم‌های میکروبی تجزیه می‌شوند. ترکیبات آلی ممکن است تجزیه‌پذیر (از طریق مکانیسم‌های بیولوژیکی که ممکن است به معدنی‌شدن کامل منجر گردند، تغییرپذیرند)، پایدار (در یک محیط خاص یا در شرایط آزمایشی خاص، متحمل تجزیه زیستی نمی‌شوند) یا سرسخت (مقاوم به تجزیه زیستی) باشند. اکثر ترکیبات طبیعی (بیوژنیک^۱) قابل تجزیه زیستی هستند، اما وقتی ساخت بشر (زنوبیوتیک) باشند ممکن است از لحاظ زیستی تجزیه‌پذیر، پایدار یا سرسخت باشند.

در جدول ۱-۱۰ میکروارگانیسم‌هایی که به لحاظ متابولیکی قادر به تجزیه زیستی برخی از ترکیبات هستند مشاهده می‌شوند.

تجزیه زیستی در یک محیط خاص به حضور میکروارگانیسم‌های مناسب و یا یک جامعه میکروبی پیچیده نیاز دارد. محیط نیز باید برای رشد این موجودات و برای هر نوع واکنش ترانسفورماسیون مناسب باشد. در این میان عوامل مهمی همچون غلظت مواد شیمیایی سمی (که به احتمال بسیار زیاد برای میکروارگانیسم‌هایی که ترانسفورماسیون انجام می‌دهند سمی خواهد بود)، وجود سوبستراها و مواد مغذی دیگر، درجه حرارت، pH، غلظت اکسیژن و... نقش دارند. علاوه بر این، ماهیت فیزیکی ماده سمی اهمیت دارد، به عنوان مثال تغییر شکل هوازی ترکیبی که در آب نامحلول است، در محیط دارای هوا (مانند سطح آب دریا) نسبت به زمانی که همان ترکیب در ذرات رسوبی زیر دریا پوشانده شده باشد، سریع‌تر انجام خواهد گرفت.

جدول ۱-۱۰- میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده برخی از ترکیبات شیمیایی سمی

Organisms	Toxic Chemicals
<i>Pseudomonas</i> spp	4-alkylbenzoates, alkylammonium, alkylaminoxides, anthracene, benzene, hydrocarbons, malathion, naphthalene, methyl naphthalenes, organophosphates, PCBs, p-xylene, p-cymene, parathion, phenanthrene, phenoxyacetates, phenylureas, polycyclic aromatics, rubber, secondary alkylbenzenes, toluene, phenolics, oleaginous materials, pulp byproducts.
<i>Alcaligenes</i> spp.	halogenated hydrocarbons, linear alkyl benzene, sulphonates, polycyclic aromatic PCBs
<i>Arthrobacter</i> spp.	benzene, hydrocarbons, pentachlorophenol, phenoxyacetates, polycyclic aromatics.
<i>Bacillus</i> spp.	aromatics, long chain alkanes, phenylureas.
<i>Corynebacterium</i> spp.	halogenated hydrocarbons, phenoxyacetates.
<i>Mycobacterium</i> spp.	aromatics, branched hydrocarbons, benzene, cycloparaffins.
<i>Nocardia</i> spp.	hydrocarbons, alkylbenzenes, naphthalene, phenoxyacetates, polycyclic aromatics
<i>Streptomyces</i> spp.	diazinon, phenoxyacetates, halogenated-hydrocarbons
<i>Candida tropicalis</i>	PCBs
<i>Cunninghamella elegans</i>	PCBs, polycyclic aromatics
<i>Fusarium solani</i>	propanil.

هرچند اکثر کارکردهای ضروری رشد باکتری در ژن‌های کروموزومی آن موجود است، حضور پلاسמידها موجب بقا یا رشد میزبان در بعضی شرایط می‌شود. ژن کدکننده بعضی از آنزیم‌هایی که در تجزیه زیستی تعدادی از ترکیبات آلی نقش مهمی دارند، از پلاسמיד منشأ می‌گیرند و موجوداتی برای تجزیه ضایعات سخت، ساخته شده‌اند.

برای مثال فرایندی ثبت‌شده است که با استفاده از پلاسمیدهای یک نژاد *Pseudomonas putida* قادر به تجزیه اکتان، زایلن، متازایلن و کامفور^۱ است. ادعا شده است که این موجود زنده می‌تواند در پاکسازی آب آلوده به نفت و لکه‌های نفتی مفید باشد.

۱-۴-۱- سنگشویی در محل

استخراج معدن به طور معمول شامل برداشت سنگ از زمین، شکستن و تیمار آن برای برداشت مواد معدنی است. سنگشویی در محل (ISL)، که به استخراج معدن محلول^۲ نیز معروف است، شامل آزادکردن سنگ معدن از زیر زمین و استفاده از پمپاژ مایعات برای بازیافت مواد معدنی از سنگ معدن، است. در نتیجه انتشار سطحی کمی وجود دارد و پسماند یا ضایعات سنگی ایجاد نمی شود. سنگ معدن باید در مقابل مایعات مورد استفاده نفوذپذیر بوده و طوری قرار گرفته باشد که موجب آلودگی آب های زیر زمینی دور از سنگ معدن نشود.

استخراج سنگ معدن به روش سنگشویی در محل اولین بار بر اساس آزمایش هایی در ویومینگ^۳ در اوایل دهه ۱۹۶۰ انجام گرفت. اولین معدن تجاری در دهه ۱۹۹۰ شروع به کار کرد. امروزه پروژه های کمی در آمریکا پروژه مجوز کار دارند (در ویومینگ، نبراسکا و تگزاس) و اکثر فعالیت های معادن از دهه ۱۹۹۰ است. این معادن کوچکند (کمتر از ۱۰۰۰ تن در سال) اما آنها اکثر اورانیوم آمریکا را تأمین می کنند. در حدود ۲۱ درصد از تولید اورانیوم جهان از طریق ISL (از جمله تمام تولید قزاقستان و ازبکستان) تأمین می شود. سنگشویی در محل در مورد سایر مواد معدنی نظیر مس و طلا نیز کاربرد دارد.

دو رژیم عملیاتی برای سنگشویی در محل وجود دارد که براساس زمین شناسی و آب زیرزمینی تعیین می شود. چنانچه کلسیم زیادی در سنگ معدن (سنگ آهک یا سنگ گچ) وجود داشته باشد، باید از سنگشویی قلیایی استفاده شود. در غیر این صورت، سنگشویی اسیدی بهتر است. تکنیک های سنگشویی در محل به تدریج به حدی کنترل پذیر، ایمن و از لحاظ زیست محیطی بی خطر پیشرفت کرده اند به طوری که تحت کنترل زیست محیطی عمل می کنند و مزایای ارزشمندی دارند.

۱-۴-۱-۵ میکروارگانیسم ها در کنترل آلودگی

میکروارگانیسم های هوازی و غیرهوازی تصفیه فاضلاب و حذف بخشی مهمی از مواد آلی موجود در جریان فاضلاب را انجام می دهند مانند پالایش ضایعات حاصل از کار با مخمر، نفت و نوشیدنی های الکلی، شیر و پنیر و نشاسته سیب زمینی. در جریان یک فرایند غیرهوازی که در آن ترکیب بیولوژیکی فعال مجددا وارد چرخه می شوند، نتایج شایان توجهی به دست آمده است. این مسئله فاضلاب باقیمانده کمتری تولید و تا حد زیادی از انتشار بوی متعفن جلوگیری کرده و متان کمی تولید می کند که برای سوخت مخازن استفاده می شود.

می توان نژادهای میکروبی را برای کنترل انواع مختلف آلودگی شیمیایی از جمله تجزیه زیست کش ها^۱ (در مواردی که تجزیه زیستی مواد به سختی انجام می شود)، شوینده ها، مواد پلاستیکی یا هیدروکربن ها تخلیص کرد. باکتری های جنس *Pseudomonas* آنزیم های اکسیداسیون احیا یا هیدروکسیلاسیون، قابلیت تجزیه تعداد زیادی از مولکول های هیدروکربن یا ترکیبات آروماتیک را دارند که اغلب بسیار سمی هستند. برخی میکروب ها

می‌توانند یک مولکول را طوری تغییر دهند که سایر میکروب‌ها آنها را تجزیه کنند. این متابولیسم توأم برای مثال در تجزیه یک آفت‌کش با قدرت آلوده‌کنندگی زیاد مانند پاراتیون رخ می‌دهد. سم‌زدایی غالباً ناشی از تبدیل شیمیایی مانند فسفوریلاسیون، متیلاسیون، استیلاسیون و... است. اغلب آنزیم‌هایی که این واکنش‌ها را کاتالیز می‌کنند حاصل ژن‌هایی با منشأ پلاسمید هستند. دستیابی به چنین نتایجی از طریق تکنیک‌های نو ترکیبی ژنتیکی امکان‌پذیر و انتظار ساخت نژادهای میکروبی با قابلیت تجزیه و تلفیق ترکیباتی فراهم خواهد شد که اکثر آنها قابل تجزیه زیستی (زنوبیوتیک) نیستند و اختصاصاً در صنایع شیمیایی تولید می‌شوند.

۶-۱-۱۰- زیست‌پالایی^۲

استفاده از سیستم‌های بازیافت بیولوژیک برای از بین بردن یا کاهش مقدار پسماندهای خطرناک مکان‌های آلوده، زیست‌پالایی نام دارد. تخریب مکان با زیست‌پالایی به حداقل رسیده و هزینه و مشکلات حمل‌ونقل رفع و از سیستم‌های بیولوژیکی ارزان استفاده می‌شود، این روش قابلیت تلفیق با سایر تکنیک‌های بازیافت را نیز دارد. فناوری‌های زیست‌پالایی مختلفی مانند زیست‌افزایی^۳ (افزودن کشت‌های باکتریایی به محیط کشت آلوده)، فیلترهای زیستی (استفاده از ستون‌های تصفیه میکروبی)، محرک زیستی^۴ (محرک جمعیت‌های میکروبی)، بیوراکتورها (استفاده از راکتورها)، تهویه‌کننده زیستی^۵ (تأمین‌کننده اکسیژن)، در دسترس است.

۷-۱-۱۰- رنگبری بیولوژیکی^۶

در تولید کاغذ و مقوا از مقادیر زیادی مغز ساقه چوب استفاده می‌شود و مغز ساقه به رنگبری نیاز دارد. قبلاً از مواد شیمیایی به این منظور استفاده می‌شد. امروزه از آنزیم‌های اکسیداتیو حاصل از قارچ‌های پوسیدگی سفید استفاده می‌شود. این آنزیم‌ها عمل تجزیه و معدنی کردن لیگنین و سایر آلاینده‌های با وزن مولکولی زیاد را انجام می‌دهند.

۲-۱۰- تولید بیومس^۱

انرژی توانایی انجام کار است و به اشکال مختلفی نظیر انرژی هسته‌ای، انرژی سوخت فسیلی (زغال، نفت و گاز) و انرژی غیرسوختی و غیرهسته‌ای نظیر انرژی خورشیدی، انرژی باد و انرژی جزر و مد به دست می‌آید. انتظار می‌رود که انرژی خورشیدی نقش موثری در تولید گرما، الکتریسیته و سوخت‌های مصنوعی با استفاده از گیاهان زراعی نظیر نیشکر و جلبک داشته باشد.

حفظ ذخایر انرژی موجود و همچنین بهره‌برداری از ذخایر جایگزین، توجه جامعه علمی جهان را به خود

جلب کرده است. با اتمام سریع سوخت‌های فسیلی که تاکنون نقش مهمی در توسعه کشاورزی و صنعت ایفا کرده‌اند، توجه به فراورده‌های گیاهی و جانوری نظیر منابع مهم انرژی در مناطق بسیاری از جهان در حال توسعه، معطوف شده است.

جنگل‌ها حدود ۶۸ درصد، اکوسیستم‌های علفزاری حدود ۱۶ درصد و زمین‌های زراعی تنها ۸ درصد بیومس را به خود اختصاص می‌دهند. پوشش گیاهی زمین معادل بیش از ۱۸۰۰ میلیارد تن ماده خشک است که متناظر با ذخایر فسیلی شناخته شده است. این انرژی بالقوه بیومس برای مصارف انرژی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. در مورد ماده خشک، ساده‌ترین روش تبدیل بیومس به انرژی، احتراق است که گرما ایجاد می‌کند و به نیروی مکانیکی یا الکتریکی تبدیل می‌شود. از طرف دیگر، تبدیل به گاز زیستی (متان)، قدیمی‌ترین و کاراترین روش تبدیل ماده تر است.

سوخت زیستی^۱

سوخت‌های زیستی مانند بیواتانول، بیومتان، بیوبوتانول و بیودیزل، سوخت‌های حاصل از تبدیل بیومس هستند. سوخت‌های زیستی جانشین سوخت‌های فسیلی که به سرعت رو به پایان و تجدیدنپذیر و گران هستند، به‌شمار می‌روند. سوخت زیستی، امنیت سوخت، بهبود درآمد روستایی، ارتقای مکانیسم‌های تعاونی اقتصادی و کاهش آلودگی اتمسفر را همراه دارد.

۱-۲-۱- بیومس به عنوان منبع انرژی

گیاهان با استفاده از رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل c، گزانتوفیل و کارتنوئیدها، از انرژی خورشیدی در تولید غذا استفاده می‌کنند. در خلال فتوسنتز گیاهی، CO_2 به واسطه اکسیژن به کربوهیدرات‌های پیچیده تبدیل می‌شود. انرژی خورشیدی در دام مولکول‌های پذیرنده نور کلروپلاست‌ها می‌افتد و کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها که به فراورده‌های اولیه معروفند، از CO_2 ایجاد می‌شوند. بعداً این ترکیبات به بیومس تبدیل می‌شوند. بیومس شامل تمام اشکال موادی است که از فعالیت‌های بیولوژیکی شکل گرفته و در سطح خاک یا اعماق مختلف آب، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها وجود دارند. بیومس شامل گیاهان چوبی، زراعی و علفی، باقی‌مانده‌های فراورده‌های کشاورزی و جنگلی، کود، گیاهان و میکروارگانیسم‌های آبی است. علاوه بر مواد گیاهی، بیومس شامل تمام فضولات حیوانی، کود و... است.

دیواره سلول گیاه، از شش جزء (۱) سلولز، (۲) همی سلولز، (۳) لیگنین، (۴) قند، اسیدهای آمینه و اسیدهای آلفاتیک محلول در آب، (۵) اتر و اجزای محلول در الکل (مانند چربی‌ها، روغن‌ها، موم‌ها، رزین و بسیاری از رنگدانه‌ها) و (۶) پروتئین‌ها تشکیل یافته است. این اجزا بیومس گیاهی را پدید می‌آورند. سلولز بخش مهمی از

دیواره سلول گیاهی بوده و واحد اساسی آن گلوکز است. برای تولید یک گلوکز بی‌آب^۱، از هر واحد گلوکز یک مولکول آب حذف می‌شود. واحدهای گلوکز بی‌آب برای تشکیل پلیمر طویل سلولز، با پیوند ۴-۱ بتا به هم مرتبط می‌شوند. همی‌سلولز نیز از قند (گزیلان) که ۲۵-۲۰ درصد از بیومس گیاهی را بر اساس وزن خشک شامل می‌شود، تشکیل شده است و علاوه‌براین، حاوی گلوکز و چند هگزوز دیگر (گالاکتوز و مانوز) و پنتوز (گزیلوز و آرابینوز) است. لیگنین پلیمر پیچیده‌ای با وزن مولکولی زیاد است و از دهیدروژنه کردن الکل‌های پی-هیدروکسی-سینامیل^۲ مانند الکل‌های پی-کوماریل (I)، کونیفریل (II) و سیناپیل (III) تشکیل می‌شود. حضور این الکل‌ها در گیاهان مختلف تفاوت دارد. برای مثال، لیگنین بازدانگان از الکل‌های کونیفریل و لیگنین نهاندانگان از مخلوط الکل‌های کونیفریل و سیناپیل و لیگنین علفی‌ها از ترکیب الکل‌های کونیفریل، سیناپیل و کوماریل تشکیل شده است.

۲-۲-۱۰- ضایعات به عنوان منابع تجدیدپذیر انرژی

ضایعات، هدررفت یا تخریب هر ماده یا انرژی است که به هر صورت برای بشر مفید نیست. بر اساس ماهیت شیمیایی، مواد زباله‌ای انواع مختلفی دارند؛

- ۱) زباله‌های غیرآلی (به واسطه صنایع استخراج فلز و صنایع شیمیایی، معادن زغال سنگ و... ایجاد می‌شوند)؛
 - ۲) زباله‌های آلی (فراورده‌های کشاورزی، لبنی و شیر، ضایعات کشتارگاه، فاضلاب، جنگل و...)؛
 - ۳) زباله‌های مخلوط (در صنایعی که با رنگ‌های منسوجات، گاز، پلاستیک، پشم، چرم، نفت و... ارتباط دارند، تولید می‌شود). زباله‌های غیرآلی با تیمار شیمیایی یا مکانیکی بازیافت می‌شوند، درحالی‌که زباله‌های آلی و مخلوط نیاز به بازیافت بیولوژیکی و شیمیایی دارند. زباله‌ها و پسماندهای آلی، منابع تجدیدپذیر انرژی هستند.
- صنایعی نظیر کارخانه‌های کاغذ، کارخانه‌های مواد شیمیایی و دارویی، پالایشگاه‌های نفت، کارخانه‌های نساجی، واحدهای فراوری مواد غذایی، کارخانه‌های تولید مواد لبنی و قندی انواع مختلفی از ضایعات و فراورده‌های جانبی را ایجاد می‌کنند که حاوی مقادیر کافی انرژی هستند. در کشاورزی نیز مقادیر زیادی پسماند یا زباله تولید می‌شود که به دلیل بازیافت نشدن دور ریخته می‌شوند.

۳-۲-۱۰- تبدیل بیومس

بیومس با استفاده از فرایندهای غیربیولوژیکی و بیولوژیکی به انرژی تبدیل می‌شود. مسیرهای غیربیولوژیک مختلفی برای تبدیل بیومس به انرژی از جمله؛ احتراق مستقیم، تصعید، پیرولیز و میعان وجود دارد. احتراق مستقیم شامل سوزاندن مستقیم بیومس گیاهی یا جانوری برای مصارف مختلفی از جمله پخت و پز است. در سال‌های اخیر، فناوری سوخت، برای ایجاد الکتریسیته در آمریکا توسعه یافته است. ترکیبی از ضایعات چوب و

پوست به‌طور مستقیم در یک ظرف، سوزانده می‌شوند. پیرولیز، تقطیر یا تجزیهٔ مواد آلی است، برای مثال، پسماندهای جامد، ضایعات (خاک اره، تراشه‌های چوب، تکه‌های چوب) در شرایط کمبود اکسیژن یا در نبود اکسیژن، در درجهٔ حرارت زیاد (۵۰۰-۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و به‌ندرت در ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد) قرار می‌گیرند. فراورده‌های پیرولیز، گاز، مایعات و زغال‌های آلی، به فرایند پیرولیز و درجه حرارت وابسته‌اند. تصعید، فرایند تجزیه حرارتی مواد کربنی در مقادیر کنترل شدهٔ هوا یا اکسیژن خالص و درجه حرارت بیش از ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد در جریان تولید گاز است. میعان شامل تولید انرژی از فراورده‌های نفتی حاصل از چوب یا بقایای کشاورزی، و کربن موجود در ترکیب مونوکسیدکربن، و آب یا بخار در فشار زیاد (4000 lb/in^2) و دمای ۴۰۰-۳۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد، در حضور کاتالیست‌هاست.

فرایندهای بیولوژیکی، تبدیل زیستی نیز نامیده می‌شود. تبدیل زیستی به روش آنزیمی، غیرهوازی و هوازی رخ می‌دهد. هضم آنزیمی شامل تبدیل زیستی مواد سلولزی و لیگنوسلولزی به الکل، اسید و غذاهای حیوانی با استفاده از آنزیم‌های میکروبی مانند سلولاز، همی‌سلولاز، آمیلاز، پکتیناز و... است. هضم غیرهوازی، شامل تبدیل زیستی ناقص سوبستراهای آلی به گاز به‌واسطهٔ میکروارگانیسم‌ها و در نبود هواست. هضم غیرهوازی در سه مرحله انجام می‌گیرد. حلالیت، تخمیر و تولید متان. هضم هوازی شامل تبدیل اشکال قابل استفاده در حضور هوا برای تولید گاز، پروتئین تک‌سلول، کود و... است.

۱-۳-۲-۱- تولید اتانول

اتانول نوعی سوخت با کیفیت و مادهٔ خام عالی در صنایع شیمیایی و پلاستیک محسوب می‌شود. تولید اتانول از بیومس گیاهی شامل استخراج و هیدرولیز کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای است که در ادامه با تخمیر میکروبی به الکل تبدیل می‌شود. سنتز شیمیایی اتانول از اتیلن (حاصل از نفت یا گاز طبیعی) در درجه حرارت زیاد و در حضور آب و کاتالیست‌ها انجام می‌گیرد. از بین گیاهان تولیدکنندهٔ الکل که در حال حاضر کاربرد دارند یا به این منظور می‌توان از آنها استفاده کرد. می‌توان از کاساوا، غلات (ذرت)، سیب‌زمینی و کنگرفرنگی‌های اورشلیمی نام برد. نیشکر، آناناس، چغندر قند و سورگوم شیرین نیز که کربوهیدرات عمدهٔ آنها ساکارز است، استفاده می‌شوند.

اتانول یک حلال، عصاره‌گیر و ضدیخ است؛ همچنین سوبسترای برای سنتز بسیاری از حلال‌های دیگر نظیر رنگ‌ها، مواد دارویی، چسب‌ها، شوینده‌ها، آفتکش‌ها، مواد منفجره و رزین برای ساخت فیبرهای مصنوعی است. استفاده از اتانول به‌عنوان سوخت در ماشین‌های احتراق داخلی ممکن است به صورت اتانول بی‌آب در ترکیب با

نفت تا حد ۲۰ درصد، یا به صورت اتانول هیدراته (۹۴ درصد) غیر آمیخته با نفت باشد. در کارخانه‌های نیشکر، نیشکر خرد شده و سلولز (باگاس) از عصاره شیرین جدا می‌شود. تفاله خشک شده برای ایجاد انرژی مورد نیاز سوزانده می‌شود. سپس عصاره شیرین تغلیظ، استریل و سپس تخمیر می‌شود. اتانول از مواد جامد تخمیر و از محلول الکل هشت تا ده درصد از طریق تقطیر جدا می‌شود. در ۱۹۷۵، حکومت برزیل تصمیم گرفت از نیشکر یا کاساوا به عنوان جایگزین نفت، در تولید الکل استفاده کند. این تصمیم سبب افزایش قیمت نفت و همچنین تا حد کمتری کاهش قیمت شکر در بازار جهانی شد. به نظر می‌رسید کاساوا برای این هدف بسیار مناسب باشد، زیرا یک تن کاساوا ۸۰ لیتر، اما یک تن نیشکر ۶۵ لیتر الکل تولید کرد. بنزین الکل دار^۱ از ترکیب شش تا نه قسمت نفت با یک قسمت اتانول جهت مصارف سوخت در آمریکا مورد استقبال قرار گرفت. بسیاری از کشورهای دیگر نیز از مواد خام مختلف برای تولید اتانول استفاده می‌کنند.

۲-۳-۱۰- تولید گاز زیستی

تخمیر متان یا تولید زیستی متان^۱ یک فرایند قدیمی برای تبدیل بیومس به انرژی است که در ۱۷۷۶ ولتا^۲، که وجود متان را در گاز مرداب اثبات کرد، آن را کشف کرد. گاز زیستی تولید شده در این فرایند، ترکیبی از ۶۵ درصد متان، ۳۰ درصد دی‌اکسید کربن، یک درصد سولفید هیدروژن، مقادیر ناچیزی نیتروژن، اکسیژن، هیدروژن و مونوکسید کربن است. بدون بو است و با شعله آبی بدون دود می‌سوزد.

تولید زیستی متان، در سه مرحله رخ می‌دهد: انحلال و هیدرولیز اجزای آلی، اسیدزایی و متان‌زایی. اولین مرحله هرگز در متان‌زایی ضایعات تکمیل نمی‌شود، زیرا بیش از اندازه طولانی است. در این مرحله، سه گروه از باکتری‌ها نقش دارند. اولین گروه سوبسترا را به بوتیریک، پروپیونیک و لاکتیک اسید تبدیل می‌کند، گروه دوم، باکتری‌های استوژنیک هستند که این اسیدهای آلی را به اسید استیک، هیدروژن و دی‌اکسید کربن تبدیل می‌کنند. باکتری‌های متانوژنیک دی‌اکسید کربن را به کربن احیا می‌کنند و هیدروژنی را که از رشد باکتری‌های استوژنیک جلوگیری می‌کند، مصرف می‌کنند. باکتری‌های استوژنیک و متانوژنیک رابطه همزیستی دارند.

از نظر شیمیایی، تخمیر متان نوعی تنفس غیر هوازی است که در آن الکترون‌های حاصل از مواد آلی در نهایت به دی‌اکسید کربن انتقال می‌یابند و سپس ترکیب نهایی به متان احیا می‌شود. علاوه بر مواد آلی مختلف (نظیر استات)، هیدروژن که در خاک از انواع مختلفی از باکتری‌های غیر هوازی تولید می‌شود، به عنوان دهنده الکترون برای باکتری‌های متانوژنیک عمل می‌کند. متان از ترکیبات آروماتیک در شرایط غیر هوازی شدید نیز حاصل می‌شود. احتمالاً این فرایند در طبیعت به‌ویژه در بازیافت فاضلاب و پساب‌ها و تبدیل برخی زیست‌کش‌ها، متداول است. باکتری‌های متانوژنیک در شرایط طبیعی به باکتری‌های تولیدکننده هیدروژن بسیار نزدیکند. این رابطه نوعی ارتباط تغذیه‌ای سودمند برای هر دو باکتری است. باکتری اول از هیدروژن گازی تولید شده از

باکتری دوم استفاده کرده و از رسیدن غلظت هیدروژن به حدی که برای آنها سمی است، جلوگیری می‌کند. تخمیر متان در یک هضم‌کننده سیلندری نفوذناپذیر در برابر آب که دارای یک سوراخ جانبی برای ورود ماده تخمیرکننده است رخ می‌دهد. بالای هضم‌کننده، یک ظرف سیلندری فولادی وجود دارد که برای جمع‌آوری گاز استفاده می‌شود و در خلال تخمیر، شبیه یک زنگ بر روی مخلوط شناور است تا از وارد شدن هوا به داخل محفظه جلوگیری کند، زیرا فرایند باید کاملاً غیرهوازی باشد. معمولاً محفظه نگهدارنده گاز^۳ با مسیر بازیافت گاز زیستی هماهنگ است. هضم‌کننده‌ها از آجرهای رسی، سیمانی یا فولادی ساخته شده‌اند و زنگ استفاده شده برای جمع‌آوری گاز ممکن است از نایلون ساخته شده باشد و برای هضم‌کننده که از مواد پلاستیکی سخت ساخته شده، به آسانی تعبیه می‌شود. کیسه نایلونی که به منظور افزایش گاز با یک کمپرسور مرتبط است، از گاز تولیدشده پر می‌شود.

نسبت بین مواد جامد و آب در مورد پسماندهای خانگی یا کود مایع، باید ۱ به ۱ باشد. معمولاً ترکیبی از مواد تخمیرکننده با باکتری‌های استوژنیک و متانوژنیک یا با لجن حاصل از هضم‌کننده دیگر ایجاد می‌شود. pH پایین از رشد باکتری‌های متانوژنیک جلوگیری می‌کند و تولید گاز زیستی را کاهش می‌دهد، به طوری که موجب زیادی بار هضم‌کننده می‌شود. می‌توان اسیدیته را با افزودن آهک کاهش داد. هضم بهینه در pH بین ۶ تا ۸ رخ می‌دهد. حداکثر درجه حرارت فرایند به ویژگی‌های مزوفیلی یا ترموفیلی میکروارگانیسم‌ها (۳۰-۴۰ درجه سانتی‌گراد یا ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد) وابسته است. تغییرات ناگهانی در درجه حرارت نامطلوب می‌باشد. هضم‌کننده‌ها معمولاً برای استفاده از عایقی که با استفاده از خاک فراهم می‌آید، پوشانده می‌شوند. در آب‌وهوای سرد، هضم‌کننده با تأسیسات فراهم شده برای کمپوست کردن ضایعات کشاورزی، گرم می‌شود.

سوسپانسیون مواد تخمیرکننده باید هم‌زده شود تا از لایه‌بندی که مانع تخمیر است جلوگیری شود. برای اجتناب از تشکیل توده بزرگی که تولید متان را به تأخیر می‌اندازد، لازم است مواد جامد خرد شوند. مدت زمان استاندارد تجزیه فضولات دام بین دو تا چهار هفته متغیر است. فضولات خوک به حدود ده روز تخمیر نیاز دارد. فضولات ناشی از مدفوع دام و ادرار طیور به حدود ۲۰ روز زمان نیاز دارد.

تولید گاز زیستی در نواحی روستایی، اولویت سیاست انرژی هند است. تولید گاز زیستی از متان حاصل از تخمیر زباله‌ها و بقایا، یکی از راه‌های رفع نیاز انرژی اکثر نواحی روستایی در کشورهای در حال توسعه است. تجربه نشان می‌دهد که برنامه‌های جمعی موفق و دخالت تصمیم‌گیرندگان برای جلب حمایت جمعیت‌های علاقه‌مند به این برنامه‌ها کافی است. این برنامه‌ها مزیت رفع نیازهای انرژی و حفاظت از محیط زیست را توأمان دارند.

۴-۲-۱۰- تولید هیدروکربن

تحقیقات اخیر نشان داده که بسیاری از گیاهان در ترکیب خود حاوی هیدروکربن و سایر مواد مشابه نفت هستند. گیاهان تولیدکننده هیدروکربن، به‌وفور در منطقه آسیا و اقیانوسیه رشد می‌کنند. برخی از گونه‌های هستند. گیاهان تولیدکننده هیدروکربن، به‌وفور در منطقه آسیا و اقیانوسیه رشد می‌کنند. برخی از گونه‌های گیاهی، CO_2 جذب‌شده را به‌طور کامل به مرحله هیدروکربن هدایت می‌کنند که حامل هیچ اکسیژنی نیست. این مسئله، استفاده از هر فرایند خارجی را در تبدیل CO_2 به هیدروکربن حذف می‌کند. این گیاهان غالباً به خانواده *Euphorbiaceae* تعلق دارند. باید تأکید کرد که بیش از یک هزار گونه از این خانواده شناخته شده‌است که لاتکس حاوی امولسیون ۳۰ درصد هیدروکربن را در آب ترشح می‌کنند. لاتکس درخت کائوچو *Hevea brasiliensis* دارای وزن مولکولی یک میلیون بوده و در بسیاری از گونه‌های *Euphorbiaceae* دیگر، وزن مولکولی لاتکس حدود ده هزار است و قابلیت شکستن به گازوئیل را دارند. چنین گیاهانی با هدف تولید انرژی برای استفاده مستقیم یا ذخیره غذایی برای سوخت مایعی راحت‌تر یا مواد شیمیایی انرژی‌زای دیگر کشت می‌شوند. می‌توان از این گیاهان برای دستیابی به سوخت دیزل یا بعد از تبدیل آنها به‌صورت سوخت مایع با کیفیت مطلوب استفاده کرد.

Vitis *Givorita rottaliiformis* *Argemone mexicana* *Calotropis procera* *Thevetia neriifolia*
Wrightia *Jatropha curcas* *Euphorbia antiquorum* *Euphorbia nervifolia* *Aloe vera* *aquadrangularis*
Daemia extensa *Calotropis gigantea* *Allamanda cathartica* *Plumeria alba* *tomentosa*
Pedaliium *Cereopegia tuberosa* *Bassia latifolia* *Artocarpus integrifolia* *Cryptostegia grandiflora*
Pedilanthus tithymaloides , *Euphorbia royleana* *Euphorbia hirta* *Agave americana* *murex*
Asclepias curassavica *Nerium odorum*. *Plumeria acutifolia* *Tabernaemontana cornaria*
 هستند که در تولید هیدروکربن کاربرد دارند. بر اساس گزارش‌های موجود، درختان *Jatropha curcas* عملکردی معادل دو کیلو روغن بذری به‌ازای هر گیاه در سال دارند و انتظار می‌رود که روغن این گیاه جایگزین دیزل مرسوم در ماشین‌های کشاورزی شود.

یک گونه جلبک تک‌سلولی، *Botryococcus brauni* هیدروکربن‌هایی معادل ۱۵ تا ۷۵ درصد وزن ماده خشک دارد. این جلبک آب شور یا شیرین در مناطق گرم و حاره‌ای یافت شده و از طریق رنگدانه (سبز و قرمز) و ساختار هیدروکربن‌های سنتز شده، به دو صورت قابل تشخیص از هم دیده می‌شود. جلبک سبز حاوی هیدروکربن‌های خطی با تعداد کربن فرد (۲۵ تا ۳۱) و با تعداد کم باندهای مضاعف و جلبک قرمز حاوی

هیدروکربن‌هایی با ۳۸-۳۴ اتم کربن و باندهای مضاعف متعدد است. هیدروکربن‌ها در دیواره سلولی انباشته می‌شوند و سنتز آنها نوعی فعالیت متابولیکی در فاز رشدی جلبک است. این مسئله امکان استخراج هیدروکربن‌ها را از طریق سانتریفیوژ و بدون نیاز به شکستن سلول‌ها میسر سازد و ممکن است بعد از بازیابی هیدروکربن‌ها، در محیط کشت جایگزین شود.

ترکیب هیدروکربن‌های حاصل از *B. braunii* به گونه‌ای است که به عنوان منبع انرژی یا مواد خام پتروشیمی (مستقیماً یا بعد از شکست جزئی) کاربرد دارند.

۵-۳-۱۰ سوخت هیدروژنی

هیدروژن ساده‌ترین مولکول موجود در جهان است. تولید و استفاده از هیدروژن، یک منبع احتمالی دیگر سوخت را نشان می‌دهد. هیدروژن به آسانی جمع‌آوری، ذخیره و منتقل می‌شود و مهم‌تر اینکه بعد از استفاده، محیط زیست را آلوده نمی‌کند. برای تولید هیدروژن، آب به عنوان یک منبع خام به کار می‌رود. می‌توان پیوند بین هیدروژن و اکسیژن آب را با تأمین انرژی لازم از گرما، الکتریسیته یا فوتون‌های نور شکست. بر اساس انواع انرژی مورد استفاده، از الگوهای تجزیه‌کننده زیر برای تجزیه آب استفاده می‌شود: ۱) الکتrolیز (تجزیه آب با استفاده از الکتریسیته)، ۲) ترمولیز (تجزیه آب با استفاده از گرما)، ۳) لیز ترموشیمیایی (تجزیه آب با استفاده از گرما و کاتالیست‌های شیمیایی)، ۴) فتولیز (تجزیه آب با استفاده از نور).

فتولیز زیستی^۱ به شکستن آب و تولید اکسیژن و هیدروژن در فرایند بیولوژیکی اطلاق می‌شود. در اوایل دهه ۱۹۶۰، تولید هیدروژن با استفاده از کلروپلاست‌های جدا شده از اسفناج (*Spinacia oleracea*) و در حضور دهندگان مصنوعی الکترون و عصاره‌های باکتریایی حاوی هیدروژناز به اثبات رسید. دهندگان الکترون (ترکیبات آلی) الکترون‌ها را به فتوسیستم I کلروپلاست انتقال می‌دهند، جایی که ناقلان الکترون (مانند فردوکسین) الکترون‌ها را دریافت می‌کنند. هیدروژنازها الکترون را از ناقل الکترون دریافت می‌کنند. در نور مرئی، هیدروژناز الکترون‌های پرانرژی را از فردوکسین دریافت و انتقال آنها را به H^+ تسهیل می‌کند که در نهایت H_2 ایجاد می‌شود.

هیدروژناز به انواعی از باکتری‌ها، سیانوباکتری‌ها و سایر جلبک‌های سبز محدود می‌شود. گیاهانی که کربوهیدرات تولید می‌کنند، فاقد هیدروژناز هستند. تحقیقات درباره تولید هیدروژن از زباله آلی با استفاده از بسیاری از باکتری‌های نوردوست بی‌هوازی، و سیانوباکتری‌ها یا جلبک‌های سبز استفاده‌کننده از آب که در شرایط روشنائی رشد یافتند، در حال اجراست.

۳-۱۰- تنوع زیستی

تنوع زیستی به معنای گوناگونی و اختلافات موجودات زنده در همه منابع شامل اکوسیستم‌های زمینی، هوایی، آب شور و سایر اکوسیستم‌های آبی و کلکسیون‌های اکولوژیکی که موجودات بخشی از آن هستند، می‌باشد. تنوع زیستی شامل تنوع ژنتیکی درون گونه‌ها و بین گونه‌ها و اکوسیستم‌هاست، بدین معنی که تنوع زیستی تمام زندگی را به نمایش می‌گذارد. هند یکی از مراکز بزرگ تنوع زیستی در جهان است و دو مرکز مهم از هجده مرکز تنوع زیستی جهان در رشته کوه‌های غربی و هیمالیای شرقی قرار دارد. پوشش جنگلی در این نواحی بسیار متراکم، متنوع و زیبا و دارای تنوع زیستی فوق‌العاده‌ای است. بر اساس گزارش MoEF (۱۹۹۹) این کشور بیش از ۴۹۲۱۹ گونه گیاهی و ۸۱۲۵۱ گونه جانوری دارد که شامل ۱۲/۵ درصد از کل گیاهان جهان و ۶/۶ درصد از کل جانوران جهان است.

باغ‌های مقدس هند نواحی هستند که تنوع زیستی غنی خود را به خوبی حفظ کرده‌اند. بیابان تار^۱ و رشته‌کوه‌های هیمالیا از نظر تنوع زیستی، دو منطقه غنی در هند هستند. ۸۹ پارک ملی و ۵۰۴ جایگاه حیات وحش در این کشور وجود دارد که دریاچه چیلیکا یکی از آنهاست. این دریاچه ناحیه باتلاقی مهمی به‌شمار می‌رود.

در قرن گذشته، خسارات زیادی به تنوع زیستی زمین وارد شده است. جمعیت رو به افزایش انسان، مصرف فزاینده و کاهش کارایی استفاده از ذخایر جهان، برخی از علل موثر در بهره‌برداری بیش از حد و دست‌ورزی اکوسیستم‌ها هستند. تجارت در حیات وحش نظیر شاخ کرگدن به انقراض گونه‌ها منجر شده است. به این دلیل که هر اختلالی در یک گونه سبب عدم تعادل در گونه دیگر می‌شود، پیامدهای خسارت به تنوع زیستی ممکن است شدید باشد. در این زمینه، گونه‌های بیگانه^۲ نقش مهمی دارند.

زیستکاو

زیستکاو جست‌وجوی مواد شیمیایی جدید در موجودات زنده‌ای است که استفاده پزشکی یا تجاری خواهند داشت. این عرصه برای سرمایه‌گذاران بسیار پرمخاطره است، اما در عین حال ممکن است سود فراوانی به همراه داشته باشد. از ۲۵ داروی پر فروش جهان، ۱۰ دارو منشا حیوانی، گیاهی یا میکروارگانیسمی دارند. افراد بومی منبع وسیعی از معلومات در مورد ویژگی‌های بسیاری از گیاهان بومی هستند. شرکت‌های داروسازی و اقتصاد کشاورزی از معلومات افراد بومی به عنوان مقدمه غربالگری‌ها استفاده می‌کنند و این امر با کمی توجه به حفظ ظرفیت‌های بومی و بدون سهمین شدن در منفعت‌ها در حال اتفاق افتادن است.